

37^è

37^è
CICLE DE
CONFERÈNCIES
2021

100 ANYS DE LA INSULINA



100 ANYS DE LA CORONACIÓ DE
LA MARE DE DÉU DE MERITXELL



14ns Debats de recerca

Les noves tecnologies i la investigació científica

18 i 19 d'octubre del 2021



Sala d'actes de MoraBanc
Av. Meritxell, 96
Andorra la Vella



Govern d'Andorra

Societat Andorrana de Ciències

Data: 18 i 19 d'octubre del 2021
Lloc: Sala d'actes de MoraBanc
Av. Meritxell, 96 - Andorra la Vella

Aforament limitat, amb reserva prèvia obligatòria a l'adreça: sac@andorra.ad o al tel. 829 729

Els estudiants de la Universitat d'Andorra que assisteixin als Debats podran demanar el reconeixement de l'activitat com a crèdits de lliure elecció (6 hores). Es pot obtenir més informació a la mateixa Universitat.

Patrocini:
 **MORABANC**

Organitzat:
Ministeri d'Educació i Ensenyament Superior
Societat Andorrana de Ciències



Per a més informació:

Societat Andorrana de Ciències Centre Cultural La Lleiria C. Mossèn Cimo Vençuaquer, 4 Andorra la Vella Tel. 829 729 - www.sac.ad sac@andorra.ad	Ministeri d'Educació - Ensenyament Superior Av. Rocafort, 21-23 - Edifici El Molí Sant Julià de Lòria Tel. 743 300 www.ensenyamentisuperior.ad/recerca recerca@isvem.ad
---	--

DILLUNS 18 D'OCTUBRE

- 18.00 h Inauguració
Benjufada a càrrec de la Sra. Mireia Maestre i Cortadella, directora de comunicació i marca de MoraBanc
Presentació dels Debats de recerca a càrrec de la Sra. Àngels Macn i Buch, presidenta de la Societat Andorrana de Ciències
Inauguració oficial de la ministra d'Educació i Ensenyament Superior, M. I. Sra. Ester Viarribá Escalas
Presentació dels parents i del programa a càrrec del Dr. Alan Ward i Koock, coordinador dels 14ns Debats de recerca
- 18.20 h Conferència plenària. Les xarxes socials, la cibèrnica i l'investigador en temps de pandèmia
Dr. Jordi Ojeda i Rodríguez, doctor en enginyeria industrial i professor de la Universitat de Barcelona, al Departament d'Empresa de la Facultat d'Economia i Empresa
- 19.20 h Pausa
- 19.30 h L'ús de les tecnologies en l'àmbit educatiu
Dra. Virginia Larraz i Rada, doctora en educació i cap de l'Escola Internacional de Doctorat de la Universitat d'Andorra
- 19.50 h Rehabilitació avançada d'una canonada d'aigua potable mitjançant materials compostos
Sr. Ferran Gras i Travesset, enginyer i doctorand a l'IQOS School of Engineering de la Universitat Ramon Llull, Pla de Doctorats Industrials de la Generalitat de Catalunya-Agües de Barcelona
- 20.10 h Debat.

DIMARTS 19 D'OCTUBRE

- 18.00 h Benvinguda del coordinador
- 18.05 h L'ús i el potencial de les tecnologies emergents en el camp de la meteorologia i la climatologia
Dra. Laura Trepero i Bagu, doctora en física i Dr. Marc Pons i Pons, doctor en ciència i tecnologia per la sostenibilitat, Grup de Muntanya d'Andorra Recerca - Innovació
- 18.25 h L'òptica com a mitjà d'obtenció de dades meteorològiques
Sr. Guillem Martín i Bellido, llicenciat en ciències físiques, postgrau en meteorologia - PIB-MI de l'Organització Mundial de la Meteorologia (UNED-AEMET)
- 18.45 h Debat
- 18.55 h Pausa
- 19.05 h Increment de l'eficàcia legislativa a Andorra mitjançant tecnologies d'intel·ligència col·lectiva
Sr. Jordi Escalé i Cabré, politòleg i Investigador Independent en dret
- 19.25 h Mindfulness, realitat virtual i càncer. Què en podem dir?
Dra. Eva Bailles i Lázaro, doctora en psicologia per la Universitat Pompeu Fabra, Unitat d'Oncologia-Servei de Salut Mental de l'Hospital Nostra Senyora de Meritxell
- 19.45 h Debat
- 19.55 h Conclusions i cloenda

PONÈNCIA ESCRITA

Credencials anònimes enllaçables: com aplicar la identitat autogestionada a les votacions electròniques amb Blockchain i Smart Contracts
Sr. Francesc Garcia Grau, enginyer informàtic, màster en seguretat de les TIC i doctorand a la Universitat d'Andorra

Caracterització epigenètica dels cholangiocarcinomes
Sra. Winora Olivares i Díez, graduada en microbiologia, màster en bioinformàtica i doctoranda al Barcelona Supercomputing Center i Universitat de Barcelona

Sumari

Benvinguda als 14ns Debats de recerca

Mireia Maestre i Cortadella, directora de Comunicació i Marca de MoraBanc 182

Presentació dels 14ns Debats de recerca

Àngels Mach i Buch, presidenta de la Societat Andorrana de Ciències 183

Inauguració oficial

M. I. Sra. Ester Vilarrubla Escales, ministra d'Educació i Ensenyament Superior..... 185

Introducció

Alan Ward i Koeck, coordinador dels 14ns Debats de recerca 188

Les xarxes socials, la cibernetica i l'investigador en temps de pandèmia

Dr. Jordi Ojeda i Rodríguez, doctor enginyer industrial i professor de la Universitat de Barcelona, al Departament d'Empresa a la Facultat d'Economia i Empresa 191

L'ús de tecnologies des de l'àmbit educatiu

Dra. Virgínia Larraz i Rada, doctora en Educació i cap de l'Escola Internacional de Doctorat de la Universitat d'Andorra 199

Rehabilitació avançada d'una canonada d'aigua potable mitjançant materials compostos

Sr. Ferran Gras i Travesset, enginyer i doctorand a l'IQS School of Engineering - Universitat Ramon Llull. Pla de Doctorats Industrials de la Generalitat de Catalunya - Aigües de Barcelona 205

L'ús i el potencial de les tecnologies emergents en el camp de la meteorologia i la climatologia

Dra. Laura Traperó i Bagué, doctora en Física; Dr. Oriol Travesset i Baró, doctor en Sostenibilitat; Dr. Marc Pons i Pons, doctor en Ciència i Tecnologia per la Sostenibilitat. Grup de Muntanya d'Andorra Recerca + Innovació 221

L'òptica com a mitjà d'obtenció de dades meteorològiques

Sr. Guillem Martin i Bellido, diplomad en Ciències Físiques, postgrau en meteorologia PIB-M de l'Organització Mundial de la Meteorologia (UNED-AEMET) 227

Sobre l'ús de les noves tecnologies per millorar l'eficàcia de les normes

Sr. Cerni Escalé i Cabré, polítolèg i investigador independent en Dret 232

Mindfulness, realitat virtual i càncer. Què en podem dir?

