



This is the **published version** of the bachelor thesis:

Deraoui, Ismael; Vilariño Freire, Fernando, dir. (Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Ciències de la Computació.). Transformant la sostenibilitat universitària : eina digital per a l'anàlisi ambiental i social. 2025. 12 pag. (Grau en Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/317273>

under the terms of the  license

Transformant la sostenibilitat universitària: eina digital per a l'anàlisi ambiental i social

Ismael Deraoui

Resum– Un dels grans reptes globals del segle XXI és, sens dubte, la crisi climàtica. En aquest context, les universitats tenen un paper clau, tant des del vessant educatiu com institucional, en la transició cap a models més sostenibles. Aquest treball s'emmarca dins de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) i proposa el disseny d'una eina digital capaç de traduir en valors tangibles l'impacte ambiental dels projectes que es duen a terme en aquest entorn.

El projecte s'ha desenvolupat a partir d'una metodologia de recerca aplicada, enfocada a donar resposta a problemàtiques reals identificades prèviament dins el campus. Paral·lelament, s'han dissenyat dinàmiques complementàries per afavorir la integració i la correcta implementació de l'eina en el marc universitari. Aquestes inclouen accions participatives amb els diversos actors implicats, tallers de cocreació i sistemes de retroalimentació contínua.

Els resultats esperats inclouen una millora significativa en la consciència ambiental de la comunitat universitària, així com una eina pràctica i escalable que contribueixi a la presa de decisions en matèria de sostenibilitat. Aquesta proposta no només ofereix un instrument tecnològic, sinó que també impulsa una nova cultura ambiental dins del context acadèmic, basada en la participació, la transparència i la responsabilitat col·lectiva.

El projecte s'inscriu plenament en el marc del campus com a Living Lab, i s'alinea amb els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS), reforçant la vocació de la universitat com a motor de transformació social i ecològica.

Paraules clau– Sostenibilitat universitària, Intel·ligència artificial, Impacte ambiental, Participació ciutadana, Eines digitals.

Abstract– One of the greatest global challenges of the 21st century is, undoubtedly, the climate crisis. In this context, universities play a key role, both educationally and institutionally, in the transition towards more sustainable models. This project is framed within the Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) and proposes the design of a digital tool capable of translating the environmental impact of campus-based projects into tangible values.

The project has been developed using an applied research methodology, aimed at addressing real problems previously identified within the university environment. In parallel, a set of complementary strategies has been designed to support the integration and successful implementation of the tool, including participatory actions, co-creation workshops, and continuous feedback systems involving key stakeholders.

The expected outcomes include a significant improvement in the environmental awareness of the university community, as well as a practical and scalable tool to support sustainability-related decision-making. This initiative not only offers a technological solution, but also promotes a new environmental culture within the academic context, grounded in participation and collective responsibility.

The project is fully aligned with the Living Lab model of the campus and contributes to the Sustainable Development Goals (SDGs), reinforcing the university's mission as a driver of social and ecological transformation.

Keywords– University sustainability, Artificial intelligence, Environmental impact, Citizen engagement, Digital tools.



• E-mail: ismael.deraoui@autonoma.cat
• Teacher: Prof. Fernando Vilarinho. Computer Vision Center - Dep. Computer Science UAB. fernando@cvc.uab.es
• Course: 2024/2025

1 INTRODUCCIÓ

La crisi climàtica és una de les principals amenaces del segle XXI i afecta cada vegada més àmbits de la nostra vida quotidiana. Els mitjans de comunicació ens alerten constantment sobre l'estat crític del planeta, però... som realment conscients de l'impacte que tenen les nostres accions? Disposem de les eines per quantificar aquest impacte a nivell individual o col·lectiu?

En aquest context, les institucions educatives —i especialment les universitats— tenen un paper clau com a agents de transformació. Tot i els esforços ja existents, la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) no és aliena a la manca de coneixement pràctic ni a la dificultat per fer tangibles els efectes ambientals de les seves activitats.

Aquest treball té com a objectiu principal identificar i proposar eines digitals i estratègies col·laboratives que permetin fer del campus de la UAB un referent en sostenibilitat universitària, tant des del punt de vista ambiental com social. Amb un enfocament basat en la innovació, la participació i l'ús de tecnologies emergents com la intel·ligència artificial, es pretén fomentar una cultura de responsabilitat ecològica dins la comunitat universitària.

2 MOTIVACIÓ PRINCIPAL

Com a estudiant del grau en Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles a la Universitat Autònoma de Barcelona, he tingut l'oportunitat d'aprofundir en temàtiques relacionades amb la sostenibilitat, la innovació i la transformació urbana. Assignatures com Models d'Innovació Urbana m'han permès començar a conceptualitzar solucions concretes que puguin tenir un impacte real en el context universitari [13].

El meu interès en aquest camp no es limita a l'àmbit acadèmic, sinó que respon a una motivació personal per contribuir activament a la transició ecològica des de dins de la pròpia universitat. Considero fonamental que la comunitat universitària disposi d'eines pràctiques que li permetin identificar, mesurar i millorar l'impacte ambiental de les seves activitats. A més, diversos estudis mostren que la percepció i actitud dels estudiants envers la sostenibilitat influeix directament en el seu comportament ambiental [6].

En aquest sentit, aquest treball neix de la voluntat de desenvolupar una eina digital que no només respongui als reptes actuals de sostenibilitat, sinó que també deixi un llegat útil per a les futures generacions d'estudiants. L'entorn universitari és ideal per experimentar, testar i implementar solucions escalables que informin, eduquin i empoderin la comunitat. El meu objectiu és crear un sistema capaç d'analitzar l'impacte ambiental dels projectes universitaris i, alhora, fomentar la conscienciació, la responsabilitat i la innovació col·lectiva.

3 OBJECTIUS

En aquest marc, es plantegen els següents objectius específics:

- Contribuir a la millora de la sostenibilitat al campus de la Universitat Autònoma de Barcelona mitjançant una eina digital accessible i participativa.

- Explorar i aplicar models d'innovació oberta, basats en la cocreació i en la implicació activa de la ciutadania, amb l'objectiu de reforçar la dimensió col·laborativa dels projectes ambientals.
- Generar un retorn tangible i positiu a la comunitat universitària, proporcionant una solució pràctica que pugui ser utilitzada, adaptada i ampliada per futurs projectes dins i fora de la UAB.

4 ESTAT DE L'ART

A escala internacional, nombroses universitats estan desenvolupant iniciatives innovadores que combinen sostenibilitat, participació i tecnologia. Aquest apartat presenta algunes experiències destacades que poden servir com a referents per a la proposta d'aquest treball.

