



El projecte ACTUA

Investigant la transmissibilitat dels virus
respiratoris a les aules



Edgar Batista, Francisco Huera, Antoni Martínez,
Joan Rosell i Agusti Solanas



UNIVERSITAT
ROVIRA i VIRGILI

El projecte ACTUA

**Investigant la transmissibilitat dels virus
respiratoris a les aules**

Edgar Batista de Frutos
Francisco J. Huera Huarte
Antoni Martínez Ballesté
Joan Rosell Llompарт
Agusti Solanas Gómez

Llibre autoeditat pels propis autors

1a edició: octubre de 2023
ISBN: 978-84-127552-2-0

Impressió per Llar Digital
C/ Caballeros, 13 – 12001 Castellón de la Plana
Tel. 964 260 063 · contacta@llardigital.com
<https://llardigitalonline.com>



Aquesta edició està subjecta a una llicència Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 Internacional de Creative Commons. Per veure'n una còpia, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> o envieu una carta a Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, California 94042, USA.

ÍNDEX

Resum	5
Introducció	7
Objectius del projecte ACTUA	9
Impacte esperat	10
Sobre aquest llibre	12
El sistema ACTUA	13
Els usuaris i els rols	13
Els kits de sensors	14
L'aplicació web.....	18
Els qüestionaris de salut.....	20
Prova pilot a les escoles	23
Mostra d'escoles	24
Procés d'instal·lació del kit a l'aula.....	26
Resposta dels qüestionaris de salut	27
Acceptació del sistema ACTUA	28
Enquesta de satisfacció dels mestres.....	29
Enquesta de satisfacció del director o directora	31
Conclusions.....	35
Publicacions del projecte	37
Agraïments.....	39

RESUM

Les escoles són essencials per la nostra societat. A les escoles, infants i mestres conviuen durant una part important del temps. Els seus espais han de ser, per tant, espais segurs i confortables, per tal de d'afavorir els processos d'aprenentatge. Durant la pandèmia de la COVID-19, les escoles van haver de clausurar-se en primera instància i, després de la reobertura, algunes aules van haver de tancar-se temporalment de nou per tal de minimitzar la transmissió del virus. Les aules han de ser espais segurs per a la població de l'escola per tal de garantir la correcta educació de les generacions venidores.

La tecnologia actual, per mitjà de sensors, xarxes de comunicacions i tècniques d'anàlisi de dades, permet monitoritzar el context dels espais de convivència, per exemple les aules, com ara la temperatura, la concentració de diòxid de carboni i el so, i estudiar-ne les correlacions amb l'estat de salut de les persones que els ocupen. Mitjançant el projecte de recerca ACTUA de la Universitat Rovira i Virgili, hem dissenyat i desenvolupat un sistema de monitorització contextual intel·ligent i autònom que hem desplegat a més d'un centenar d'aules d'educació infantil i primària de Catalunya. Aquest sistema és un kit de reduïdes dimensions que conté diversos sensors que recullen dades i les envien a un servidor central. Aquest servidor conté tota la informació de les aules i permet analitzar correlacions entre les dades rebudes i les dades epidemiològiques de l'aula que reporten els mestres setmanalment mitjançant qüestionaris.

El desplegament del sistema a un nombre elevat d'aules de Catalunya ens ha permès afrontar reptes i dificultats que difícilment s'haguessin considerat des del laboratori. Això no obstant, després de tot un curs acadèmic amb la plataforma en funcionament, podem veure que la solució proposada és robusta des d'un punt de vista tecnològic. A més, des d'un punt de vista social, hem percebut l'acceptació del nostre sistema per part de l'equip docent a través d'enquestes de satisfacció contestades a finals de curs. Gran part del professorat opina que aquests sistemes són útils per les escoles per tal de monitoritzar les condicions de treball del professorat i d'aprenentatge de l'alumnat.

Aquesta experiència contribueix a demostrar que l'ús de la tecnologia a l'aula no serà puntual, sinó que és necessària i ha vingut per quedar-s'hi. Els beneficis i les oportunitats superen amb escreix els possibles inconvenients que puguin aparèixer. Al cap i a la fi, sistemes com l'ACTUA obren la porta a les aules del futur on la tecnologia en serà un component central.

INTRODUCCIÓ

L'emergència de salut pública viscuda durant la pandèmia de la COVID-19 va fer palesa la necessitat de desenvolupar coneixement sobre la transmissió de virus respiratoris i les maneres de combatre'ls. La pandèmia de la COVID-19 s'ha unit a un cicle preocupant de pandèmies viscudes en els darrers anys, que inicià el 2003 amb el SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome) i continuà el 2010 amb la grip A i el 2012 amb el MERS (Middle East Respiratory Syndrome). Les incerteses al voltant de nous virus amb elevada transmissibilitat, especialment quan la societat encara no té defenses per combatre'ls, fan imprescindible estudiar els factors de risc en els entorns on es desenvolupa la vida d'un dels grups de població més crítics, el dels infants a les escoles.

En el projecte ACTUA estudiem la transmissió de virus respiratoris en escoles d'educació infantil i primària, particularment dins de les aules, mitjançant l'anàlisi de correlacions entre paràmetres mesurables a través de sensors situats a les aules i la incidència de virus respiratoris en els alumnes i mestres. Les aules d'una escola són espais interiors, generalment tancats i sovint poc ventilats, on s'hi apleguen persones de diferents unitats familiars, i per tant, poden actuar com motors de la transmissió d'un virus respiratori. Tot i que és cert que els contagis entre individus del grup de l'aula (grup bombolla, inclosos docents) poden tenir lloc en altres entorns (per exemple, al pati o al menjador), l'aula és l'espai on conflueixen els factors de risc (espai tancat, temps, activitat generadora d'aerosols, etc.). És l'aula, doncs, un dels espais més importants, si no el més important, que cal entendre.

L'estudi de les aules esdevé fonamental degut a què la transmissió de virus respiratoris, com el de la COVID-19, es produeix via aerosols, en forma de petites gotes i partícules de mida inferior a 100 micròmetres que romanen en suspensió en l'aire durant un temps molt llarg. Els aerosols, potencialment perillosos perquè són difícils de controlar, emesos durant la respiració, parla i altres accions fisiològiques tan freqüents a l'aula, poden ser inhalats per diferents persones, produint-se així la transmissió de patògens. La transmissió per aerosols és particularment important en espais interiors, i molt dependent de les

condicions que determinen el seu transport, inclosa la ventilació. Tot i que els protocols de ventilació són efectius per a diluir i treure de l'aula partícules infeccioses generades dins l'aula, aquests no poden ser aplicats sense límit, doncs poden tenir un efecte negatiu: la reducció de la temperatura ambient comporta una sensació de desconfort, podent empitjorar la salut i la qualitat de les activitats educatives. Per tant, la reducció del risc de contagi dins les aules ha de ser compatible amb un nivell admissible de confort.