Dra. Eva Baillès i Lázaro, doctora en Psicologia per la Universitat Pompeu Fabra
Unitat d'oncologia. Servei de Salut Mental. Hospital Nostra Senyora de Meritxell 238

Credencials anònimes enllaçables: com aplicar la identitat autogestionada a les votacions electròniques amb cadena de blocs 'blockchain' i 'smart contracts'

Sr. Francesc Garcia i Grau, enginyer informàtic, màster en Seguretat
de les TIC i doctorand a l'Universitat d'Andorra 246

Caracterització epigenètica dels colangiocarcinomes

Sra. Winona Oliveros i Díez, graduada en Microbiologia, màster en Bioinformàtica
i doctoranda al Transcriptomics and Functional Genomics Lab del Barcelona
Supercomputing Center-Universitat de Barcelona 268

Conclusions i cloenda

Dr. Alan Ward i Koeck, coordinador dels 14ns Debats de recerca 274

Recull d'imatges





Benvinguda



**Mireia Mestre
i Cortadella**

*Directora de Comunicació i
Marca de MoraBanc*

Molt Il·lustre ministra, presidenta, senyores i senyors,
Bona tarda i benvinguts a la sala d'actes de MoraBanc que, un any més, acull els Debats de recerca de la Societat Andorrana de Ciències.

És una iniciativa que en el parlament de benvinguda no ens cansarem de posar en valor perquè, en una societat on tot funciona a una velocitat desmesurada, i amb unes urgències que ja s'han convertit en part del nostre món, és més necessari que mai trobar espais de reflexió i de debat; amb propostes que ens permetin mirar com som, com canviem i què podem fer, per ser millors.

Els avanços socials, mèdics, culturals, econòmics, o de qualsevol tipus, no es fan realitat amb un tuit, o amb un titular push o uns comentaris anònims sense fonament. El que ens permet avançar com a país, com a societat, és fruit de l'anàlisi, l'estudi, la reflexió, el debat constructiu i la investigació.

Ara fa uns mesos que des de MoraBanc expliquem històries de persones que fan un país nou. El món canvia, i Andorra canvia. En la darrera història de "Fem un país nou", el protagonista apunta que l'important és que el canvi sigui per a millor. Amb això hi estem compromesos a MoraBanc, com també la SAC amb projectes com els Debats, donant llum i micròfons als investigadors i projectes que tenen darrere molta feina, sovint no suficientment reconeguda i que en molts casos milloraran la vida de tots.

Per això agraïm poder ser presents amb la SAC en aquests Debats, gràcies Àngels per tot el que feu, i gràcies als investigadors per la feina que porten a terme.

Per part nostra res més, només desitjar-vos que aquestes dues jornades siguin tan enriquidores com ho son sempre. Gràcies.

Presentació



Àngels Mach i Buch

*Presidenta de la Societat
Andorrana de Ciències*

Digníssimes autoritats, benvolgudes amigues i benvolguts amics, benvinguts tots,

Les noves tecnologies ens ajuden a tots a estar millor connectats amb persones situades en llocs allunyats, ens faciliten memòria i gestió de dades, i són cada cop més necessàries per moltes tasques de la vida diària, però també ens apropen a les fonts de coneixement.

Ja per aquesta raó, i perquè feien falta professionals a Andorra es va crear l'Escola Universitària d'Informàtica el 1988, que va esdevenir un dels puntals per a la creació de la Universitat d'Andorra el 1997.

Quan es van iniciar els Debats de recerca, en coorganització amb el Departament de Recerca l'any 2006, la intenció era donar a conèixer les investigacions en ciències experimentals dels investigadors andorrans i sobre Andorra, dins i fora del país. En el marc de les noves tecnologies que es tractaran en aquests 14ns Debats de recerca, ens trobem que són necessàries i emprades pels investigadors en un ampli ventall de disciplines molt diverses.

La pandèmia patida en tot el món des de finals del 2019 ha posat en relleu encara més les tecnologies que han permès poder treballar des de casa o fer reunions, conferències i altres actes en format telemàtic. Segur que ningú dubta de la seva utilitat.

En diversos actes realitzats per la SAC com 13a Diada andorrana a l'UCE a l'entorn de la formació i l'ensenyament a Andorra l'any 2000, les 15es Jornades sobre Quina formació per a la vida laboral el 2009 s'han tractat les TIC a Andorra. En el Cicle de conferències el conferenciant Jordi Ojeda ens havia ofert els seus coneixements tan diversos com l'anticipació Tecnològica en el còmic, a la Massana Còmic l'any 2000, dins el projecte de divulgació de la ciència anomenat Còmic, Ciència i Tecnologia; també en la producció automatitzada de processos industrials i robòtica, i en l'organització i gestió del temps de treball (2010). L'any 2012, Enric Trillas, catedràtic d'intel·ligència artificial i investigador del Centre Europeu de sistemes difusos de computació, en la seva conferència va

posar en relleu el trajecte des de les primeres màquines de calcular, la màquina analítica de Babbage i Ada Lovelace, la màquina de Turing, fins arribar als robots que trien i pleguen tovalloles i els drons, que aleshores encara eren una primícia. Per la seva rellevància a la junta directiva de la SAC es va crear la secció de Noves tecnologies l'any 2010, a càrrec del coordinador d'aquests Debats, l'Alan Ward.

La intel·ligència artificial s'ha utilitzat fins i tot en l'àmbit de la música en el que recentment s'ha pogut finalitzar la Desena Simfonia de Beethoven, anomenada "La inacabada", per commemorar el 250è aniversari del naixement del músic, i que es presentarà properament. Musicòlegs i IA han compost la peça a partir d'uns compassos i manuscrits incomplets, seguint la lògica dels algorismes, l'estil del compositor i la deducció.

En el transcurs de les 12 edicions anteriors dels Debats de recerca s'ha tractat i discutit sobre medi ambient, sobre canvi climàtic, sobre medicina, transferència tecnològica, paisatge, física i química, biociències i energia, més experimentals. Però també sobre recerca en l'àmbit més humanístic com en la llengua catalana, el talent humà, la recerca jurídica, la psicologia i la història.