4.1 Pràctiques ambientals en entorns universitaris

Un exemple significatiu és el Projecte Ambiental Universitari (PRAU) de la Universidad Cooperativa de Colombia (UCC) [5], que identifica factors de contaminació (soroll, aigües residuals, contaminació visual) i promou la participació activa de la comunitat universitària per millorar la qualitat ambiental del campus. Aquesta iniciativa destaca per l'enfocament comunitari i la gestió estructurada dels impactes ambientals, aspectes que es volen traslladar també a l'entorn de la UAB [29].

4.2 Ús de tecnologies digitals i IA

Diverses universitats han començat a implementar tecnologies d'intel·ligència artificial per afrontar problemàtiques de gestió interna i promoure una administració més eficient i sostenible. Per exemple, a la Universidad Autònoma de Bucaramanga (UNAB) s'ha desenvolupat un xatbot intel·ligent per millorar la comunicació amb els proveïdors. Tot i que aquest projecte no està directament orientat a la sostenibilitat, constitueix una mostra clara de com la IA pot contribuir a l'automatització de processos complexos i a l'eficiència institucional [16].

Altres universitats han anat més enllà, integrant la IA en àrees amb un impacte més directe sobre la sostenibilitat. La Universitat de Stanford, per exemple, ha utilitzat sistemes d'IA per optimitzar el consum energètic als seus edificis, ajustant la climatització i la il·luminació segons les dades ambientals i d'ocupació en temps real. Això ha contribuït a una reducció significativa de la petjada de carboni del campus [20].

A la Universitat Politècnica de València, s'ha aplicat IA per a la gestió intel·ligent de residus, mitjançant sistemes de visió artificial que classifiquen els residus automàticament i milloren l'eficiència dels processos de reciclatge [12].

Finalment, la Universitat de Tòquio ha introduït eines d'IA per monitorar el consum d'aigua i detectar fuites en temps real, ajudant a reduir el malbaratament i promovent una gestió més responsable dels recursos hídrics [18].

Aquests exemples evidencien com la intel·ligència artificial pot esdevenir una eina clau per promoure la

sostenibilitat, no només a través de l'automatització de tasques, sinó també mitjançant una millor gestió dels recursos i la presa de decisions basada en dades.

4.3 Living Labs com a espais d'innovació aplicada

A la UPC, el Living Lab LOW3 combina arquitectura sostenible, aprenentatge experiencial i recerca aplicada. Funciona com un prototip d'habitatge sostenible i s'ha convertit en un espai pedagògic de referència.

A la pròpia Universitat Autònoma de Barcelona, el Smart Campus Living Lab es descriu com una plataforma de co-creació reconeguda per ENOLL [17], mentre que programes recents com "Programme to co-create solutions for campus challenges is back" mostren la seva activitat i impacte real [4].

5 SITUACIÓ ACTUAL DEL CAMPUS DE LA UAB EN MATÈRIA DE SOSTENIBILITAT

La Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) ha tingut present, al llarg dels darrers anys, el seu compromís amb la sostenibilitat, tant des d'una perspectiva de gestió operativa del campus com en l'àmbit de la docència, la recerca i la participació comunitària, tal com es reflecteix en el seu *Pla Campus Saludable i Sostenible 2023–2027* [27]. Aquest pla es basa en vuit línies estratègiques centrades en la mobilitat sostenible, l'eficiència energètica, la gestió de residus, la biodiversitat, el benestar de la comunitat universitària i la transversalitat dels Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) [26].

A més, la UAB ha introduït sistemes d'avaluació internacional com el STARS (*Sustainability Tracking, Assessment And Rating System*), que permet mesurar el progrés i comparar-lo amb altres institucions [1]. Aquest sistema subratlla la importància de disposar d'indicadors clars i eines sistematitzades per avaluar l'impacte de les activitats universitàries, cosa que resulta essencial per a una millora contínua i transparent.

Tot i els avenços, encara persisteixen reptes importants. Per exemple, existeix una dificultat generalitzada per quantificar l'impacte ambiental real de projectes puntuals o d'activitats quotidianes, especialment en absència d'eines accessibles. La manca de plataformes digitals per a l'autoavaluació ambiental de la comunitat —estudiants, professorat o personal tècnic— limita la capacitat d'intervenció proactiva [9].

A més, la participació de la comunitat universitària en processos de presa de decisions ambientals encara és desigual, i la coordinació entre actors institucionals sovint es mostra fragmentada, dificultant una visió transversal i coherent de la sostenibilitat al campus [8].

Finalment, el model de campus com a *Living Lab* emergeix com una oportunitat estratègica: un espai d'experimentació real on aplicar, validar i millorar noves eines digitals [28]. Aquest enfocament, que combina recerca aplicada i cocreació, posiciona el campus com un laboratori viu per a la innovació sostenible.

6 METODOLOGIA I PROPOSTA D'EINA

6.1 Enfocament metodològic

Aquest treball s'ha desenvolupat seguint una metodologia de recerca aplicada, amb l'objectiu de plantejar una proposta que doni resposta a una problemàtica real del campus universitari. S'ha dissenyat i validat una eina funcional [2] per quantificar de manera preliminar l'impacte ambiental de projectes desenvolupats a la UAB. Paral·lelament, s'han pensat estratègies per afavorir la seva difusió i adopció progressiva dins la comunitat universitària.

El procés metodològic ha inclòs les fases següents:

1. Una anàlisi documental de pràctiques sostenibles aplicades en altres universitats.
2. La identificació de necessitats i oportunitats concretes dins del campus de la UAB.
3. La definició conceptual i tècnica d'una eina digital basada en intel·ligència artificial.
4. La prototipació i experimentació preliminar amb dades simulades i escenaris interns.
5. La interacció amb stakeholders clau per detectar punts de millora, valorar-ne la utilitat i explorar possibles vies de col·laboració.

Aquest enfocament metodològic es fonamenta en els principis de co-creació i en la voluntat de generar una eina útil dins del marc del campus com a Living Lab, aprofitant les potencialitats d'un entorn experimental, col·laboratiu i multidisciplinari.