Per aquest motiu, mesurem la concentració de partícules i altres variables, com la concentració de diòxid de carboni, temperatura i humitat relativa, dins de l'aula, amb la finalitat de monitoritzar les condicions dins l'aula i correlacionar-les amb la probabilitat o risc de transmissió del virus en aquest espai (veure Figura 1). Per a mesurar les condicions de l'aula, en el projecte hem desenvolupat una plataforma de monitorització de variables contextuais basada en tecnologia IoT (Internet of Things, o Internet de les Coses en català), que facilita la consecució i desplegament de sistemes sensorials amb capacitat de connectivitat a la xarxa. A més, degut al cost contingut d'aquest maquinari, hem pogut instal·lar-los en més d'un centenar d'aules per tal d'obtenir un elevat nombre d'observacions. D'aquesta manera, l'anàlisi

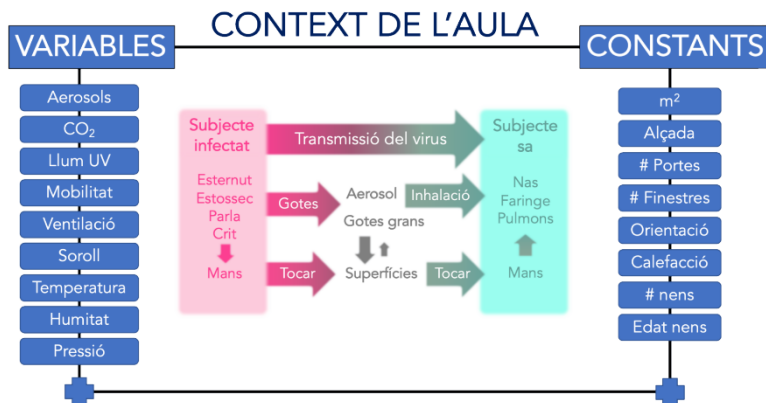


Figura 1. Transmissió del virus en el context de l'aula, i algunes variables i constants de les que podria dependre aquesta transmissió.

de grans volums de dades ens permetrà obtenir informació significativa des d'un punt de vista estadístic.

L'escola i, en particular, l'aula, seguirà essent un espai rellevant en el futur. Així doncs, el projecte ACTUA és rellevant per diverses raons: (i) l'escola és un espai interior on conflueixen tota una colla de factors de risc de transmissió de virus (proximitat, temps, generació d'aerosols, etc.), (ii) les escoles no poden romandre tancades indefinidament o per un temps prolongat degut a pandèmies, i (iii) el risc de contagi dins les aules ha de minimitzar-se tot el possible, sense sacrificar el confort dels alumnes i del mestre.

Objectius del projecte ACTUA

Aquest projecte proposa investigar les condicions que afavoreixen la transmissió de virus respiratoris dins de les aules en educació infantil i primària (Figura 2). Per a dur a terme aquesta tasca, hem definit una sèrie d'objectius:

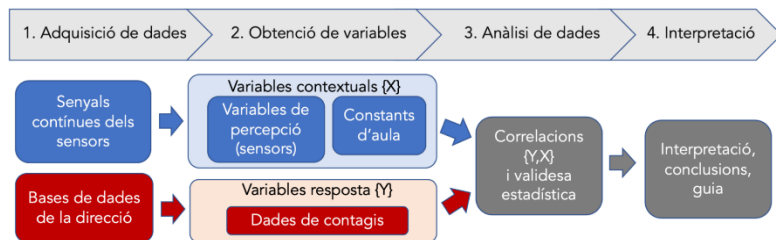


Figura 2. Flux de la informació des de la recollida de dades fins la seva interpretació.

1

Identificar si existeix cap **correlació** entre alguna variable contextual (ja sigui, temperatura, humitat, concentració de diòxid de carboni, llum ultraviolada entrant des de l'exterior, etc.) i la probabilitat de transmissió de virus dins l'aula.

Estudiar el paper que juguen els **aerosols** en la propagació de virus respiratoris dins les aules.

2

3

Crear un **kit de monitorització** (utilitzant sensors i xarxes de comunicacions) que mesurin les variables contextuais de manera contínua. Aquesta eina ha de ser mínimament invasiva, transparent pels mestres i fàcil d'instal·lar.

Sota la hipòtesis que, estadísticament, el major risc de contagi és dins de l'aula, on els infants passen molt temps, crear un **sistema de vigilància contextual** mitjançant la instal·lació dels kits de monitorització en més d'un centenar d'aules.

4

5

Crear un **sistema de predicció i alerta**, demostrant que és possible recollir dades que permetran actuar sobre l'entorn contextual de l'aula per a minimitzar-hi la transmissió de virus.

Identificar el conjunt mínim de sensors que permetria un **desplegament massiu** a totes les aules del territori català, per monitoritzar les condicions de les que depèn el risc de contagi.

6

Impacte esperat

L'escola és un dels pilars crítics de les societats modernes, del que depèn la transmissió de coneixements i formació dels infants. En la pandèmia de la COVID-19, es va evidenciar que el tancament d'escoles és una

mesura extrema i transitòria, que en cap cas és sostenible en el temps. Aquest tancament no només dificultà enormement l'educació dels alumnes, sinó que incrementà la bretxa digital, i incidí negativament en la dinàmica econòmica de la societat, en obligar a les famílies a trobar una manera de supervisar i acompanyar els fills i les filles. En conclusió, garantir una bona salut pública a l'escola, evitant-hi els contagis, té un gran impacte social i econòmic.

A més, l'impacte del projecte ACTUA serà important i directe, tant dins l'àmbit de la recerca com a l'àmbit social estudiat. En recerca podrà donar resposta a preguntes fonamentals sobre la transmissió dels virus a l'aula i les mesures més adequades per combatre-la. Socialment, la implantació a l'aula de les tecnologies associades al projecte podrà minimitzar el tancament d'escoles en èpoques pandèmiques i reduir el nivell d'ansietat en els alumnes, els educadors i les famílies. A més a més, en cas de detecció d'altres taxes de contagis, el coneixement desenvolupat proveirà les autoritats de salut pública d'una eina per monitoritzar les condicions ambientals (de context) i alertar de les condicions de risc, permetent orientar els protocols d'actuació preventiva cap a una estratègia intel·ligent basada en dades científiques, no pas en especulacions arbitràries. Cal destacar que, atès que les dades hauran estat obtingudes al territori català, podran ser del tot aplicables a Catalunya, evitant així dubtes que podrien presentar-se en intentar traslladar conclusions d'estudis forans al cas de les nostres aules.

Una conseqüència important de l'estudi serà la possibilitat que les conclusions sobre els factors de risc identificats a les aules d'infants siguin fins a cert punt extrapolables al cas de joves (educació secundària, formació professional i universitaris), pel que el mateix tipus d'estudi té la dificultat que per aquest grup poblacional les dinàmiques socials són més complexes i els contagis poden produir-se en una varietat gran d'altres contextos, emmascarant les correlacions entre contagis i les variables contextuais de l'aula.

A més, el projecte ACTUA i la seva disseminació generarà consciència en el món educatiu en relació a la necessitat de mantenir unes condicions òptimes del context dins les aules. Per altra banda, en el passat

s'ha relacionat la manca de ventilació a les aules i, per tant, els nivells de diòxid de carboni elevats, amb la manca d'atenció dels alumnes i a un baix rendiment escolar. El fet de tenir sistemes integrats a les aules que permetin als docents actuar no només sobre la ventilació, sinó a més a més sobre el confort tèrmic i altres variables, tindrà una influència important en relació a la qualitat de l'aprenentatge dels alumnes.

Sobre aquest llibre

En el llibre que teniu a les mans hi trobareu una síntesi del que està essent la nostra recerca durant els més de dos anys que portem treballant en el projecte ACTUA. Hem escrit el llibre per a un públic ampli, no només de l'àmbit de l'enginyeria, sinó també per a professionals de l'àmbit de l'educació i de les ciències socials. Durant el projecte hem pogut treballar amb persones de perfils molt diversos i, gràcies a elles, el projecte ACTUA ha tingut la dimensió multidisciplinària que li calia.

El llibre està dividit en dues parts. En la primera fem referència amb un llenguatge entenedor als aspectes de funcionalitat del sistema desenvolupat, així com també a la seva implementació a nivell tècnic. En la segona, tractem la relació entre l'equip del projecte i les escoles i els seus mestres. Finalment, incloem una relació d'algunes de les publicacions generades per nosaltres durant aquest temps.

Des d'aquí volem agrair el suport de l'Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR) de la Generalitat de Catalunya, mitjançant la convocatòria PANDÈMIES 2020, i el de la Universitat Rovira i Virgili. També volem expressar el nostre agraïment més sincer a tots els tècnics, desenvolupadors i voluntaris (escoles, directors/es, equip directiu i mestres) sense els quals el desplegament del projecte ACTUA no hagués estat possible. De part de tot l'equip, moltes gràcies!