La temàtica escollida enguany ens amplia la visió de com és utilitzada la tecnologia en la recerca en àmbits molt diversos, i junt amb el Departament de Recerca ens ha fet cercar els investigadors que dins i fora del país estan realitzant investigacions acadèmicament reconegudes. Ara tenim l'oportunitat de què ens posin al nostre abast el seu esforç per a donar a conèixer metodologia i resultats, i l'oportunitat per a debatre.

Agraïm la participació als ponents que ens presentaran els resultats de les seves recerques, al Ministeri d'Educació i Ensenyament Superior amb el que compartim el projecte dels Debats de recerca, i a MoraBanc pel seu acolliment i patrocini.

Inauguració



Ester Vilarrubla Escales

*Ministra d'Educació
i Ensenyament Superior*

Bona tarda a tothom,

Un any més tinc el plaer de participar en la inauguració dels Debats de recerca que, amb el títol *Les noves tecnologies i la investigació científica*, volen difondre la recerca que es desenvolupa sobre una disciplina tan complexa però alhora tan interessant com és la tecnologia i les seves implicacions.

Que arribem a la 14 edició, demostra el ferm compromís del Govern per impulsar i difondre activitats de recerca i fer visible la investigació que es desenvolupa dins i fora de les nostres fronteres. I és possible gràcies al treball conjunt amb la Societat Andorrana de Ciències i amb la col·laboració de MoraBanc.

Som conscients que sense investigació no hi ha progrés. La pandèmia, d'abast mundial, ha posat de manifest com n'és d'important la labor investigadora. Les vacunes que diversos països han desenvolupat en un temps rècord han permès que puguem tornar a viure amb una certa normalitat. Alhora, hem constatat com la comunitat científica és capaç de predir esdeveniments naturals com la reactivació del volcà *Cumbre Vieja* de l'illa de la Palma.

En aquest sentit, l'impuls de l'home per millorar ha estat i continua sent una qualitat intrínseca que ha permès que, des de temps pretèrits, s'hagin desenvolupat tot tipus d'avenços, d'entre els quals voldria destacar:

- La impremta. A la meitat del segle XIV, l'orfebre Gutenberg, prenent com a base tècniques i processos productius ja existents, va desenvolupar una màquina, amb tipus mòbils, capaç de fer varies còpies d'un llibre.
- Prèviament a la seva invenció, la producció d'un llibre manuscrit era un procés que podia durar anys, atès que quedava en mans de copistes, il·lustradors i enquadernadors. Gràcies a la impremta es va poder distribuir el coneixement i democratitzar el saber, i facilitar que el món es transformés radicalment.
- Per donar algunes xifres, entre 1400 i 1450, és a dir, durant la vida de Gutenberg anterior a la impremta, a tota Europa s'havien arribat a copiar al voltant de 20.000 llibres. Durant els 50 anys següents, se'n van imprimir entre 12 i 20 milions.

- L'aparició d'Internet, a la dècada dels 60 del segle passat i la seva democratització durant la dècada dels 90 ha creat un món completament diferent. La interconnectivitat mundial ens ha fet ciutadans del món. Actualment, a la xarxa de xarxes tot és present: el treball, el lleure, entre d'altres àmbits. La nostra identitat com a individus i com a societat va a cavall de la presència i de la virtualitat.

Per tant, l'abast global, però alhora local, de la tecnologia incideix en tots els sectors de la societat, inclosa la recerca.

Com hem canviat i com ens comportem ben diferentment des que tenim un telèfon intel·ligent a les nostres mans!

A Andorra s'han fet accions molt atractives i claus en aquesta línia, com donar connectivitat a la totalitat del territori, ja sigui a través de la xarxa fixa o de la xarxa mòbil.

En aquests moments estem en fase de desplegar el Pla de transformació digital que desenvolupa una estratègia que afectarà tots els sectors de la societat i que es recull en el full de ruta del Govern, H23. Això ajudarà el país a establir les bases d'un model digital els propers anys, que permetrà afrontar els grans reptes a mitjà i llarg termini que té Andorra i, també, fer-nos més resilients.

En l'àmbit de l'educació, la tecnologia també s'ha convertit en una eina clau per a alumnes i per a docents. En aquesta línia, des del Ministeri s'impulsen i es despleguen diverses iniciatives, com ara:

- La implementació dels estudis virtuals
- El desenvolupament de titulacions pròpies en aquest àmbit
- Assignatures com la robòtica, incorporades en el currículum de l'alumnat
- La implementació a les aules de dispositius mòbils com les tauletes
- El projecte *Competència digital de la ciutadania*
- etc.

La transformació digital, però, no s'ha de limitar a la formació, ha de garantir la seguretat en la tramesa de dades. En aquest sentit estem ara acabant d'implementar la tecnologia *Blockchain* per a la certificació de titulacions.

Acabo, i ho faig agraint l'esforç i la dedicació de tota la

comunitat investigadora que pacientment i de forma rigorosa treballa cada dia per millorar la qualitat de vida de la ciutadania; i, especialment, als investigadors i a les investigadores que durant els Debats presentareu els resultats de la vostra recerca.

Aquestes jornades són una magnífica ocasió per aprendre i per debatre entre tots i amb tots. Per això, us animo a què participeu activament en aquest fòrum.

Agraeixo sincerament a MoraBanc i a la SAC el treball conjunt que fem cada any.

Així doncs, dono per inaugurada la catorzena edició dels Debats de recerca.

Moltes gràcies.

Introducció



Dr. Alan Ward i Koeck

*Coordinador dels 14ns
Debats de recerca*

Aquesta catorzena edició dels Debats de recerca continua amb els mateixos objectius des dels seus inicis, els de permetre als investigadors d'Andorra trobar-se en un espai de debat i diàleg que els faciliti l'intercanvi d'idees. Així, es vol superar una de les majors dificultats que sempre han estat part de la recerca del nostre país, el fet que molts investigadors han de seguir la seva carrera a l'exterior. Aquesta necessitat ha estat, sens dubte, especialment manifest en el context de l'actual pandèmia de COVID-19.

Aprofitant l'experiència de l'any passat, en certa manera, enguany es presenta alguna innovació en comparació amb edicions anteriors. Tots hem conegut moments de confinament, d'aïllament cadascú dins un espai material més reduït, i això va afectar la recerca com en qualsevol altre àmbit de la societat humana. Una part de la solució, per la investigació també, va venir per l'aplicació de les noves tecnologies, en tots els seus aspectes: la comunicació amb altres investigadors a través del correu electrònic o de vídeo, accés a dades a través de les xarxes, etc. En aquest context, s'ha volgut centrar la temàtica dels Debats no en un àmbit concret del coneixement científic, sinó en l'ús de les noves tecnologies de manera transversal en tots els àmbits.