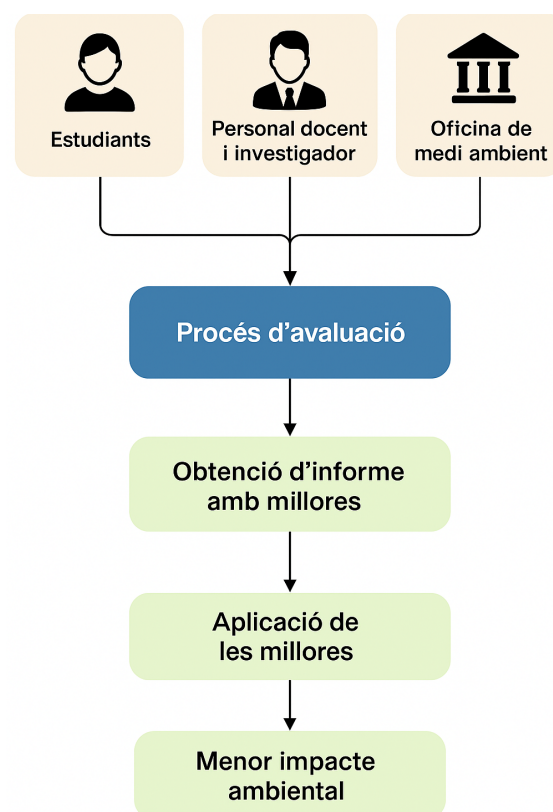


Fig. 2: Diagrama de flux de funcionament de la proposta

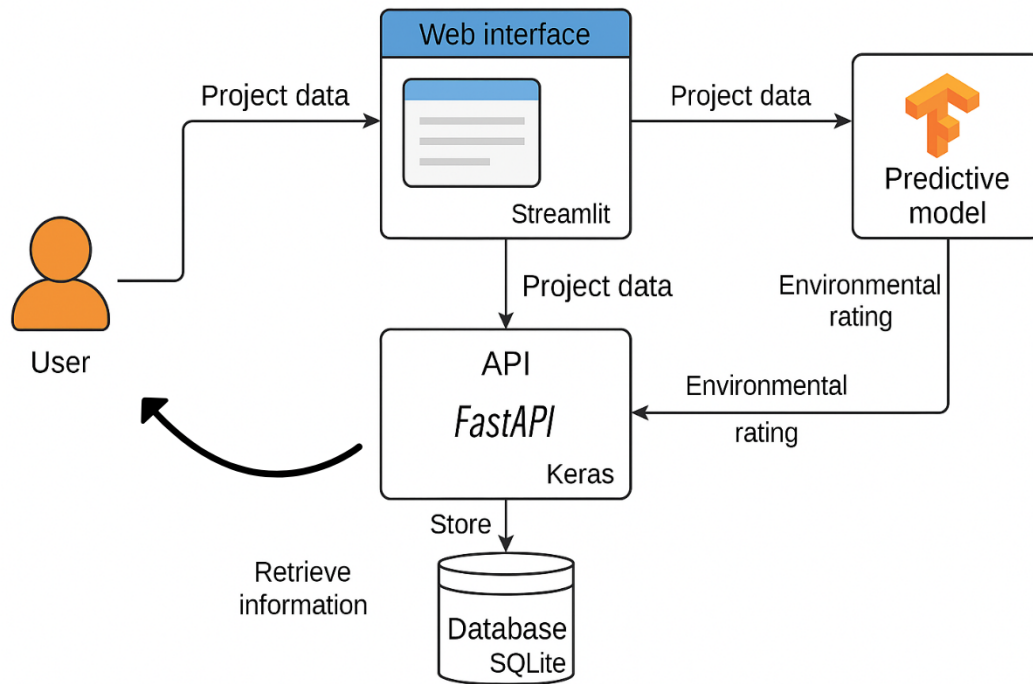


Fig. 1: Arquitectura tecnològica de l'eina

6.2 Descripció de l'eina

L'eina proposada en aquest treball és una plataforma digital d'accés web, dissenyada per permetre a qualsevol membre de la comunitat universitària —estudiants, professorat, personal tècnic o investigador— avaluar de manera preliminar i autònoma l'impacte ambiental dels seus projectes o activitats desenvolupades dins l'àmbit universitari [25, 14].

El sistema es basa en l'ús d'intel·ligència artificial, que treballa conjuntament amb una base de dades pròpia on s'emmagatzemen casos reals prèviament analitzats. A partir d'aquest coneixement acumulat, l'eina pot estimar el grau d'impacte ambiental d'un projecte concret, classificant-lo dins d'una escala d'avaluació ambiental. A més, genera un informe automàtic i comprensible, molt útil per a l'anàlisi posterior del projecte i per fomentar la reflexió crítica entorn a la seva sostenibilitat [7].

El funcionament general de l'eina es divideix en tres blocs principals:

- **Entrada de dades:** L'usuari introdueix la informació clau del projecte (àmbit temàtic, materials i recursos emprats, consum previst d'energia, durada, localització, etc.) mitjançant un formulari digital senzill i guiat.
- **Processament i anàlisi:** L'eina utilitza algoritmes d'aprenentatge automàtic per comparar el projecte amb casos similars de la base de dades, calcular un índex d'impacte ambiental i generar observacions qualitatives.
- **Processament i anàlisi:** L'eina utilitza algoritmes d'aprenentatge automàtic per comparar el projecte amb casos similars de la base de dades, calcular un índex d'impacte ambiental i generar observacions qualitatives.

- **Resultats i recomanacions:** L'usuari rep un informe automatitzat que inclou una puntuació ambiental preliminar, recomanacions per reduir l'impacte i, si escau, una funció de "matchmaking" que suggereix projectes similars per fomentar sinergies.

L'eina ha estat desenvolupada per ser escalable, modular i d'ús intuïtiu, amb l'objectiu de facilitar la seva adopció per part de tota la comunitat universitària. A més, el seu disseny permet una futura adaptació a entorns externs, com ara altres universitats o espais d'innovació social, cosa que n'amplia el potencial impacte de manera exponencial.

7 INTEGRACIÓ TECNOLÒGICA DE L'EINA

Aquest apartat descriu els components tecnològics [1] principals que donen forma al sistema proposat. L'eina ha estat dissenyada amb una arquitectura modular, basada en tecnologies de codi obert, i amb l'objectiu de garantir la facilitat de desplegament i l'adaptabilitat a altres contextos.

7.1 Tecnologies emprades

Per al desenvolupament de l'eina s'han utilitzat les següents tecnologies principals:

- **Streamlit:** biblioteca de Python per crear interfícies web de manera senzill i ràpida, que permet la interacció amb l'usuari mitjançant formularis dinàmics [22].
- **FastAPI:** framework per construir APIs RESTful lleugeres, eficients i fàcils de mantenir, que gestiona la comunicació entre la interfície i el model [10].
- **TensorFlow (Keras):** eina d'intel·ligència artificial emprada per entrenar un model de xarxa neuronal capaç de predir l'impacte ambiental a partir de dades categòriques [2].

- **SQLite**: base de dades local lleugera, que permet emmagatzemar els projectes introduïts i les prediccions realitzades per a futures consultes [23].
- **Scikit-learn**: utilitzada per a tasques de preprocessament com la codificació i normalització de dades [19].