EL SISTEMA ACTUA

En aquesta primera part del llibre expliquem la vessant tecnològica del projecte ACTUA, fent referència al disseny i implementació del sistema informàtic.

El sistema ACTUA es basa en una sèrie de dispositius sensors (anomenats kits) repartits en aules d'arreu del territori català. Aquests dispositius recullen informació contextual de l'aula de manera contínua (cada deu minuts). Cada aula està equipada amb un sol kit de sensors que funciona de manera autònoma i sense requerir la intervenció humana. Aquests dispositius envien les dades recollides cada vuit hores al servidor del projecte ACTUA a través d'Internet. El servidor és l'encarregat d'emmagatzemar tota la informació (dades contextuais procedents dels sensors i dades de salut mitjançant els qüestionaris de salut) en una única base de dades, i d'oferir una aplicació web capaç de gestionar i visualitzar totes les dades del sistema (Figura 3).

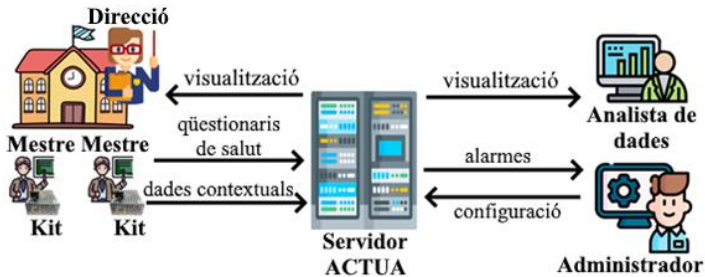


Figura 3. Esquema de l'arquitectura del projecte ACTUA.

Els usuaris i els rols

El sistema considera quatre perfils d'usuaris, identificats a la Figura 3. En primer lloc, tenim els *administradors* que són aquells usuaris responsables de gestionar el sistema ACTUA en la seva totalitat, podent configurar els kits de sensors, registrar les escoles i les aules, visualitzar totes les dades del sistema, contactar amb les escoles participants, visualitzar alertes, entre altres accions. En segon lloc, tenim els *analistes de dades* capaços de visualitzar i descarregar les dades per tal d'aplicar-

hi tècniques avançades d'anàlisi de dades. Aquests dos perfils d'usuaris estan associats a membres de l'equip investigador del projecte. En tercer lloc, tenim la *direcció* que són les figures responsables dels centres que poden visualitzar i descarregar-se les dades de totes les aules monitoritzades de la seva escola. Per acabar, tenim els *mestres*, que són les persones responsables de l'aula, que poden visualitzar i descarregar-se les dades de la seva aula, respondre els qüestionaris de salut i rebre alarmes en cas de comportament anòmal del kit.

Els kits de sensors

El kit de sensors (o kit) és el dispositiu central del projecte, donat que és el responsable de capturar les variables contextuals per l'estudi. Per evitar distraccions de l'alumnat, aquests kits van ser dissenyats de manera que fossin compactes, discrets i el menys intrusius possible. Cada kit és una capsa de 20x20x10 cm amb una base de fusta i recoberta per una xapa perforada o malla d'alumini (Figura 4), per a ser col·locada preferiblement en una zona a la que els infants no hi tinguin accés. D'aquesta capsa en surten diverses connexions: cap a l'endoll (per alimentar elèctricament el kit), cap a la xarxa de l'escola (per accedir a Internet) i cap a altres elements estructurals de l'aula, com portes i finestres.

El kit de sensors conté un ordinador de placa reduïda (*single-board computer*, en anglès) de la mida d'una targeta bancària, anomenat Raspberry Pi. Tot i les seves reduïdes dimensions, aquestes plaques poden funcionar com un ordinador tradicional, malgrat tenir una capacitat de càlcul menor. No obstant, són ideals per desenvolupar solucions



Figura 4. Imatge del kit de sensors.

tecnològiques econòmiques dins l'àmbit de la IoT. De fet, les Raspberry Pi s'han popularitzat dins l'àmbit educatiu per ensenyar competències bàsiques de robòtica, sensòrica i programació a alumnes de cicles superiors d'educació primària.

Juntament amb la Raspberry Pi, el kit conté un conjunt de sensors que capturen les variables contextuais de l'estudi: la temperatura, la humitat relativa, la pressió atmosfèrica, la lluminositat, la radiació ultra-violada, la concentració de diòxid de carboni, la concentració de partícules PM_1 , $PM_{2.5}$ i PM_{10} ¹, el so i la quantitat de moviment. Tots aquests sensors estan connectats a la Raspberry Pi a través de cables dins del propi kit. A més de tota aquesta informació, es mesura si la porta o alguna finestra de l'aula estan obertes o tancades per inferir la ventilació de l'aula. Per a fer això, col·loquem un imant al marc de la porta o finestra i un altre imant a la pròpia porta o finestra. Així doncs, podem detectar quan hi ha contacte entre els dos imants (és a dir, la porta o finestra està tancada) o no hi ha contacte (és a dir, la porta o finestra està oberta). Aquests imants es connecten al kit de sensors per mitjà de cables.

La Taula 1 llista les característiques dels sensors utilitzats en el nostre kit que es poden veure organitzats a nivell de disseny a la Figura 5.

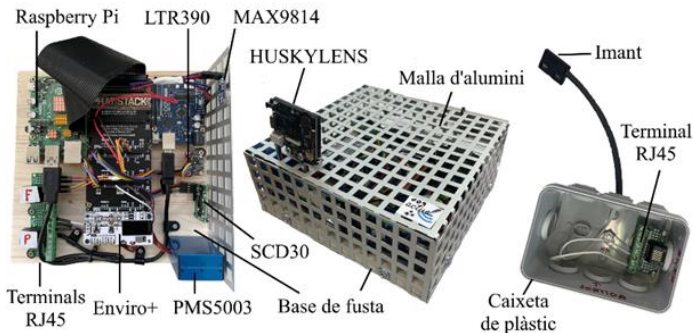


Figura 5. Components físics del kit de sensors.

¹ Les partícules PM (particulate matter, en anglès) inclouen substàncies químiques orgàniques, pols, metalls, etc., i són un dels principals contaminants de l'aire. Es classifiquen en categories segons la mida. PM_x es refereix a la fracció de partícules amb mida per sota de x micròmetres.

Taula 1 Característiques dels sensors del kit.

Sensor	Fabricant	Variable	Unitat	Precisió
Enviro+	Pimoroni	Temperatura	°C	± 1°C
		Humitat relativa	%	± 3%
		Pressió atmosfèrica	hPa	± 1% hPa
		Lluminositat	Lux	Depèn de la font
SCD30	Sensirion	Temperatura	°C	± 0.4°C
		Humitat relativa	%	± 3%
		Concentració de diòxid de carboni	ppm	± 30ppm
PMS5003	Adafruit	Concentració de partícules (PM ₁ , PM _{2.5} i PM ₁₀)	µg/m ³	± 10% entre rang [100-500] µg/m ³
LTR390	Adafruit	Lluminositat	Lux	≈ 25% dependent de la font
		Radiació UV	UVI	± 1 UVI
MAX9814	Adafruit	So	dB	± 1%
HUSKY-LENS	DFRobot	Quantitat de moviment	Índex numèric	Depèn de la lluminositat de l'entorn
Imant	RS Pro	Proximitat (obertura i tancament de portes i finestres)	Sí/No	Errors en distàncies properes a 1 cm



Com s'avalua el so i la quantitat de moviment de l'aula?

El nivell sonor i la detecció de moviment de les persones són factors rellevants en la propagació de virus per l'aire. És més probable que es propaguin virus en aules on els alumnes criden molt o es mouen molt respecte aules on els alumnes són més callats o interaccionen menys.