Malauradament, el temps material de la trobada i la diversitat de la investigació científica que es fa des d'Andorra o amb la participació de gent del nostre país no ens permet incloure aportacions de tantes especialitats com desitjaríem. Per això, ens hem hagut de centrar en alguns aspectes, començant amb la conferència plenària del Dr. Jordi Ojeda i Rodríguez. Doctor en Enginyeria Industrial, és professor de la Universitat de Barcelona, consultor d'empreses i especialista en la Indústria 4.0 i la Logística 4.0. En la seva intervenció sota el títol «Les xarxes socials, la cibernètica i l'investigador en temps de pandèmia», ens situarà el tema dels Debats des d'una concepció positiva de les aportacions de les xarxes socials al capital intangible de les organitzacions.

La diversitat dels àmbits concernits és posada en manifest per les dues ponències següents: una de la mà de la Dra. Virgínia Larraz i Rada, doctora en Educació i cap de l'Escola Internacional de Doctorat de la Universitat d'Andorra qui ens parlarà de la seva

experiència dels efectes de les xarxes socials dins l'àmbit educatiu, i la següent del Sr. Ferran Gras i Travesset qui se centrarà en una tècnica molt precisa de l'àmbit industrial que pot tenir efectes beneficiosos per a tota la població ja que es tracta de reparar canonades d'aigua potable, tot causant les mínimes molèsties a la via i els seus usuaris.

Les ponències del segon dia començaran amb un bloc de dues intervencions centrades en la climatologia i la meteorologia. La primera serà pels doctors Laura Traperó i Bagué, Marc Pons i Pons i Oriol Travesset i Baró d'Andorra Recerca + Innovació, i la segona per Sr. Guillem Martín i Bellido, investigador en meteorologia. En aquest àmbit, les tecnologies emergents que presentaran inclouen l'ús de diferents tècniques d'observació i de recollida de dades, des dels drons fins als satèl·lits.

Posteriorment, la ponència del Sr. Cerni Escalé i Cabré se centrarà en el concepte d'eficàcia legislativa i les aplicacions de les noves tecnologies en aquest àmbit, mentre que la Dra. Eva Baillès i Lázaro presentarà alguns resultats recents de l'ús de realitat virtual dins el camp del tractament oncològic.

Finalment, recordem que els Debats són objecte de gravació en vídeo, que tothom pot consultar al canal Youtube de la Societat Andorrana de Ciències. És amb molt de plaer que encoratgem els amics lectors a visionar els vídeos dels debats, i també a llegir les aportacions escrites dels conferencians que trobareu en aquest recull.

Enllaç al canal de Youtube on apareixen els vídeos de les conferències

https://www.youtube.com/channel/UCAFSz_S5KAZUm-qOcal7A0A





Jordi Ojeda i Rodríguez

Doctor enginyer industrial
i professor de la
Universitat de Barcelona,
al Departament
d'Empresa a la Facultat
d'Economia i Empresa.

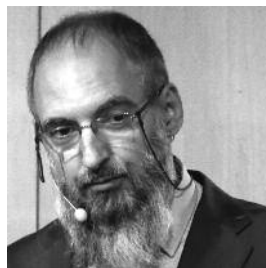
Resum

El text correspon a la conferència plenària dels 14ns Debats de recerca «Les noves tecnologies i la investigació científica», organitzats per la Societat Andorrana de Ciències i el Ministeri d'Educació i Ensenyament Superior del Govern d'Andorra, i celebrats el 18 d'octubre del 2021 a la Sala sala d'actes de MoraBanc a Andorra la Vella. La conferència ponència porta per títol «Les xarxes socials, la cibernètica i l'investigador en temps de pandèmia», amb l'objectiu d'analitzar la importància de les xarxes socials en la divulgació científica als anys 2020 i 2021 arran de la irrupció de la pandèmia de la covid-19, en especial, en els primers mesos després de la declaració d'emergència sanitària que va induir el confinament de les persones als seus domicilis.

1. Introducció

El desenvolupament de les xarxes de comunicació físiques i la programació de solucions que permetés una forma de navegar i comunicar-nos per internet de forma més amigable va facilitar la irrupció de les pioneres i limitades xarxes socials a finals de la dècada dels noranta del segle xx. Amb el canvi de segle hi ha un gran impuls de noves xarxes amb més funcionalitats, algunes d'elles tan populars que es mantenen fins l'actualitat, com són els casos de LinkedIn (2002), Facebook (2004), Youtube (2005), Twitter (2006), Whatsapp (2009) o Instagram (2010), entre d'altres.

Les xarxes permeten baixar les barreres físiques i facilitar la interacció virtual entre els membres, compartint les seves vivències, la seva feina, les seves aficions, les seves opinions... i els resultats de la seva recerca. En aquest sentit, hi ha iniciatives que permeten compartir coneixement i facilitar el treball col·laboratiu entre científics i la pandèmia de la covid-19 ha mostrat els beneficis de tenir dissenyades aquestes plataformes.



Jordi Ojeda Rodríguez

Les xarxes socials, la cibernètica i l'investigador en temps de pandèmia

Algunes iniciatives engegades en els darrers lustres han facilitat el camí per arribar a la situació actual. En destaquem les següents:

- La creació l'any 1997 de la International DOI Foundation, Inc. (IDF), una entitat sense ànim de lucre, convertida en una autoritat de registre del sistema DOI, acrònim en anglès de *digital object identifier* (identificador d'objecte digital). El DOI és un enllaç permanent en forma de codi alfanumèric que identifica de forma única un contingut digital (les publicacions científiques en són un bon exemple) i que permet localitzar fàcilment aquest document malgrat que canviï la pàgina web on s'hostatgi el contingut, ja que la informació del DOI és una metadada associada al mateix contingut de forma biunívoca.

- La creació l'any 2012 de diferents iniciatives que tenen l'objectiu d'identificar els científics de manera única amb un codi alfanumèric que evitès els possibles problemes d'identificació amb el nom de la persona (bé per tenir el mateix nom varies diverses persones, bé per signar de diferents maneres, ; per exemple, en el meu cas, podria signar com a "Jordi Ojeda", "J. Ojeda", "Ojeda, J.", "Jordi Ojeda Rodríguez", "Jordi Ojeda-Rodríguez" o "J. Ojeda Rodríguez", entre d'altres combinacions). D'entre aquestes iniciatives, destaquen avui en dia els sistemes ORCID (acrònim en anglès d'Open Researcher and Contributor ID) i Publons (que pertany al mateix grup que Web of Science), al qual es va integrar el 2019 ResearcherID, que ja feia una dècada que actuava amb el mateix objectiu.