7.2 Arquitectura general

El sistema es basa en una arquitectura client-servidor. L'usuari interacciona amb l'aplicació mitjançant Streamlit, que actua com a front-end. Quan s'envien les dades del projecte, aquestes són transmeses a l'API desenvolupada amb FastAPI, que realitza el processament i activa el model predictiu.

7.3 Funcionament del model d'IA

El model de classificació ha estat entrenat amb dades reals simulades mitjançant TensorFlow. Aquest model analitza variables com l'àmbit del projecte, els ODS associats i les tecnologies utilitzades per estimar l'impacte ambiental en una escala de classificació.

Els valors textuais són primer codificats numèricament mitjançant `LabelEncoder`, i posteriorment normalitzats amb `StandardScaler`, dues tècniques comunes proporcionades per Scikit-learn.

7.4 Persistència i gestió de dades

Totes les dades introduïdes —incloent la predicció obtinguda— s'emmagatzemen en una base de dades SQLite. Aquesta persistència permet consultar projectes passats, generar informes i detectar coincidències amb projectes similars mitjançant una funció de *matching*.

7.5 Execució i entorn local

Per garantir la portabilitat i facilitar el desplegament, el sistema funciona en un entorn virtual Python, executat des del terminal local. L'API s'inicialitza mitjançant Uvicorn, mentre que Streamlit es llança com a servei web per mostrar la interfície. Això permet que tot el sistema sigui executable sense necessitat de cap infraestructura externa.

7.6 Cas d'ús inicial: la UAB com a entorn pilot

La Universitat Autònoma de Barcelona ha estat escollida com a entorn inicial per al desenvolupament i prova de l'eina digital, atès el seu compromís institucional amb la sostenibilitat, la seva estructura organitzativa consolidada, el model de campus com a Living Lab, i el fet que és el context on estic realitzant els meus estudis universitaris.

Aquest primer desplegament es planteja com una fase d'implementació controlada, que ha de permetre detectar millores funcionals, ajustar i verificar els indicadors emprats, i recollir feedback directe tant d'usuaris com d'entitats institucionals implicades.

Per garantir un desenvolupament sòlid i participatiu, es duran a terme les següents accions complementàries:

- Tallers de cocreació amb estudiants i professorat, per validar l'ús de la plataforma i debatre sobre els criteris d'avaluació. Entitats com el CORE Smart Cities o l'Oficina de Medi Ambient poden actuar com a porta d'entrada per a la generació d'aquests espais de treball col·laboratiu.
- Enquestes estructurades per recollir dades sobre la usabilitat, la satisfacció i el valor percebut de l'eina des del punt de vista dels seus usuaris.
- Sessions de validació tècnica amb actors institucionals (Oficina de Medi Ambient, CORE Smart Cities), per contrastar els resultats, revisar l'arquitectura del sistema i ajustar-lo als estàndards i necessitats reals del campus, tenint en compte que aquests poden variar segons l'àmbit o el tipus de projecte.

Aquest conjunt d'activitats té com a objectiu reforçar l'assentament de l'eina dins del campus, fomentar la participació activa de la comunitat universitària (citizen engagement) i establir les condicions per a una futura escalabilitat dins i fora de la UAB.

L'experimentació a petita escala permetrà millorar tant l'aspecte tècnic com el pedagògic de la proposta, ampliant progressivament el seu abast i consolidant una eina útil, flexible i alineada amb els objectius estratègics de sostenibilitat de la universitat.

7.7 Nivell de maduresa tecnològica

Segons la Comissió Europea, l'eina digital proposada es troba actualment en un nivell de maduresa tecnològica TRL 4. Aquest nivell forma part de l'escala Technology Readiness Levels (TRLs), un sistema estandarditzat per avaluar el grau de desenvolupament d'una tecnologia, àmpliament utilitzat en l'àmbit de la recerca aplicada, la innovació i els projectes europeus.

En aquest cas, el TRL 4 indica que els components essencials de l'eina han estat desenvolupats i validats en un entorn controlat, amb diverses funcionalitats clau ja implementades:

- Entrada de dades mitjançant un formulari web senzill.
- Classificació ambiental automatitzada, basada en tècniques d'intel·ligència artificial i una base de dades de casos de referència.
- Generació automàtica d'un informe resum, amb resultats interpretables per a l'usuari.

Aquesta fase ha permès comprovar la viabilitat tècnica i conceptual del sistema, tot i que encara no s'ha testat amb dades reals ni en entorns operatius dins del campus universitari.

Per tal de consolidar aquest nivell i preparar el pas cap a una futura validació en entorn real, s'han previst diverses accions complementàries:

- Validació funcional amb escenaris simulats i processos iteratius.
- Tallers participatius amb usuaris potencials per recollir propostes de millora i validar la usabilitat.

- Interacció amb entitats institucionals (CORE Smart Cities, Oficina de Medi Ambient) per contrastar criteris d'impacte i adaptar el sistema a les necessitats específiques del campus.

Aquest conjunt d'accions ha de permetre fer el salt cap al TRL 5, on la tecnologia haurà de ser provada en un entorn universitari real, amb dades autèntiques i implicació d'usuaris reals. Aquesta etapa és clau per a la seva futura escalabilitat i consolidació com a eina útil dins i fora de la UAB.

7.8 Tipologia d'espai proposat

L'eina digital desenvolupada en aquest projecte ha estat proposada com una plataforma completament accessible en línia, sense el requeriment de cap infraestructura física específica per al seu funcionament ordinari. Aquesta condició li atorga una gran flexibilitat i facilita tant la seva implementació com la seva futura escalabilitat. Tanmateix, en l'etapa d'implementació poden ser útils espais físics per a activitats complementàries com:

- Tallers participatius amb estudiants i professorat.
- Sessions formatives o demostracions pràctiques de l'eina.
- Reunions tècniques amb actors institucionals per ajustar funcionalitats.

En aquest aspecte, dins el campus es poden trobar espais idonis per dur a terme aquestes activitats. Espais com els Open Labs del Living Lab del Campus o les sales de treball de l'Oficina de Medi Ambient poden acollir aquestes dinàmiques proposades. Aquests espais fomenten la col·laboració interdisciplinària i permeten integrar el desenvolupament tecnològic en un entorn real.

El fet que la plataforma pugui operar sense un espai físic dedicat reforça el seu caràcter accessible, replicable i sostenible, facilitant la seva adaptació a diferents entorns existents.