Com mesurem aquesta informació? Per una banda, utilitzem un micròfon per mesurar el nivell de so de l'aula i, per altra banda, utilitzem una càmera per detectar el moviment de l'aula. Com que els reglaments de protecció de dades i la privadesa de les persones són fonamentals per nosaltres, el sistema mai enregistra, desa o envia cap mena d'àudio, veus, imatges ni vídeos. En aquest sentit, el kit només calcula i enregistra el nivell sonor a l'aula en decibels, i si hi ha hagut moviment de les persones dins l'aula utilitzant tècniques d'intel·ligència artificial. Per tant, el professorat i l'alumnat no han de tenir la percepció de ser “vigilats”.

Per certificar aquests aspectes, el projecte va rebre l'autorització del Comitè d'Ètica de la Universitat Rovira i Virgili i del Departament d'Educació de la Generalitat de

Fins on nosaltres sabem, no existeix cap altre kit de sensors al món que mesuri totes aquestes dades de manera conjunta. Dit d'una altra manera, sense el kit de sensors del sistema ACTUA, caldria tenir tota una colla de dispositius desplegat per l'aula (ja siguin quatre, cinc, sis...) per conèixer la mateixa informació. A més de ser bastant aparatós, cada dispositiu, cadascun molt probablement d'un fabricant diferent, tindria la seva pròpia eina de configuració, visualització i descàrrega de dades. Gràcies al sistema ACTUA, totes les dades es poden visualitzar des de la

mateixa aplicació web (explicada més endavant). No obstant, el nostre kit s'allunya molt de dispositius professionals que utilitzen sensors d'alta precisió (els quals poden arribar a valdre centenars o milers d'euros per si sols!). En conseqüència, les dades recollides pels kits del sistema ACTUA tindran un nivell d'incertesa que cal tenir en compte a l'hora d'analitzar les dades.

A més a més, amb l'objectiu de facilitar l'ús del kit, aquest s'ha dissenyat segons el principi *plug & play* (“connectar i funcionar”). És a dir, una vegada s'endolla el kit al corrent elèctric i a Internet, aquest comença a funcionar automàticament. Aquesta funcionalitat és molt important pels mestres. Si el kit es queda en un estat inconsistent (incapaç de connectar-se a Internet o amb algun error intern de programari), els mestres poden reiniciar el kit fàcilment desendollant-lo i tornant-lo a endollar al corrent elèctric.

Per concloure, com que els kits han d'estar funcionant de manera ininterrompuda i autònoma durant bastants mesos, cal que siguin resistents davant fallides (caigudes del corrent elèctric o d'Internet) i del dia a dia de les escoles. Els kits poden trobar-se en escenaris molt diferents: ciutats, pobles, aules amb més o menys alumnes, aules amb alumnes més grans o més petits, escoles més modernes o més antigues, escoles amb millor o pitjor cobertura d'Internet, etc. Per verificar tot això, la prova pilot a les escoles, explicada en el capítol següent (“Prova pilot a les escoles”), ha estat un repte molt important. Segons això, es podria veure si seria viable fer un desplegament massiu d'aquests dispositius a les aules de tot el territori català.

L'aplicació web

El sistema ACTUA es gestiona mitjançant una aplicació web, que ha estat programada expressament per les finalitats d'aquest projecte. Des d'aquesta aplicació, els usuaris poden interaccionar amb el sistema i accedir als continguts i a les funcionalitats que corresponguin al seu perfil d'usuari. Aquesta aplicació no és accessible a tothom, sinó que els usuaris han d'accedir-hi mitjançant un nom d'usuari i una contrasenya.

A través d'aquesta aplicació, l'equip docent de l'escola té al seu abast totes les dades que recullen els kits de sensors que estan ubicats a la seva escola. La informació es pot visualitzar gairebé en temps real (amb unes poques hores de decalatge), i es pot tenir un històric de l'evolució de les variables contextuals. A més, aquestes dades es poden descarregar en format Excel.

En aquest sentit, aquesta aplicació és un *win-win*, tant per la recerca del projecte ACTUA com per les escoles. A més de ser-nos útil per estudiar la transmissibilitat dels virus, les escoles poden emprar aquestes dades per seguir les condicions de les seves aules (per exemple, per detectar temperatures molt elevades o nivells de soroll alts). A més a més, els mestres també poden aprofitar les dades reals de la pròpia aula amb finalitats docents: per exemple, per explicar conceptes bàsics de variables físiques (temperatura) a alumnes més joves o d'estadística (mitjanes, rangs...) a alumnes més grans.

El disseny de la interfície web s'ha fet buscant un ús simple i intuïtiu. Una vegada l'usuari hi accedeix amb el seu nom d'usuari i contrasenya, troba una miniatura de les aules que té permís per veure (Figura 6). Mentre que els mestres només poden veure la seva aula, els directors poden veure totes les aules de la seva escola. Aquesta pantalla serveix per veure si la monitorització de les aules està funcionant correctament. Si tot va bé, apareixen textos en verd, com a la Figura 6, indicant que el kit s'està connectant correctament al servidor cada pocs minuts i que s'han enviat les dades recentment. Si la monitorització estigués fallant perquè el kit ha quedat en un estat inconsistent, els textos apareixerien en vermell i, conseqüentment, caldria reiniciar el kit. Si passés això, els mestres també reben un e-mail demanant que realitzin aquesta acció.

Per conèixer informació més detallada de la monitorització d'una aula, només cal fer clic sobre la miniatura que es desitgi. A la nova pantalla, l'usuari pot veure diverses coses (Figura 7). A la part superior,

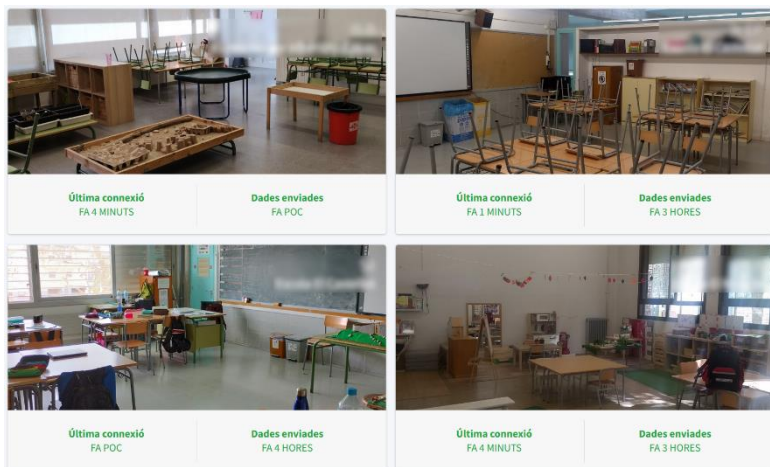


Figura 6. Miniatures de les aules que veu un usuari a l'aplicació web.

apareixen uns blocs de color blau mostrant les dades més recents disponibles de les principals variables contextuals: temperatura, humitat relativa, pressió atmosfèrica, concentració de diòxid de carboni, concentració de partícules $PM_{2.5}$ i nivell de soroll. Cal fer notar que aquestes dades no tenen per què ser les d'aquell instant, sinó que poden ser de les últimes hores. A partir d'aquí, els usuaris poden generar gràfiques simples per veure l'evolució en el temps de qualsevol de les variables recollides. Per exemple, a la Figura 7 es pot veure l'evolució de la concentració de diòxid de carboni al llarg de tres setmanes. Els increments d'aquesta variable poden usar-se per indicar la presència de persones a l'aula. Ara bé, el valor màxim dependrà de la quantitat de persones o de la ventilació de l'aula, entre d'altres. Per acabar, a la part inferior de la pantalla, l'usuari pot veure els darrers qüestionaris de salut, explicats a continuació, que s'han enviat per aquella aula.