- El desenvolupament de les funcionalitats de les plataformes de gestió de xarxes socials ha afavorit la creació de xarxes a en l'àmbit científic, també impulsant-ne tant de generalistes com d'específiques. Respecte de les generalistes, en destacarem dues per la gran quantitat de científics inscrits en l'actualitat i el nombre de documents disponibles: l'Academia.edu (2008) i ResearchGate (2008).

Per tal d'analitzar l'impacte de les xarxes socials en l'àmbit científic durant la pandèmia s'han plantejat quatre hipòtesis de partida que es desenvolupen a continuació.

2. Plantejament de les hipòtesis de partida

Es proposen a continuació quatre hipòtesis de partida per tal d'analitzar les dades disponibles i proposar una conclusió final. Les hipòtesis són les següents:

Hipòtesi 0: Durant durant la pandèmia s'ha pogut fer divulgació de la ciència i de la tècnica.

Abans de continuar amb la definició de les hipòtesis inicials, és important entendre el concepte de *capital intel·lectual* (veure vegeu la figura 1). El capital intel·lectual és el valor del coneixement del personal d'una empresa o organització, les seves habilitats, la xarxa de contactes, la capacitat empresarial o qualsevol informació de propietat que pugui proporcionar a l'empresa o organització un avantatge competitiu. Avui en dia, es considera un actiu intangible fonamental per al càlcul del valor de l'empresa.

De forma resumida, es pot entendre el capital intel·lectual d'una organització com la suma del capital humà (el coneixement associat a les persones que hi treballen), del capital estructural (el coneixement acumulat per l'organització manifestat en protocols i procediments, entre d'altres), i del capital relacional. El capital relacional es pot definir com el conjunt de coneixements generats gràcies a les relacions personals i institucionals que manté una empresa o organització amb d'altres agents (clients, proveïdors, col·laboradors, aliats), i que li reporta un valor i una base de coneixements necessaris per realitzar la seva activitat de manera més eficient. (CADIMA, R. ET AL., 2010).

Tenint en compte aquest model aplicat al cas concret dels centres de recerca i del personal científic, es proposen les següents hipòtesis:

Hipòtesi 1: Les xarxes socials milloren la comunicació i els resultats de la recerca.

Hipòtesi 2: Les xarxes socials faciliten la divulgació de la ciència.

Hipòtesi 3: La pandèmia de la covid-19 ha potenciat l'ús de les xarxes socials en la recerca.

A continuació es plantegen les dades i l'anàlisi corresponent per a cada una d'elles.

2.1 Hipòtesi 0: Durant durant la pandèmia s'ha pogut fer divulgació de la ciència i de la tècnica

El mateix divendres 13 de març de 2020, el dia que el president del Govern d'Espanya va anunciar l'estat d'alarma, estava prevista la celebració de Ciència en Redes (Ciència en Xarxes), una iniciativa creada el 2012 per l'Asociación Española de Comunicación Científica (AEC2) i que, en



Figura 1: Model clàssic del capital intel·lectual



Figura 2. Imatge del vídeo Ciencia en Redes 2020 emès el 29 de abril del 2020 a la plataforma Youtube, on s'aprecia que porta acumulats més de 2.000 visualitzacions

aquesta edició, comptava amb el suport de la Fundació "la Caixa", seu de la jornada a la seva sala d'actes a la ciutat de Barcelona. El programa estava previst que comencés a les 9:30 h del matí i s'estendria fins les 18:30 h de la tarda amb la intervenció de diversos ponents (entre els que em trobava jo mateix)... No es va fer. Tot just es va suspendre la nit abans, alarmats per les notícies i prevalent la prudència tenint en compte que era una sala d'actes tancada, amb conferencians provinents de diferents països (alguns van quedar "atrapats" a Barcelona, durant el confinament durant setmanes, ja que eren a la ciutat), i amb desenes d'assistents inscrits a la jornada.

Però, en realitat, no es va anul·lar, sinó que es va ajornar i es va adaptar a un nou format. L'esdeveniment es va retransmetre en vídeo per la plataforma Youtube els matins del 29 i el 30 d'abril, de les 11:00 a les 12:30 h cada dia. Les intervencions es van reduir respecte al temps previst a la sessió física inicial, es van haver de gravar en vídeo i editar amb la consegüent feina de planificació i producció. El resultat va ser un èxit, les van seguir en directe més de 2.000 persones, amb preguntes i comentaris a diferents xarxes socials amb les etiquetes i noms que l'organització indicava (vegeu la figura 2).

Sis setmanes després i gravant un vídeo des del meu domicili particular, vaig poder participar en la jornada prevista per al 13 de març, en què es va multiplicar per 10 el nombre de persones que m'escoltaven en directe. El confinament ens havia obligat a reinventar la jornada i les xarxes socials van contribuir a fer una difusió més àmplia de les intervencions, cosa que va contribuir a la divulgació dels resultats de recerca dels diferents ponents, en línia amb els objectius inicials de constitució de la jornada, que, recordem, portava per títol Ciencia en Redes (Ciència en Xarxes).

En el meu cas concret, entre març i juliol del 2020 vaig poder fer, entre d'altres activitats, les següents de divulgació: escriure articles en mitjans generalistes i especialitzats en l'àmbit sanitari i del treball; impartir cursos de gestió racional del temps en un context de pandèmia per a autònoms i emprenedors; participar en taules rodones virtuals en directe amb diferents experts sobre diferents aspectes relacionats amb la pandèmia; i gravar el vídeo per a la meua intervenció a Ciencia en Redes. Tot plegat ho podeu trobar al meu blog

de divulgació dels resultats de la recerca que desenvolupo i que podeu consultar de forma gratuïta al següent enllaç: <https://conocimientocolaboraciontiempo.blogspot.com/> Aquests exemples serveixen com a mostra de les moltíssimes evidències que demostren que la hipòtesi 0 plantejada és certa: «Durant la pandèmia s'ha pogut fer divulgació de la ciència i de la tècnica».

2.2 Hipòtesi 1: Les xarxes socials milloren la comunicació i els resultats de la recerca

En el projecte de recerca que portava per títol “Disseny col·laboratiu de sistemes innovadors de gestió del coneixement i l’aprenentatge basats en les tecnologies de la informació i les comunicacions (TIC) i internet”, realitzat entre els anys 2007 i 2014, en què vam poder analitzar i avaluar les xarxes socials i avaluar el seu rendiment en comunitats d’aprenentatge distribuïdes, en concret, de participants en tres comunitats d’aprenentatge distribuït (els individus estaven treballant en indrets llunyans entre si), tots ells alumnes de tercer cicle en un programa de doctorat (. CADIMA, R. ET AL., (2012).