7.9 Identificació i implicació dels stakeholders

La implementació d'una eina d'avaluació ambiental dins la comunitat universitària requereix identificar, comprendre i activar relacions amb els diferents actors que hi participen. Per la seva identificació s'ha aplicat el model de la *matriu poder-interès*, que permet classificar els *stakeholders* en funció de la seva capacitat d'influència sobre el projecte i el seu nivell d'interès. Aquesta anàlisi permet dissenyar estratègies específiques per optimitzar esforços, comunicació i impacte.

Rellevància dels actors identificats

Abans d'implementar qualsevol eina amb impacte institucional i comunitari, és fonamental identificar i analitzar els agents implicats segons el seu nivell d'interès i influència. La matriu d'interès-poder permet establir estratègies específiques de gestió per a cada grup.

Actors que cal gestionar de prop

Aquest grup inclou aquells agents amb un alt grau d'interès i una gran capacitat d'influència sobre el projecte. Per aquest motiu, cal garantir una comunicació constant i una implicació activa durant totes les fases. En aquest grup s'inclouen:

- **Oficina de Medi Ambient:** té la capacitat d'integrar l'eina dins de les polítiques ambientals del campus i proporcionar dades reals per entrenar el sistema.
- **Professorat i personal investigador en sostenibilitat:** pot contribuir tant a la validació metodològica de l'eina com a la seva implementació en l'àmbit docent.
- **CORE Smart Cities:** com a espai de recerca aplicada, pot actuar com a plataforma per escalar el projecte i establir sinergies amb altres iniciatives.

Mantenir satisfets

Tot i que els actors d'aquest grup poden tenir un interès menor inicialment, el seu poder institucional els converteix en agents clau per garantir la sostenibilitat del projecte a llarg termini.

- **Serveis d'infraestructura:** la seva col·laboració és essencial per integrar l'eina dins dels sistemes de gestió operativa del campus.
- **Departament de finances:** pot facilitar la dotació pressupostària per assegurar-ne el manteniment i l'escalabilitat.
- **Equip rectoral:** el seu suport pot legitimar institucionalment la proposta i donar-li continuïtat estratègica.

Implicar segons necessitat

Es tracta d'actors amb alt interès però influència limitada. Tanmateix, poden jugar un paper molt valuós en la fase d'ideació, prova i validació.

- **Estudiants:** principals usuaris de l'eina, poden contribuir amb propostes de millora i difondre l'ús de la plataforma dins de la comunitat.
- **Organitzacions ambientals locals:** poden aportar una visió externa, promoure iniciatives col·laboratives i ajudar a connectar el projecte amb l'entorn social.

La correcta gestió d'aquests actors assegura no només l'èxit tècnic de la proposta, sinó també la seva acceptació, legitimitat i perdurabilitat dins de la comunitat universitària.

Mantenir informats

Tot i tenir una influència més reduïda i un interès inicial baix, aquest grup representa una part important de l'entorn universitari. Inclou:

- **Personal administratiu i acadèmic**
- **Equips de comunicació i sensibilització**

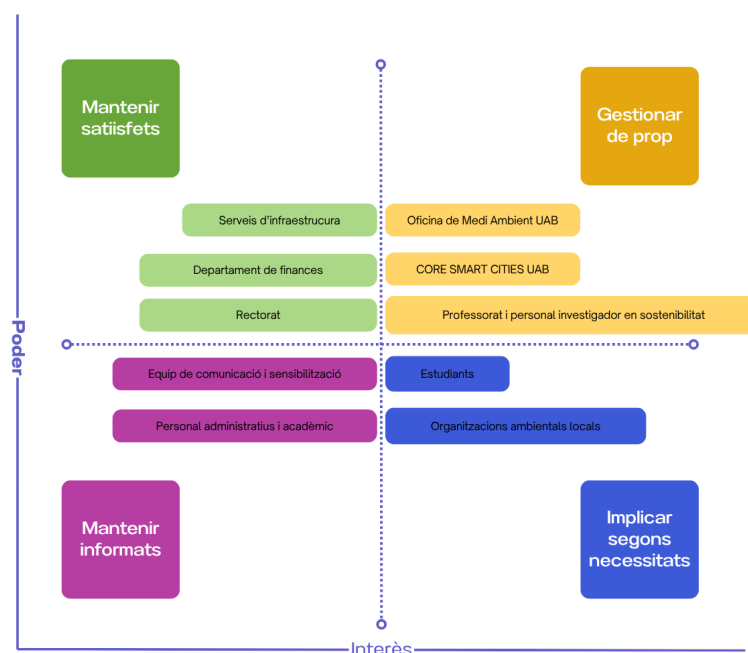


Fig. 3: Mapa de stakeholders segons el model poder-interès

Mantenir aquest col·lectiu informat pot ajudar a estendre l'impacte i consolidar el projecte en fases posteriors.

Aquest enfocament garanteix una implementació més realista, participativa i alineada amb les necessitats de la UAB.

8 RESULTATS ESPERATS I IMPACTE POTENCIAL

La implementació de l'eina digital presentada en aquest treball, juntament amb les accions estratègiques de suport proposades, poden generar conjuntament un impacte significatiu en diversos àmbits del campus universitari. Aquests impactes es poden agrupar en tres dimensions principals: educativa, ambiental, institucional i social.

8.1 Impacte educatiu

L'eina pot esdevenir una eina pedagògica transversal, aplicable a múltiples assignatures, projectes de recerca o activitats d'aprenentatge-servei dins de la universitat. Gràcies a la seva capacitat per quantificar paràmetres relacionats amb la sostenibilitat, proporciona un suport objectiu i visual a processos de reflexió i presa de decisions dins l'àmbit acadèmic, tal com assenyala Tilbury en la seva revisió sobre educació per al desenvolupament sostenible [24].

A més, facilita la comprensió pràctica de conceptes sovint abstractes com la petjada ecològica, l'eficiència de recursos, o la vinculació de les activitats amb els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS). Aquesta dimensió educativa és especialment rellevant en entorns universitaris que es conceben com a laboratoris d'aprenentatge actiu [3]. El seu ús pot enriquir l'experiència formativa, permetent als estudiants assumir un rol actiu en la integració de la

sostenibilitat a les seves pràctiques i projectes.

8.2 Impacte ambiental

L'accés generalitzat a una eina d'autoavaluació pot fomentar la presa de decisions amb criteris ambientals des de les fases inicials dels projectes universitaris. El fet de fer visibles els indicadors ambientals i generar informes clars i entenedors permet a les persones usuàries identificar punts crítics i introduir ajustos concrets per reduir el consum de recursos, minimitzar la generació de residus i millorar l'eficiència global de les activitats.