Els qüestionaris de salut

Com hem introduït anteriorment, les dades contextuals proporcionades pels kits de sensors no són les úniques necessàries en el projecte. Les

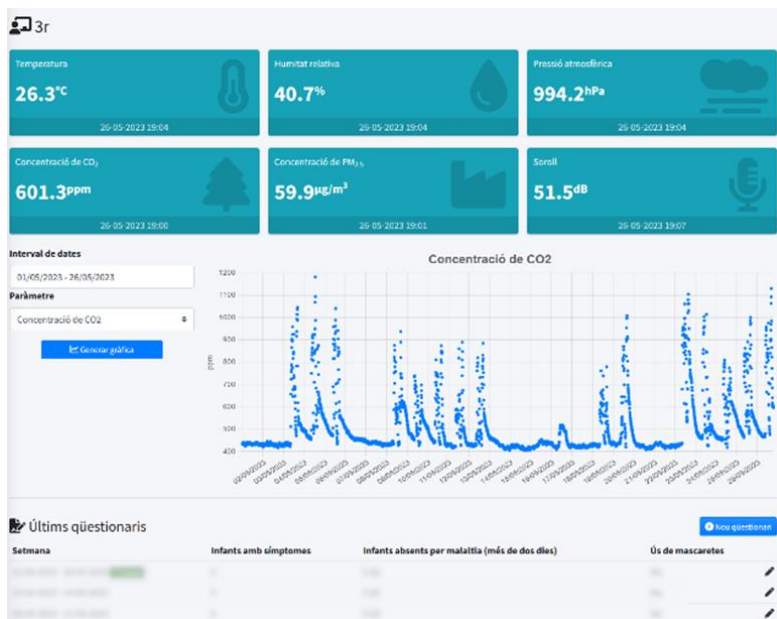


Figura 7. Visualització del detall de la monitorització d'una aula.

dades de salut són també primordials per tal d'estudiar la transmissibilitat de virus respiratoris dins les aules.

Aquesta informació és emplenada setmanalment pel mestre responsable de cada aula a través d'un qüestionari web. Per a facilitar aquesta tasca, hem dissenyat el qüestionari que mostrem a continuació per a que pugui ser respost de la manera més fàcil i ràpida possible. Per temes de protecció de dades, el qüestionari no recull informació personal ni individualitzada, sinó només dades resumides i agregades de l'estat de salut del grup d'aquella setmana. Es demana principalment conèixer el nombre d'infants que han mostrat algun símptoma clar de malaltia vírica respiratòria, el nombre d'infants que no han assistit a classe (i, si es coneix, la tipologia del motiu d'absència), la proporció d'infants que duen mascareta a classe i l'estat de salut del docent. A més, proporcionem una caixa de text lliure on el mestre pot escriure informació addicional que

pugui ser d'interès (detalls de salut, sensació de benestar a l'aula, si hi ha hagut dies festius a l'escola, excursions o colònies, etc.).

Per a facilitar respondre aquests qüestionaris, cada divendres al matí els mestres reben un correu electrònic amb l'enllaç que els redirigeix directament al qüestionari d'aquella setmana. D'aquesta manera, no és necessari entrar a l'aplicació web per realitzar aquesta tasca. El procés és, per tant, ràpid i eficient.

QÜESTIONARI DE SALUT SETMANAL

1) Aquesta setmana, quants infants a classe han mostrat algun símptoma clar de malaltia vírica respiratòria (mocs, esternuts, tos, refredat, febre...)? ____

2) Dels infants que NO han assistit a classe, poseu el nombre segons el motiu:

____ infants per malaltia vírica respiratòria

____ infants per altres motius

____ infants per motius que desconec

2.1) Dels X infants que NO han assistit a classe per malaltia vírica respiratòria, quants han faltat 2 o més dies? ____

3) Els infants duen mascaretes dins l'aula?

No Alguns La majoria Tots

4) Estat de salut del mestre, aquesta setmana:

No he tingut símptomes de naturalesa vírica respiratòria

Sí, he tingut símptomes

Prefereixo no dir-ho

5) Caixa de text per afegir-hi comentaris (*opcional*)

PROVA PILOT A LES ESCOLES

La recerca dins l'àmbit de l'enginyeria (informàtica, química, mecànica...) es pot aplicar a multitud d'escenaris. La majoria de projectes de recerca que es duen a terme a les universitats resulten en articles científics, els quals proposen models, arquitectures, teories, etc. ben fonamentats des d'una perspectiva teòrica. Aquestes propostes, de l'anomenada literatura científica, presenten una anàlisi del disseny de la solució proposada i, algunes d'elles, alguna implementació en forma de prototip. En canvi, passar de l'article científic a la realitat (dit d'una altra manera, "del laboratori al carrer") implica un seguit de reptes que poc s'imaginem en la fase de disseny o d'implementació. En aquest sentit, al projecte ACTUA hem tingut l'oportunitat de dur la nostra tecnologia a les escoles i als docents per mitjà d'una prova pilot.

La prova pilot del projecte ACTUA s'està duent a terme des de l'estiu del 2022, la qual cosa ens ha permès recollir dades durant el curs acadèmic 2022/23 i, actualment, durant el curs 2023/24. Tanmateix, la idea és ampliar la recollida de dades el màxim possible per a poder realitzar anàlisis estadístiques més robustes. Més enllà dels resultats empírics de la transmissibilitat de virus, el projecte també té una vessant social. Per tant, el que es pretén amb la prova pilot és, més enllà de validar tècnicament la solució, esbrinar si l'eina proposada és d'interès per les escoles. Concretament, els objectius de la prova pilot són els següents:



1

Validar la **tecnologia** del sistema ACTUA en un entorn real.

Identificar els **reptes del desplegament** d'un sistema de monitorització, com l'ACTUA, a les aules.

2

3 **Monitoritzar** aules d'educació infantil i primària d'arreu de Catalunya de diferent tipologia (localització, grandària, factors socioeconòmics...).

Avaluar la **utilitat** del sistema ACTUA segons la perspectiva del personal docent, tant dels mestres com de l'equip directiu.

4

5 Avaluar el procés de recollida de dades de salut mitjançant els **qüestionaris de salut** setmanals.

Estudiar la **influència** del context de les aules en la transmissió de virus respiratoris. Aquest objectiu, però, s'entén a llarg termini després d'una recollida extensa de dades.

6

Mostra d'escoles

Per aconseguir escoles voluntàries, ens hem posat en contacte amb totes les escoles de Catalunya a través del correu electrònic del centre. Per fer un estudi acurat i estadísticament significatiu, idealment hauríem de tenir una mostra representativa de totes les escoles catalanes. Això implica aconseguir escoles repartides per les diferents comarques, de diferents mides, de nuclis urbans i rurals, de diferents regions socioeconòmiques, etc. No obstant, tot i la insistència contactant els centres, vam adonar-nos de la gran dificultat d'aconseguir escoles que volguessin participar. Per aquest motiu, vam haver de ser flexibles amb els criteris de participació, i involucrar totes aquelles escoles que mostressin interès en el projecte.

Durant aquest temps, hem aconseguit monitoritzar un total de 122 aules repartides en 44 escoles. Les característiques principals d'aquestes escoles i d'aquestes aules es detallen a la Figura 8.