El fet que les classes i reunions es fessin en aquell moment per videoconferència va facilitar incorporar en els grups persones de diferents ciutats i països del món, però va dificultar la interacció entre els mateixos participants. Per exemple, es va fer el seguiment d’un primer grup de 62 persones ubicades a Espanya, Portugal, Veneçuela, Mèxic, els Estats Units, Dinamarca i Colòmbia, un segon grup format per 24 persones a Portugal (vegeu la figura 3) i un tercer grup de recerca format per 52 persones de diferents indrets situats a Barcelona però no treballant en el mateix lloc físic.

Es va dissenyar una xarxa social que va facilitar la interacció dels participants i es va monitoritzar el seu comportament: els que feien comentaris aliens a la recerca, els que feien preguntes sobre dubtes de la recerca, els que feien preguntes i a la vegada responien dubtes, els que només responien dubtes, els que no interactuaven mai, etc. En tres anys, es van poder analitzar les diferents èpoques per les quals passaven els estudiants: en la gènesi dels seus projectes de recerca, en el seu desenvolupament, en l’avaluació de les conclusions i en la divulgació dels resultats. (CADIMA, R. ET AL., (2012).

Un dels objectius d’aquest projecte era saber quin tipus

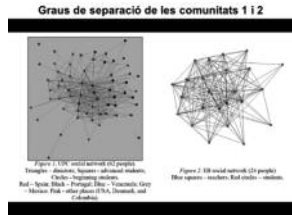


Figura 3. Descripció dels dos grups d’estudi del projecte de recerca i els graus de separació entre els participants. (CADIMA, R. ET AL., 2012)

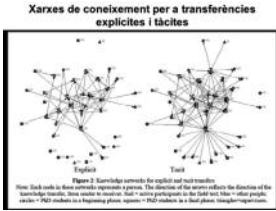


Figura 4. Representació de les xarxes de coneixement per a transferències explícites i tàctics d'un dels grups d'estudi. (CADIMA, R. ET AL., 2012)

d'informació es compartia i quin tipus d'ajuda existia. El coneixement humà es crea i s'expandeix a través de la interacció social entre el coneixement tàctic i el coneixement explícit. El coneixement tàctic, o coneixement inarticulat, és definit com a inefable, contextual, basat en l'experiència personal, directament relacionat amb les habilitats cognitives personals, encarna creences i valors personals, i es comunica més eficaçment a través de trobades cara a cara. En canvi, el coneixement explícit, o coneixement articulat, es defineix com el tipus de coneixement que s'expressa en paraules, diagrames o fórmules que es codifiquen, representen i comparteixen de manera asincrònica fàcilment. Els resultats de la monitoratge van evidenciar que el coneixement tàctic era molt important (vegeu la figura 4).

De forma resumida, els resultats de la recerca realitzada i que es pot consultar en detall a l'article, són els següents:

- Es van evidenciar associacions entre les mesures de centralitat de la xarxa i el rendiment i la productivitat individual.
- Com més gran era el capital relacional dels estudiants de recerca (més contactes), millor era el seu acompliment.
- Com més curta era la distància d'una persona respecte a tota la resta de la comunitat, millor era el seu acompliment.
- El coneixement tàctic era molt gran i es va reconèixer com a molt important per als participants malgrat que estaven en una comunitat distribuïda.

Els resultats d'aquest projecte de recerca serveixen com a demostració de que la hipòtesi 1 plantejada és certa: «Les xarxes socials milloren la comunicació i els resultats de la recerca».

2.3 Hipòtesi 2: Les xarxes socials faciliten la divulgació de la ciència

Si la primera hipòtesi indicava que les xarxes socials contribuïen a tenir "més ciència", aquesta hipòtesi proposa que les xarxes socials ajuden a la divulgació dels resultats de la ciència. La realitat és que una xarxa social científica permet interactuar amb d'altres membres de la comunicat i compartir coneixement i opinions entre si. Hi ha evidències que diferents científics han creat comunitats en algunes xarxes científiques per a tractar temes concrets relacionats amb el virus de la covid-19, des de diferents vessants, mèdiques, socials o econòmiques.

Un exemple d'això es pot trobar a la xarxa ResearchGate, que el 2020 comptava amb més de 20 milions de participants i més de 135 milions de documents disponibles (cal recordar que per a poder ser-ne membre has de tenir una adreça electrònica d'una institució científica). La pàgina es troba entre les 200 webs més visitades a escala internacional, presenta bones posicions en els buscadors (bona visibilitat per als científics i els seus treballs), amb visites que duren diversos minuts, amb un repositori i cercador molt potent, sense intermediaris ni costos, facilitant la connexió, la participació i la interacció. El 2013, Bill Gates va invertir 27 milions de dòlars per a promoure la ciència oberta, fent de visionari, ajudant a construir els fonaments del que ara s'ha pogut utilitzar durant la pandèmia.

Hi ha moltes evidències que indiquen que les xarxes socials han contribuït a la divulgació dels resultats, augmentant el nombre de citacions, com a paràmetre més destacat, i un exemple és la mateixa pàgina principal de la xarxa Academia.edu, on es pot llegir la següent frase: «Academia és la manera més senzilla de compartir articles amb milions de persones de tot el món de forma gratuïta. Un estudi publicat a PLOS ONE va trobar que els treballs penjats a Academia reben un augment del 69% en les citacions durant 5 anys». Aquesta dada serveix com a demostració que la hipòtesi 2 plantejada és certa: «Les xarxes socials faciliten la divulgació de la ciència».

2.4 Hipòtesi 3: La pandèmia de la covid-19 ha potenciat l'ús de les xarxes socials en la recerca

Hi ha indicis que ha augmentat de forma considerable el nombre d'usuaris que han seguit comptes de Twitter relacionats amb científics i experts i amb centres de recerca i universitats relacionats amb aspectes vinculats a la pandèmia, a més d'entitats oficials com la mateixa Organització Mundial de la Salut (OMS), el Ministeri de la Sanitat a Espanya o el Departament de Salut a Catalunya, entre d'altres (FERRER-SERRANO ET AL., 2020).

Aquestes dades serveixen com a demostració de que la hipòtesi 3 plantejada és certa: «La pandèmia de la covid-19 ha potenciat l'ús de les xarxes socials en la recerca».

Referències

CADIMA, R., ; FERREIRA, C.,; MONGUET, J.,; OJEDA, J.,; FERNANDEZ, J. «Promoting social network awareness: A social network monitoring System», a: *Computers and Education*, 2010, 54(4), p. 1233–1240.

DOI: 10.1016/j.compedu.2009.11.009

CADIMA, R., ; OJEDA, J., ; MONGUET, J. M. «Social networks and performance in distributed learning communities», a: *Educational Technology and Society*, 2012, 15(4), p. 296-304.