A llarg termini, aquest enfocament pot traduir-se en una reducció mesurable en paràmetres ambientals com ara les emissions de CO₂, l'ús de materials contaminants o la petjada hídrica i energètica. L'eina pot contribuir així a transformar els projectes individuals en actuacions alineades amb els objectius de sostenibilitat del campus.

8.3 Impacte institucional

L'ús de l'eina pot reforçar la imatge de la UAB com a institució compromesa amb el desenvolupament sostenible, aportant transparència i rigor en les polítiques emprades per part de la universitat, seguint el camí de bones pràctiques establert en iniciatives com el *GreenMetric World University Ranking* [11]. A més, facilita la coordinació entre projectes i actors del campus, generant sinergies i promovent una cultura col·laborativa en l'aspecte ambiental, una dimensió clau per a institucions que adopten el model de *Living Lab* [21].

Per altra banda, també pot servir com a referent exportable a altres entitats educatives, tal com s'ha evidenciat en experiències d'universitats que han adaptat sistemes interns per avaluar el seu progrés en sostenibilitat de forma oberta i participativa [15], demostrant així la

capacitat d'innovació i aplicació pràctica de la sostenibilitat en l'àmbit universitari.

8.4 Impacte social

La implementació de l'eina digital pot suposar un impacte rellevant en la dinàmica social existent al campus, ja que fomenta una participació més activa i conscient en els reptes ambientals que s'hi plantegen. El seu accés obert i intuïtiu permet posar al centre el concepte de *citizen engagement*, entenent la sostenibilitat no només com una qüestió institucional, sinó com un procés col·lectiu que involucra tota la comunitat.

El fet de poder quantificar l'impacte ambiental de les pròpies activitats promou un canvi d'actitud, afavoreix la responsabilització personal i col·lectiva, i obre la porta a la presa de decisions més sostenibles. A més, el sistema d'informes i la visualització clara dels resultats és una manera eficaç de fer tangibles els aspectes ambientals i, així, contribuir a una conscienciació generalitzada.

Aquest enfocament participatiu i obert, alineat amb el model de campus com a *Living Lab*, pot millorar el teixit relacional entre professorat, estudiants i institucions, i impulsar la universitat com un espai motor de transformació social en clau ecològica.

9 ESCENARIS DE FUTUR I ESCALABILITAT

El potencial d'aquest projecte no es restringeix a la seva aplicació dins del campus de la UAB. Gràcies al seu enfocament digital, participatiu i basat en indicadors estandarditzats a nivell global, el model desenvolupat pot evolucionar i ser adaptat en altres contextos institucionals o educatius.

Diversos escenaris d'escalabilitat s'han plantejat:

- **Altres universitats compromeses amb la sostenibilitat:** Institucions que ja han implementat sistemes d'avaluació ambiental podrien considerar integrar aquesta eina com a mecanisme complementari d'autoavaluació o com a recurs pedagògic dins d'assignatures i projectes. També podria suposar un gran suport per a universitats que es troben elaborant plans de desenvolupament sostenible de cara al futur.
- **Administracions públiques, ajuntaments o entitats ambientals:** Espais en què es promouen iniciatives sostenibles podrien fer ús de l'eina per valorar projectes comunitaris o participatius amb criteris ambientals. Tenint en compte que l'administració pública es troba en un procés de digitalització creixent, aquesta eina representa una oportunitat útil per incorporar mecanismes d'avaluació estructurada i transparent.
- **ONGs i hubs d'innovació:** Plataformes orientades al canvi social, la protecció ambiental o el desenvolupament local podrien utilitzar l'eina com a mecanisme avaluatiu de projectes desenvolupats en entorns específics del territori, especialment aquells relacionats amb espais naturals o accions de mitigació.

Per garantir un alt nivell de qualitat i utilitat, serà necessari adaptar l'eina per tal d'analitzar de manera precisa les necessitats dels diferents agents. El seu format obert i modular facilita aquest procés, assegurant la seva flexibilitat i possibilitat de rèplica en contextos diversos.

10 DISCUSSIÓ I REFLEXIÓ CRÍTICA

La proposta desenvolupada en aquest treball representa una oportunitat real per millorar la sostenibilitat al campus de la UAB, mitjançant la introducció de tecnologies digitals, la intel·ligència artificial i metodologies participatives. Tanmateix, s'han de tenir en compte diversos factors que poden interferir en la seva correcta implementació i consolidació dins l'entorn universitari.

10.1 Avaluació crítica de la proposta

Un dels punts forts de la proposta és la seva transversalitat: pot ser emprada en múltiples escenaris i àmbits (educatiu, institucional, recerca...). El fet de funcionar sense cap dependència física permet una gran flexibilitat en la seva implementació i facilita la seva adaptació a altres contextos dins i fora de l'àmbit universitari.

A més a més, no hem de deixar en banda l'enfocament participatiu, que reforça de manera molt clara el concepte de citizen engagement dins de la nostra universitat. Aquesta dimensió participativa dona protagonisme a la comunitat universitària i promou la corresponsabilitat ambiental.

Finalment, la seva connexió amb el model de campus com a *Living Lab* li aporta coherència i valor estratègic dins del marc institucional actual.

10.2 Limitacions actuals i reptes futurs

Tot i el potencial del projecte, es poden identificar algunes possibles limitacions que s'haurien d'abordar:

- **Dependència de la qualitat de les dades d'entrada:** l'avaluació ambiental es basa en la informació proporcionada per l'usuari, que pot ser incompleta o no del tot precisa. Serà necessari establir mecanismes de control i guiatge per garantir que les dades introduïdes siguin útils i enriquidores per al projecte.
- **Precisió del model d'intel·ligència artificial:** en les primeres fases de maduresa del projecte, poden aparèixer imprecisions en els resultats. Tot i això, a mesura que es vagin assolint nivells TRL més avançats, s'espera que la fiabilitat del sistema augmenti considerablement.
- **Participació inicial reduïda:** si les accions proposades per acompanyar la implementació de l'eina no es duen a terme correctament, el nombre d'usuaris pot ser molt limitat. Cal recordar que aquest projecte necessita la col·laboració activa dels agents que conviuen a la universitat, ja que s'alinea amb la metodologia de citizen engagement.
- **Adaptació a nous contextos:** tot i ser una eina flexible, cada institució pot tenir criteris ambientals i requisits tècnics diferents. Això fa necessari un

anàlisi previ exhaustiu per adaptar correctament l'eina a l'entorn concret on s'aplicarà.

Aquestes limitacions no desmereixen el valor del projecte, sinó que aporten pistes clares per continuar treballant la seva millora i consolidació en el futur.