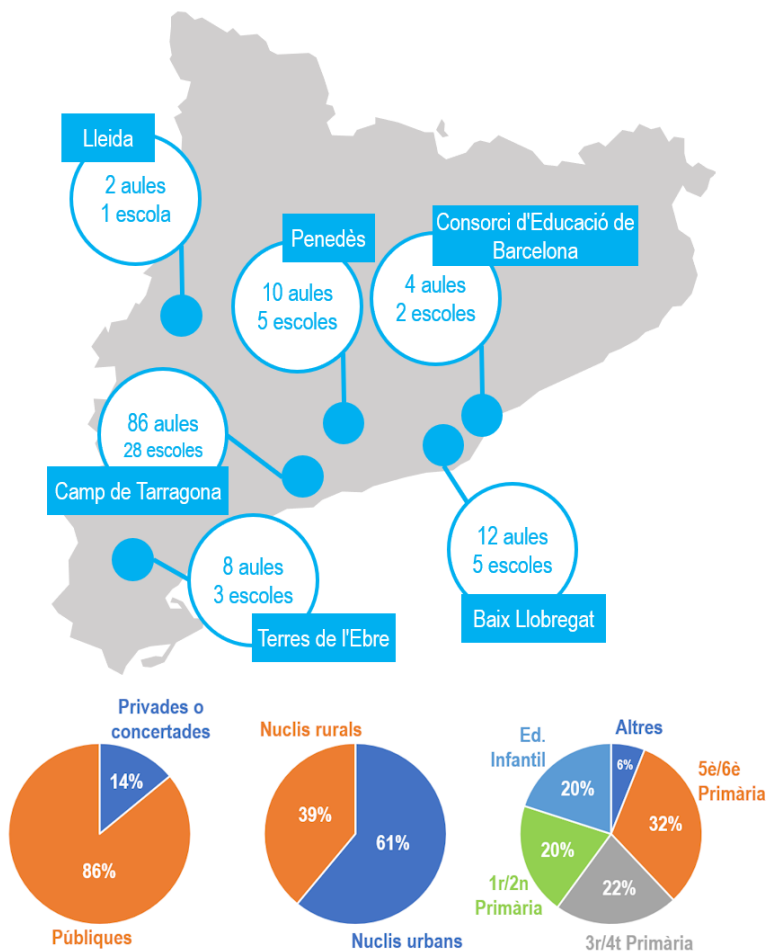


Figura 8. Distribució per serveis territorials (dalt) i tipologia (baix) de les escoles participants en el projecte ACTUA.

Procés d'instal·lació del kit a l'aula

La intervenció a l'aula per instal·lar-hi el kit de sensors és ràpida i mínimament intrusiva, i es descriu a la Figura 9. Aquestes intervencions s'han realitzat amb l'aula buida d'alumnes. En molts casos, la instal·lació s'ha dut a terme als migdies, quan els alumnes estaven dinant, o durant els períodes no lectius. En general, la instal·lació de cada kit es realitza en uns 30-45 minuts. Això implica tota una colla de reptes que cal tenir prèviament identificats amb un pla d'actuació per cadascun d'ells.

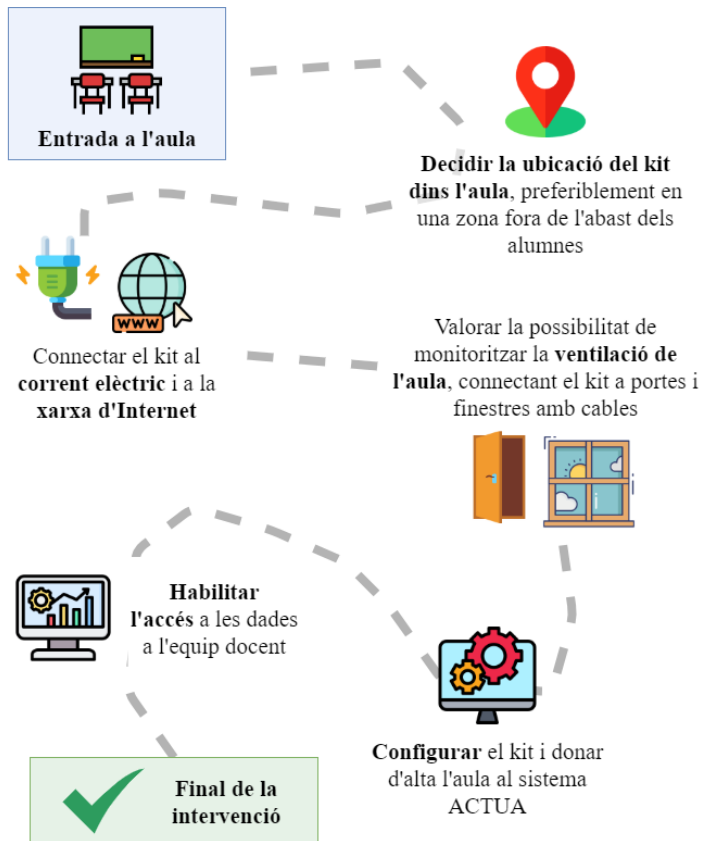


Figura 9. Resum del procés d'instal·lació d'un kit a una aula.



Com funciona la monitorització de la ventilació?

Conèixer si l'aula està sent ventilada o no pot ser un factor important per entendre la transmissibilitat de virus dins l'aula. Idealment, caldria tenir un sensor a cada porta i finestra de l'aula que indiqués si aquesta està oberta o tancada (per exemple, un imant). Ara bé, el cost d'aconseguir això seria molt elevat. Per aquest motiu, s'ha simplificat l'esquema i s'opta per monitoritzar, com a molt, la porta principal i una de les finestres de l'aula.

La instal·lació d'aquests sensors és, a diferència dels sensors que hi ha dins del kit, més intrusiva. Cal passar un cable des del kit fins a la porta i la finestra. Aquests cables no poden deixar-se a l'abast dels alumnes, sinó que cal passar-los per darrere del mobiliari, canaletes o fals sostre de l'aula. Aquesta tasca pren molt de temps, que va en contra dels principis bàsics de les intervencions que volem fer.

Per aquest motiu, hem hagut de ser pràctics i sacrificar recollir aquesta informació en algunes aules, i només monitoritzar aquelles portes o finestres que estan relativament prop del kit (a un parell de metres màxim). Estem capturant aquesta informació en un terç de les aules monitoritzades.

Resposta dels qüestionaris de salut

Respondre els qüestionaris de salut és fonamental per aquesta recerca. Sense ells no seria possible l'estudi de les correlacions que es pretenen estudiar. Per aquest motiu, és absolutament essencial assegurar-se que els mestres van respondre els qüestionaris cada setmana.

Durant el curs 2022/23, la taxa de resposta dels qüestionaris de salut ha estat força bona (al voltant del 92%), la qual cosa ens ha permès iniciar l'estudi detallat de les correlacions entre les variables contextuals i les dades epidemiològiques. A més, el 75% d'aquests qüestionaris es van respondre el mateix divendres que se'ls demana als mestres o durant el cap de setmana. Aquesta rapidesa en aportar les dades d'aquella setmana afavoreix la fiabilitat d'aquestes.

Cal destacar que aquesta tendència s'ha anat mantenint al llarg del curs, tot i que el nombre d'aules monitoritzades (i, per tant, de mestres a respondre qüestionaris) anava creixent. Per tant, valorem la implicació dels mestres en el projecte com molt positiva.



Qüestionaris de salut que s'han respost



Qüestionaris de salut que s'han respost en menys de 48h

Acceptació del sistema ACTUA

Una vegada conclòs el curs 2022/23, s'ha validat l'acceptació del sistema ACTUA entre tot el personal docent que ha format part de la prova pilot durant el curs. L'objectiu principal d'aquesta validació és comprovar si les dades recollides i la recerca que s'està duent a terme són d'interès, i si el sistema tècnic desenvolupat és l'adequat des del punt de vista dels docents.

S'han dut a terme dues enquestes ben diferenciades: una pels mestres, els quals han estat més en contacte amb la tecnologia dins de les seves aules, i una altra pels equips directius de les escoles, els quals han estat més en contacte amb les dades i del coneixement que se'n pot derivar d'elles.