FERRER-SERRANO, M. ; LATORRE-MARTÍNEZ, M. P. & LOZANO-BLASCO, R.

«Universidades y comunicación. Papel de Twitter durante el inicio de la crisis sanitaria de la Covid-19», a *Profesional de la información*, 2020, 29(6).

<https://doi.org/10.3145/epi.2020.no.v.12>

Conclusions

El text de l'article correspon a una transcripció resumida de la conferència plenària que porta per títol «Les xarxes socials, la cibèrnetica i l'investigador en temps de pandèmia», amb l'objectiu d'analitzar la importància de les xarxes socials en la divulgació científica als anys 2020 i 2021 arran de la irrupció de la pandèmia de la covid-19, en especial, en els primers mesos després de la declaració d'emergència sanitària que va induir el confinament de les persones als seus domicilis.

Per tal de desenvolupar el discurs es van plantejar les següents hipòtesis:

Hipòtesi 0: Durant la pandèmia s'ha pogut fer divulgació de la ciència i de la tècnica.

Hipòtesi 1: Les xarxes socials milloren la comunicació i els resultats de la recerca.

Hipòtesi 2: Les xarxes socials faciliten la divulgació de la ciència.

Hipòtesi 3: La pandèmia de la covid-19 ha potenciat l'ús de les xarxes socials en la recerca.

Al llarg de la conferència es van exposar les evidències que justificaven cada una de les hipòtesis inicials, per la qual cosa es pot afirmar que durant la pandèmia s'ha pogut fer divulgació de la ciència i de la tècnica, que les xarxes socials milloren la comunicació i els resultats de la recerca, que les xarxes socials faciliten la divulgació de la ciència i que la pandèmia de la covid-19 ha potenciat l'ús de les xarxes socials en la recerca.

jordi.ojeda@ub.edu; Orcid: 0000-0001-9601-4818, Publons: AAC-6077-2020



Virgínia Larraz i Rada

Doctora en educació i cap de l'Escola Internacional de Doctorat de la Universitat d'Andorra

Introducció

Els 14ns Debats de recerca de la Societat Andorrana de Ciències ens reten a reflexionar sobre l'ús que com a investigadors fem de les anomenades *noves tecnologies* en la nostra recerca. Des del Grup de Recerca Interdisciplinari en Educació (GRIE) de la Universitat d'Andorra presentem el projecte Observatori Comdid¹ liderat per la Universitat Rovira i Virgili i en què a més participen la Universitat de Lleida i la Universitat d'Alacant.

En aquesta intervenció explicarem breument el projecte Observatori Comdid² i destacarem tres aspectes que exemplifiquen com l'ús de la tecnologia està impactant en la investigació educativa: (1) nou camp d'estudi, (2) treball en xarxa i (3) transferència a la societat.

L'Observatori Comdid

L'Observatori Comdid és un observatori per al desenvolupament i la pràctica professional de la competència digital dels docents (CDD). En aquest observatori s'està creant un espai de referència a la xarxa per mesurar i entendre els nivells de desenvolupament d'aquesta competència. Aquest plantejament suposa passar de la intuïció a l'evidència a través de la recollida permanent i sistemàtica d'informació i l'anàlisi d'aquesta informació. La finalitat del projecte és contribuir a la millora de l'ús de les tecnologies digitals en la pràctica docent des del punt de vista del procés d'ensenyament i aprenentatge. Els objectius principals són:

- Analitzar tant el nivell de desenvolupament de la competència digital del professorat en exercici com l'ús didàctic de les tecnologies digitals i la relació entre aquestes últimes en el context de la *maduresa digital* de cada centre.
- Analitzar de manera sistemàtica i contínua el nivell de desenvolupament de la competència del professorat i desenvolupar una estratègia d'anàlisi de dades basada en tècniques de Teaching and Learning Analytics.



Virgínia Larraz i Rada

L'ús de tecnologia en l'àmbit educatiu

1- Des d'aquest enllaç es pot consultar la presentació, els objectius, la metodologia i els resultats del Projecte: <<http://arget-dpedago.urv.cat/es/projects/detail/94>>

2- Lloc web del Projecte: <<https://observacomdid.com/?lang=ca>>

- Analitzar la relació que existeix entre el perfil de desenvolupament (per nivells i dimensions) de la competència digital del professorat en exercici i la tipologia d'usos que fa de les tecnologies, amb la finalitat de crear un repositori de pràctiques de referència.

L'essència del Comdid és la tecnologia educativa. En l'observatori s'estudia sobre la tecnologia (analitzant la CDD), des de la tecnologia (creant xarxa d'universitats i de centres educatius) i *mitjançant* la tecnologia (esdevenint un espai de referència a la xarxa).

Nou camp d'estudi

La irrupció de la tecnologia a la societat del coneixement requereix la competència digital, que és la que ha de permetre prendre decisions per fer front als problemes que planteja la societat des de qualsevol àmbit del nostre ecosistema d'aprenentatge (personal, professional i social). Aquesta pràctica permet aprendre al llarg de la vida; no en va l'European Commission la va definir l'any 2018 com una de les nou competències clau del ciutadà per poder participar en la societat actual.

Si necessitem ciutadans amb una forta competència digital, necessitem introduir aquesta competència al currículum escolar i per tant necessitem docents amb un bon nivell d'aquesta competència. La competència digital docent, en el context de la nostra investigació, és entesa com un conjunt de capacitats, habilitats i actituds que el docent ha de desenvolupar per poder incorporar les tecnologies digitals a la seva pràctica i el seu desenvolupament professional (Lázaro-Cantabrana, Usart-Rodríguez i Gisbert-Cervera, 2019).

A partir d'aquest plantejament sorgeix la necessitat de definir quines són les habilitats que ha de posseir un docent per poder incorporar les tecnologies digitals a la seva pràctica docent. Un treball al qual s'arriba des de la investigació científica de manera intencionada, reflexiva, sistemàtica i metòdica, fet que permet passar de la intuïció a l'evidència.

Així, la tecnologia ens ha proporcionat un nou camp d'estudi a la investigació educativa que comprèn, entre altres, els temes següents: la gestió de continguts i de coneixement, la gestió de la qualitat i els sistemes d'aprenentatge virtual, l'avaluació i la validació d'entorns virtuals, l'organització i la gestió d'entorns tecnològics de formació, la revisió de plans

d'estudi i currículums, l'anàlisi de la presència de la competència digital en la formació de mestres, la implementació d'aquesta competència a la formació de mestres inicial i contínua, l'avaluació i l'acreditació de la competència dels mestres en formació inicial i contínua...