11 CONCLUSIONS

Aquest treball ha estat per a mi una oportunitat per posar en pràctica els coneixements adquirits durant el grau i, alhora, contribuir a cercar una solució per a una necessitat real existent a la meua universitat, la **Universitat Autònoma de Barcelona**: fer tangible i accessible la sostenibilitat en el dia a dia del campus. La proposta presentada —una eina digital basada en *intel·ligència artificial*— parteix d'una inquietud personal, amb la voluntat clara de generar canvis des de dins de la pròpia comunitat universitària.

Els objectius plantejats a l'inici del projecte han estat presents al llarg de tot el procés. A continuació, en detall, els assoliments:

- **Millora de la sostenibilitat a la UAB:** Aquest ha estat el motor principal del desenvolupament de la proposta. Tant en el plantejament de l'eina com en la seva funcionalitat, l'objectiu de fer quantificable l'impacte ambiental ha estat central.
- **Endinsar-me en els models d'innovació oberta i centrats en la comunitat:** Mitjançant la inclusió d'un model participatiu, l'ús de metodologies pròpies dels *Living Labs* i la integració de la comunitat universitària com a agent actiu, he pogut aprofundir en aquest enfocament.
- **Poder retornar a la UAB amb un impacte positiu:** Al llarg d'aquest treball he aplicat coneixements i pràctiques adquirides durant els meus estudis. Tot i que el projecte es troba encara en una fase preliminar, crec fermament en el seu potencial per generar valor dins i fora del campus.

Amb el suport de models i experiències prèvies, he volgut dissenyar una eina capaç no només d'analitzar l'impacte ambiental de projectes, sinó també d'estimular la reflexió, la responsabilitat i l'acció. Tallers participatius, informes clars i una estructura modular són només alguns dels elements que poden afavorir la seva integració dins del campus i, si es vol, més enllà.

L'anàlisi dels impactes potencials —educatius, ambientals, institucionals i socials— ha posat en relleu que la sostenibilitat és, sobretot, un procés col·lectiu i transversal. I aquí rau la força d'aquesta proposta: en la seva capacitat d'adaptar-se i créixer amb la participació activa de la comunitat.

Sóc conscient que el projecte es troba encara en una fase inicial i que caldrà seguir treballant per superar les limitacions identificades. Però si una cosa he après al llarg d'aquest procés és que la sostenibilitat no s'assoleix amb solucions perfectes, sinó amb compromisos progressius, oberts a la millora contínua. Aquest és, al cap i a la fi, l'esperit que ha guiat aquest treball.

12 AGRAIMENTS

Vull expressar el meu agraïment a totes les persones que han fet possible el desenvolupament d'aquest Treball de Final de Grau.

En primer lloc, al meu tutor, Fernando Vilariño, per l'acompanyament constant i per la seva orientació durant tot el procés.

També vull agrair profundament a la meua família, pel suport incondicional, especialment en moments clau. I, molt especialment, a la Maria, ja que aquest treball no hagués estat redactat sense el seu suport.

13 SOFTWARE

El programari està disponible en obert amb licència CC al GitHub: <https://github.com/IsmaelDeraoui/TFG.git>

REFERENCES

- [1] AASHE. Stars technical manual version 2.2, 2019.
- [2] ABADI, M., BARHAM, P., CHEN, J., CHEN, Z., DAVIS, A., DEAN, J., AND ET AL. Tensorflow: A system for large-scale machine learning. *arXiv preprint arXiv:1605.08695* (2016).
- [3] BARTH, M., AND GODEMANN, J. Learning to change the world: Teaching sustainability at universities. *Journal of Cleaner Production* 15, 11-12 (2007), 1073–1084.
- [4] DE BARCELONA, U. A. Programme to co-create solutions for campus challenges is back. UAB Newsroom, Feb. 2025.
- [5] DE COLOMBIA, U. C. Proyecto prau: Plan de responsabilidad ambiental universitaria, 2024. Accés mitjançant el repositori institucional.
- [6] DESCONEGUT, A. A new validated instrument to assess sustainability perception among university students. *Environmental Education Research* (2024). Presenta una escala de percepció i actitud ambiental en universitaris.
- [7] DURAN, P., CASTAÑO, J., GÓMEZ, C., AND MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, S. Gaissalabel: A tool for energy labeling of ml models. *arXiv preprint arXiv:2401.17150* (2024).
- [8] EUROPEAN NETWORK OF LIVING LABS. What is a living lab? Tech. rep., 2023.
- [9] FERRER-BALAS, D., BUCKLAND, H., AND MINGO, M. Advancing towards systemic change: A strategic sustainability tool for higher education institutions. *Environmental Education Research* 15, 5 (2009), 607–622.
- [10] HO, C. T., AND BLOG, P. How to use fastapi for machine learning. *PyCharm Blog* (2024). Explica l'ús de FastAPI per desplegar models ML i crear APIs eficients.
- [11] INDONESIA, U. Ui greenmetric world university rankings 2023. Accessed June 2025.
- [12] INSTITUT DE RECERCA EN IA, U., AND COL·LABORADORS. Recicla360: elevat els nivells de reciclatge amb ia i jocs. *eSmartCity* (juliol 2024). Sistema finançat per IVACE+i i fons europeus.
- [13] KANADE, T. M., CHAVAN, D. S., AND BATULE, R. Sustainable curriculum design and development for smart education in urban environments. In *Smart Education in Urban Environments*. IGI Global, 2025.
- [14] LI, Y., ZHANG, X., MORGAN, V. L., LOHMAN, H. A. C., ROWLES, L. S., MITTAL, S., KOGLER, A., CUSICK, R. D., TARPEH, W. A., AND GUEST, J. S. Qsdsan: An integrated platform for quantitative sustainable design of sanitation and resource recovery systems. *arXiv preprint arXiv:2203.06243* (2022).
- [15] LOZANO, R., CEULEMANS, K., AND ALONSO-ALMEIDA, M. D. M. A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: results from a worldwide survey. *Journal of Cleaner Production* 108 (2015), 1–18.
- [16] NIETO, L. M., AND ROJAS, C. Chatbot para gestión de proveedores en entornos universitarios. In *Memorias del Congreso Internacional de Innovación Educativa* (2020), Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- [17] OF LIVING LABS, E. N. Uab smart campus living lab. Tech. rep., ENoLL, 2023.
- [18] OF TOKYO, U. Ai-based water disaster risk reduction and the understanding of the water cycle. Tech. rep., University of Tokyo, 2025. Sistema d'avís primerenc per a incidents hídrics basat en IA.
- [19] PEDREGOSA, F., VAROQUAUX, G., GRAMFORT, A., MICHEL, V., THIRION, B., GRISEL, O., AND ET AL. Scikit-learn: Machine learning in python. *Journal of Machine Learning Research* (2012).
- [20] PRECOURT INSTITUTE FOR ENERGY, S. U. Bits & watts initiative funds six sustainable ai research projects. Tech. rep., Stanford University, February 2025. Optimització energètica i resiliència amb IA aplicada a infraestructures.
- [21] PUERARI, E., DE KONING, J. I. J. C., MULDER, I. J., LOORBACH, D. A., AND LUDOVIC, J. S. Co-creation dynamics in urban living labs. *Sustainability* 10, 6 (2018), 1893.
- [22] STREAMLIT DEVELOPMENT TEAM. Streamlit — a faster way to build and share data apps. <https://docs.streamlit.io/>, 2025.
- [23] TIANGOLO, S. Sql (relational) databases - fastapi tutorial. <https://fastapi.tiangolo.com/tutorial/sql-databases/>, 2025.
- [24] TILBURY, D. Education for sustainable development: An expert review of processes and learning.
- [25] TZORTZIS, A. M., KORMPAKIS, G., PELEKIS, S., MICHALITSI-PSARROU, A., KARAKOLIS, E., NTANOS, C., AND ASKOUNIS, D. Ai4ef: Artificial intelligence for energy efficiency in the building sector. *arXiv preprint arXiv:2412.04045* (2024).
- [26] UNITED NATIONS. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development, 2015.
- [27] UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. Pla campus saludable i sostenible 2023–2027, 2023.
- [28] UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. Smart campus living lab - uab, 2023.
- [29] VARGAS DÍAZ, L., AND GONZÁLEZ, N. Diagnóstico ambiental participativo en campus universitarios: Informe prau, 2024.