Enquesta de satisfacció dels mestres

Els mestres han sigut els responsables de tenir el kit de sensors a la seva aula i de respondre els qüestionaris de salut cada setmana. Atès que la seva interacció amb el sistema és continu, és fonamental recollir el seu punt de vista. La seva visió és del tot rellevant a l'hora de plantejar un futur desplegament massiu d'aquesta tecnologia (o de qualsevol sistema de monitorització semblant) a les aules.

ENQUESTA DE SATISFACCIÓ DELS MESTRES

Qualifiqui de l'1 (gens d'acord) al 5 (molt d'acord):

- 1) He omplert el qüestionari de salut de la meua aula cada setmana.
- 2) Respondre el qüestionari cada setmana no m'ha suposat un inconvenient/molèstia.
- 3) El nombre i tipus de preguntes del qüestionari són adients.
- 4) Em veuria capaç de respondre el qüestionari cada dia (en lloc de cada setmana).
- 5) La recollida de dades sobre salut hauria de recaure en les famílies, que disposarien d'una app per comunicar absències per malaltia tan bon punt es produeixen i indicar quan l'infant torna a l'escola.
- 6) El kit ha suposat un element de distracció o molèstia per als alumnes.
- 7) Estar al cas del funcionament del kit no m'ha pres temps d'altres tasques que tinc com a mestre/a.

(continua)

8) Crec útil monitoritzar el context de les aules (temperatura, humitat, diòxid de carboni, soroll...) per derivar-ne altre coneixement (temes de salut, processos d'aprenentatge, estrès...).

9) Crec important ensenyar les dades del context de les aules (temperatura, humitat, diòxid de carboni, soroll...) a tothom a través de la pàgina web de l'escola.

10) La meua valoració global sobre la participació en el projecte és positiva.

Vam rebre resposta per part del 85% del professorat enquestat (de manera anònima). A partir de les seves respostes, ressaltem les següents conclusions:



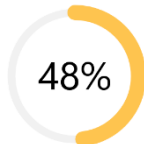
87%

indica que ha anat responent el qüestionari de salut setmanalment.



86%

considera que respondre el qüestionari de salut no ha suposat un gran inconvenient, i que el nombre i tipus de preguntes realitzades són adients.



48%

no es veuria capaç de respondre el qüestionari de salut diàriament. Únicament un 30% està convençut que ho podria fer.



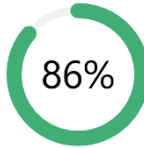
57%

pensa que les famílies haurien de ser les encarregades de reportar les dades de salut.



94%

opina que el kit de sensors no ha sigut un element de distracció dins de l'aula per l'alumnat.



86%

afirma que estar al cas del funcionament del kit de sensors no els hi ha pres temps de les seves tasques docents.



92%

creu que les dades obtingues podrien estudiar-se per altres finalitats, més enllà de la propagació de virus com, per exemple, millorar els processos d'aprenentatge dels estudiants.



93%

dels mestres ha valorat positivament la seva participació en el projecte

Vists els resultats, creiem que el sistema ACTUA ha estat ben rebut per part dels mestres i pot tenir cabuda a les aules si es pogués desplegar a molta gran escala. En general, veiem acceptació per part del professorat, especialment a l'hora d'introduir tecnologia a les aules si pot ajudar positivament a la seva tasca del dia a dia.

Enquesta de satisfacció del director o directora

Tot i que els directors o altres membres de l'equip directiu tenen una interacció menor amb el sistema ACTUA, aquests tenen una visió més genèrica del potencial ús i impacte que aquest pot tenir (o qualsevol sistema de monitorització semblant) dins les escoles a mitjà o llarg termini.

ENQUESTA DE SATISFACCIÓ DELS DIRECTORS

Qualifiqui de l'1 (gens d'acord) al 5 (molt d'acord):

- 1) Crec útil monitoritzar les dades de context de les aules (temperatura, humitat, diòxid de carboni, soroll...).
- 2) Penso que aquestes dades poden ajudar-nos a millorar les escoles i les seves aules (condicions de treball, processos d'aprenentatge, etc.).
- 3) Seria interessant fer públiques les dades de context de les aules (per exemple, penjar-les a la pàgina web del centre).
- 4) Penso que les aules juguen un rol important en la transmissió de virus.
- 5) He utilitzat (o utilitzaré) aquestes dades per millorar les condicions de l'escola/les aules.
- 6) He anat seguint l'evolució de les dades a través de la pàgina web de l'ACTUA.
- 7) Tenir sistemes de monitorització, com l'ACTUA, a les aules són importants per les escoles del futur.
- 8) Si ara vingués una altra pandèmia, penso que les escoles i les aules estan més ben preparades.
- 9) Si ara vingués una altra pandèmia, penso que un sistema com l'ACTUA ens ajudaria a monitoritzar/preveure contagis.
- 10) La meva valoració global sobre la participació en el projecte és positiva.

Vam rebre resposta per part del 90% dels directors enquestats (de manera anònima). A partir de les respostes obtingudes, destaquem el següent:



considera útil monitoritzar el context de les aules per tal d'ajudar a millorar els processos i condicions de les escoles i les seves aules.



ha utilitzat (o utilitzarà) aquestes dades per millorar les condicions de les aules o de l'escola.



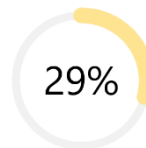
opina que seria interessant publicar les dades contextuais recollides, especialment les de temperatura i de soroll (segons especifiquen).



ha anat seguint les dades contextuais a través de l'aplicació web de manera periòdica.



creu que les aules juguen un rol important en la transmissibilitat de virus. D'aquesta manera, monitoritzar els factors de risc és d'alta importància.



pensa que les aules estan més ben preparades si ara vingués una altra pandèmia.



opina que una eina de monitorització, com el sistema ACTUA, ajudaria a monitoritzar o preveure contagis en una hipotètica pandèmia.



dels directors ha valorat positivament la seva participació en el projecte

Les dades reportades indiquen que les direccions de les escoles participants perceben que les eines de monitorització contextual serien útils davant possibles altres pandèmies, atesa la inadequació de les aules. Consideren que tota la informació que se'ls facilita els és útil, no només per fer seguiment de la transmissibilitat de virus de la classe, sinó també per millorar les condicions de treball dels docents i els infants.

CONCLUSIONS

El projecte ACTUA promou la millora de la qualitat de les escoles i les aules d'educació infantil i primària per mitjà de la recollida i anàlisi de dades de context. Aquestes dades, si bé poden estudiar-se des d'un punt de vista epidemiològic (com és el cas específic del projecte ACTUA), també podrien aplicar-se a altres àmbits com, per exemple, als processos d'aprenentatge, la capacitat de concentració de l'alumnat, condicions de treball o l'estrès dels docents.

Els sistemes de monitorització contínua, com el que hem proposat en aquest projecte, permeten capturar informació contextual avançada i estudiar correlacions que no són òbvies d'entrada amb, per exemple, dades de salut. A partir d'aquí, aquests sistemes poden convertir-se en eines de predicció i/o prevenció d'esdeveniments. És d'esperar que, en el futur, aquests sistemes s'estenguin a gran escala arreu del territori per aconseguir unes aules més eficients, segures i intel·ligents. Tot i l'aproximació inicial proposada dins del sistema ACTUA, la Internet de les Coses, la Intel·ligència Artificial i els sistemes de visió avançats jugaran un paper molt important a l'hora d'explorar les possibilitats d'aquest entorn.