A ANNEX 1: CODI FONT

A.1 Streamlite

```

streamlit_app.py
1 import streamlit as st
2 import requests
3
4 st.set_page_config(page_title="Avaluació de Projectes - CORE UAB", layout="centered")
5 st.title("Avaluació de l'Impacte Ambiental - CORE UAB")
6
7 st.markdown("Introdueix les dades del projecte perquè la IA pugui fer una predicció ambiental.")
8
9 with st.form("formulari_projecte"):
10     nom = st.text_input("Nom del projecte")
11     descripció = st.text_area("Descripció del projecte")
12     ambit = st.text_input("Àmbit del projecte")
13     ods = st.text_input("ODS relacionats (ex: ODS 7, ODS 13)")
14     impacte_social = st.selectbox("Impacte social", ["Baix", "Mitjà", "Alt"])
15     tecnologies = st.text_input("Tecnologies usades")
16     data_inici = st.date_input("Data d'inici")
17     data_final = st.date_input("Data final")
18
19     enviar = st.form_submit_button("Predir i guardar")
20
21     if enviar:
22         dades = {
23             "nom": nom,
24             "descripcio": descripcio,
25             "ambit": ambit,
26             "ods": ods,
27             "impacte_social": impacte_social,
28             "tecnologies": tecnologies,
29             "data_inici": str(data_inici),
30             "data_final": str(data_final)
31         }
32
33         try:
34             resposta = requests.post("http://localhost:8080/predir/", json=dades)
35
36             if resposta.status_code == 200:
37                 resultat = resposta.json()
38                 st.success(f"Predicció d'impacte ambiental: {resultat['impacte_ambiental_predicció']}")
39             else:
40                 st.error(f"Error en la predicció. Codi {resposta.status_code}")
41
42         except requests.exceptions.ConnectionError:
43             st.error("No s'ha pogut connectar amb l'API (http://localhost:8080). Està en marxa?")

```

Fig. 4: Codi streamlit

A.2 FastAPI

```

from fastapi import FastAPI
from pydantic import BaseModel
import tensorflow as tf
import numpy as np
import sqlite3
from sklearn.preprocessing import StandardScaler

app = FastAPI()

# Carregar el model
model = tf.keras.models.load_model("model_impacte.H5")

# Esquema de dades d'entrada
class ProjecteEntrada(BaseModel):
    nom: str
    descripcio: str
    ambit: str
    ods: str
    impacte_social: str
    tecnologies: str
    data_inici: str
    data_final: str

# Endpoint de predicció
@app.post("/predir/")
def predir(projecte: ProjecteEntrada):
    # Convertir valors textuais a valors numèrics (simulació)
    entrada = np.array([hash(projecte.ambit)%1000,
                        hash(projecte.ods)%1000,
                        hash(projecte.tecnologies)%1000])

    # Escalar dades
    entrada = StandardScaler().fit_transform(entrada)

    # Predicció
    predicció = model.predict(entrada)
    impacte = int(np.argmax(predicció))

    # Desa a la base de dades
    conn = sqlite3.connect("projectes.db")
    cursor = conn.cursor()

```

Fig. 5: Codi fastAPI

A.3 SQL

```

1  crear_base_dades.py
2  import sqlite3
3
4  # Conectar-se o crear la base de dades
5  conn = sqlite3.connect('projectes.db')
6  cursor = conn.cursor()
7
8  # Activar claus foranes (important a SQLite!)
9  cursor.execute("PRAGMA foreign_keys = ON")
10
11 # Crear la taula per a projectes
12 cursor.execute('''
13 CREATE TABLE IF NOT EXISTS projectes (
14     id INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,
15     nom TEXT,
16     descripcio TEXT,
17     ambit TEXT,
18     ods TEXT,
19     impacte_ambiental TEXT,
20     impacte_social TEXT,
21     tecnologies TEXT,
22     data_inici TEXT,
23     data_final TEXT
24 )
25 ''')
26
27 # Crear la taula per a prediccions
28 cursor.execute('''
29 CREATE TABLE IF NOT EXISTS prediccions (
30     id INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,
31     projecte_id INTEGER,
32     impacte_ambiental_predicccio INTEGER,
33     FOREIGN KEY (projecte_id) REFERENCES projectes(id) ON DELETE CASCADE
34 )
35 ''')
36
37 conn.commit()
38 conn.close()
39
40 print("✅ Base de dades i taules creades correctament!")
41

```

Fig. 6: Codi SQL

B ANNEX 2: INTERFICIE WEB

Avaluació de l'Impacte Ambiental

Introdueix les dades del projecte perquè la IA pugui fer una predicció ambiental.

✨ Nom del projecte
 📄 Descripció del projecte
 🌐 Àmbit del projecte
 🎯 ODS relacionats (ex: ODS 7, ODS 13)
 💡 Impacte social: Baix
 🛠️ Tecnologies usades
 📅 Data d'inici: 2025/06/19
 📅 Data final: 2025/06/19

Pedir i guardar

Fig. 7: Interficie web