Des d'un punt de vista tecnològic, per mitjà del desplegament dels kits de sensors a més d'un centenar d'aules de Catalunya, hem comprovat que el sistema ACTUA és totalment factible i robust. No obstant, ens hem adonat que la instal·lació d'aquests dispositius a les aules no és trivial. On col·locar el kit de sensors, on hi ha les connexions a l'aula o la qualitat de la infraestructura elèctrica o d'Internet són factors clau que poden dificultar la col·locació d'aquests sensors. També, el cablejat pot, a vegades, ser un hàndicap. Coneixent aquests factors a dia d'avui, el projecte també ens suggereix que seria interessant dissenyar les aules del futur pensant en la seva adequació per la integració de sistemes intel·ligents de monitorització del context. A la vegada, podem veure certs punts de millora en el nostre kit. Per exemple, el sistema de detecció de moviment podria millorar-se si s'apliquessin altres tècniques de visió més avançades usant múltiples càmeres sense fil distribuïdes per l'aula (per anàlisi in situ de la imatge sense enregistrament). En relació a

capturar la informació de la ventilació, sabent les dificultats existents per cablejar l'aula per arribar a les portes i finestres, seria convenient utilitzar algun sensor sense fils que funcionés amb una petita bateria. Això permetria connectar tots els elements de manera més ràpida.

A nivell social, creiem que el sistema ACTUA beneficia les escoles perquè contribueix a millorar el dia a dia del professorat i de l'alumnat. La monitorització autònoma de dades contextuais permetria detectar de manera precoç i suggerir plans d'actuació davant possibles pics de malalties respiratòries. Així doncs, els mestres podran concentrar esforços en realitzar les seves tasques de la millor manera possible. El sistema ACTUA pot permetre minimitzar la transmissió de virus dins l'aula, contribuint a millorar la salut i la qualitat de vida de tothom. Addicionalment, el sistema ACTUA ha permès als directors fer un seguiment de les seves aules, posant a la seva disposició una base de dades de paràmetres objectius mesurats de forma contínua. Conscienciar als equips docents i les autoritats educatives dels beneficis d'aquest tipus de sistemes esdevindrà primordial en els propers anys.

Un ús generalitzat d'aquesta tecnologia és prometedor, la qual cosa obre la porta a tota una colla de reptes i oportunitats futures. Pensant a gran escala, seria interessant avaluar si escoles properes o escoles amb característiques similars es comporten de manera similar: per exemple, quan una escola té molts contagis, l'escola més propera també en té? A partir d'aquí, es podria crear una súper-xarxa de sensors entre escoles, que detectarien situacions adverses i s'alertarien automàticament entre elles per anticipar-se a aquests fets i reduir-ne les possibles conseqüències. Aquesta anticipació suposaria una millora en el benestar de les persones a l'escola.

PUBLICACIONS DEL PROJECTE

- E. BATISTA, O. VILLANOVA, J. ROSELL-LLOMPART, F. J. HUERA-HUARTE, A. MARTÍNEZ-BALLESTÉ, AND A. SOLANAS, “*On the Deployment of Low-Cost Sensors to Enable Context-Aware Smart Classrooms*”, in the 10th International Conference on Applications in Electronics Pervading Industry, Environment and Society (ApplePies 2022), Genoa, Italy. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol. 1036 (eds: R. Berta, A. De Gloria), Springer, September 2022. doi: 10.1007/978-3-031-30333-3_45
- O. VILLANOVA, E. BATISTA, A. SOLANAS, A. MARTÍNEZ-BALLESTÉ, F. J. HUERA-HUARTE, A. FABREGAT, A. VERNET, AND J. ROSELL-LLOMPART, “*Sensing kit for the study of respiratory disease transmission in school classrooms*”, in the 11th International Aerosol Conference (IAC 2022), pp. 825, Athens, Greece, September 2022.
- DIARI DIGITAL DE LA UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI, “*Un estudi de la URV monitora les aules per avaluar la transmissió de virus entre infants*”, 29 de març de 2023. <https://diaridigital.urv.cat/un-estudi-de-la-urv-monitora-les-aules-per-avaluar-la-transmissio-de-virus-entre-infants/>
- J. ROSELL-LLOMPART, ENTREVISTA PER A. OLLÉS, “*Aules més segures contra els virus respiratoris*”, Revista Fet a Tarragona, núm. 59, pp. 59-60, Maig-Juny 2023.
- E. BATISTA, A. MARTÍNEZ-BALLESTÉ, J. ROSELL-LLOMPART, AND A. SOLANAS, “*Towards Context-Aware Classrooms: Lessons Learnt from the ACTUA project*”, in the 11th International Conference on Applications in Electronics Pervading Industry, Environment and Society (ApplePies 2023), Genoa, Italy. September 2023 (pendent de publicació)

AGRAÏMENTS

Escoles participants (a setembre de 2023)

Col·legi Claret · Valls	Col·legi Claver · Raimat
Col·legi Nou Patufet	Col·legi Sant Rafael
Col·legi Teresià · Tortosa	Escola Antoni Roig
Escola Baltasar Segú	Escola Can Salvi
Escola Cèsar August	Escola de Pràctiques
Escola Doctor Alberich i Casas	Escola Divina Pastora
Escola El Castellot	Escola El Miracle
Escola Eladi Homs	Escola Eugeni d'Ors
Escola Guillem Fortuny	Escola Jacint Verdaguer
Escola Joan XXIII	Escola Josep M. Soler i Gené
Escola Josep Maria Madorell	Escola Josep Nin
Escola Josep Veciana	Escola L'Estel
Escola La Canaleta	Escola La Canonja
Escola La Floresta	Escola La Muntanyeta
Escola La Parellada	Escola La Pineda
Escola La Portalada	Escola Lluís Vives
Escola Misericòrdia	Escola Montoliu
Escola Mossèn Ramon Bergadà	Escola Pax
Escola Saavedra	Escola Salvador Espriu
Escola Sant Bernat Calvó	Escola Sant Francesc d'Assís
Escola Sant Julià	Escola Ull del Vent
Escola Ventura Gassol	Fundació Llor

Membres de l'equip del projecte ACTUA

Equip investigador

Dr. Dieter-Thomas Boer	Dr. Albert Fabregat Sanjuan
Dr. Alexandre Fabregat Tomàs	Dr. Jaume Giralt Marcé
Dra. Mercè Gisbert Cervera	Dr. Jordi Grifoll Taverna
Dr. Francisco J. Huera Huarte	Dr. Laureano Jiménez Esteller
Dr. Antoni Martínez Ballesté	Dr. Josep M. Mateo Sanz
Dr. Ramon Palau Martin	Dr. Joan Rosell Llompart
Dr. Agustí Solanas Gómez	Dr. Anton Vernet Peña

Equip de treball

Dr. Edgar Batista de Frutos	Sr. Dídac Roda Pitarg
Sr. Bernat Sort Rufat	Sr. Oriol Villanova Llorens

Personal de suport

Dra. Laura Escorihuela Martí	Sr. José A. Negrete Rodríguez
------------------------------	-------------------------------

Projecte realitzat pel Departament d'Enginyeria Química, Departament d'Enginyeria Informàtica i Matemàtiques, Departament d'Enginyeria Mecànica i Departament de Pedagogia de la Universitat Rovira i Virgili (URV) i la Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA):



Amb el suport de l'ajut 2020PANDE00103 de la convocatòria PANDÈMIES 2020 de l'Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR), la Secretaria d'Universitats i Recerca del Departament d'Empresa i Coneixement de la Generalitat de Catalunya, i del Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya:



Icones fetes per Uniconlabs, DinosoftLabs, Flat Icons, Freepik, Georgy i dreamicons, mynamepong i amonrat rungreangfangsai de www.flaticon.com

En el projecte ACTUA s'ha estudiat la transmissió de virus respiratoris en aules d'educació infantil i primària de Catalunya, mitjançant l'anàlisi de correlacions entre paràmetres mesurables a través de sensors situats a les aules i la incidència de virus respiratoris en els alumnes i mestres. En la primera part d'aquest llibre es fa referència als aspectes de funcionalitat del sistema desenvolupat en el projecte. En la segona s'explica l'experiència de dur la tecnologia desenvolupada a les escoles a través de la prova pilot iniciada al curs acadèmic 2022/2023.

Amb el suport de