Treball en xarxa

La tecnologia i els mitjans de comunicació digital fan que l'expressió *la unió fa la força* aplicada a la investigació es tradueixi en un enriquiment de la mateixa investigació, gràcies a la *diversitat dels participants* i a les *xarxes d'investigació*. La diversitat dels participants és enriquidora tant per la seva procedència geogràfica (Llatinoamèrica, Catalunya i Andorra), com pel camp d'expertesa (en aquest projecte hi ha perfils professionals com mestres, pedagogs, psicopedagogs, filòlegs, informàtics i comunicòlegs). Les xarxes d'investigació fan possible el suport i la construcció de *bastides* en l'aprenentatge a partir de la col·laboració entre investigadors. Les xarxes d'investigadors serveixen per unir esforços, interessos i recursos humans i financers per al desenvolupament de línies d'investigació conjuntes que busquen l'obtenció de resultats comuns o construir un camí a partir dels diferents resultats; aquest és el cas del projecte de l'Observatori Comdid, que dona visibilitat a una línia d'investigació que el grup de recerca ARGET (Applied Research Group in Education and Technology) va iniciar fa ara deu anys sobre la competència digital tant del professorat com de l'estudiantat i que ha estat construïda sobre la base ferma de tesis doctorals desenvolupades des de diferents universitats però amb un objectiu comú.

Una tesi doctoral és un treball d'investigació inèdit que per definició es fa en solitari, ja que entre altres objectius ha de demostrar la capacitat investigadora del doctorand. En el projecte que ens ocupa un seguit de tesis doctorals s'han elaborat de manera relacionada aprofitant els resultats d'unes per a l'avançament de les altres. Tot seguit es presenten com s'interrelacionen entre elles i com els resultats de totes han permès tenir una base sòlida de resultats científics basats en l'evidència que constitueixen el punt de partida de l'Observatori Comdid:

1. Tesi *La competència digital a la Universitat* (Larraz, 2013), que va proporcionar una definició de la competència digital

amb la implicació de quatre alfabetitzacions i va servir per a l'elaboració d'una rúbrica orientada al treball i l'avaluació d'aquesta competència.

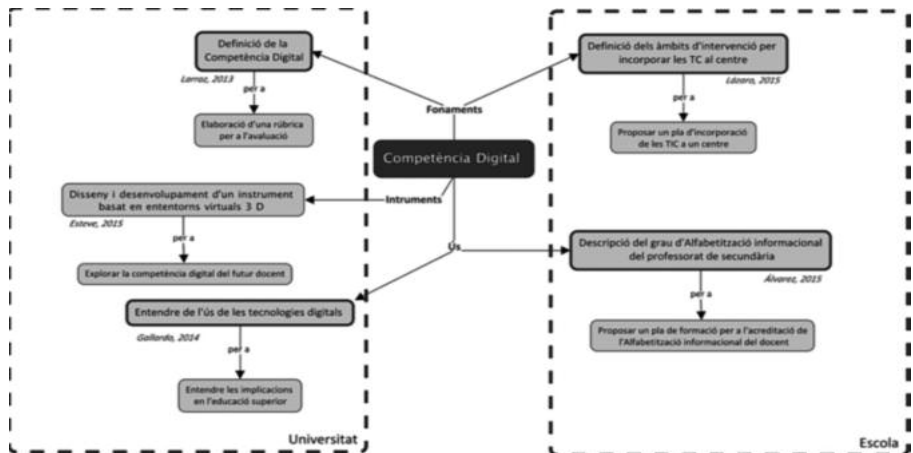
2. Tesi *An Investigation of the Social and Academic Uses of Digital Technology by University Students* (Gallardo, 2014), amb l'objectiu d'entendre com els estudiants universitaris utilitzen les tecnologies digitals i quines són les implicacions del seu ús en l'educació superior.

3. Tesi *La competencia digital docente: análisis de la autopercepción y evaluación del desempeño de los estudiantes universitarios de educación por medio de un entorno 3D* (Esteve, 2015), amb l'objectiu d'explorar la competència digital del futur docent; es va dissenyar i desenvolupar un instrument, fent ús de les potencialitats dels entorns virtuals en 3D.

4. Tesi *La competencia digital docente com a eina per garantir la qualitat en l'ús de les TIC en un centre escolar* (Lázaro, 2015), que va proporcionar la definició dels àmbits d'intervenció de la competència per incorporar les TIC al centre i els indicadors de qualitat per fer el seguiment i l'avaluació del procés, cosa que va portar a la definició d'un pla per a la incorporació de les tecnologies digitals a un centre educatiu.

5. Tesi *La alfabetización informacional del profesorado de educación secundaria del estado español* (Álvarez, 2015), que

Figura 1. Relació dels resultats de les tesis doctorals sobre competència digital



va proporcionar una descripció del grau d'alfabetització informacional del professorat d'educació secundària de tot Espanya, i això va permetre proposar un pla de formació per a l'acreditació de l'alfabetització informacional del docent. Com es veu a la figura 1, la correlació de resultats de les tesis doctorals ens ha permès tenir una base sòlida de resultats científics basats en evidències que constitueixen el punt de partida de l'Observatori Comdid.

Transferència a la societat

Una de les obligacions principals de la recerca és divulgar els resultats. Més enllà de la divulgació en entorns acadèmics, és important reforçar la transferència del coneixement adquirit des de la recerca cap a la societat no acadèmica.

De manera especial, en el projecte Observatori Comdid ha estat important que els resultats arribessin als docents en formació, els docents que exerceixen, les famílies, els equips directius dels centres educatius i els gestors d'universitats.

La primera fase de difusió del projecte Observatori Comdid es va iniciar amb la Fundació.cat;³ juntament amb ells es van publicar divuit càpsules en vídeo a YouTube per definir de manera detallada què és i què s'entén per *competència digital docent*. Alguns dels títols dels vídeos són: *Esclatxa digital i gènere*, *Competències científiques i eines digitals*, *Treball cooperatiu amb eines digitals* i *Identitat digital i presència social*, entre altres. Aquestes càpsules, publicades en obert durant el període de confinament de l'any 2020, han servit per donar a conèixer els fonaments del projecte i difondre'ls a la societat en general.

En una segona fase, l'Observatori va obrir un canal de formació,⁴ amb una visió internacional, que va permetre oferir tretze seminaris que van ser emesos a les sis de la tarda, amb una durada d'una hora i mitja i amb una freqüència de dos seminaris cada mes, des del 4 de novembre del 2020 fins al 15 de juny del 2021. Cada seminari es va retransmetre en directe i va permetre la interacció amb els participants per part del públic tant en el xat com intervenint directament. Hi van participar 615 persones.

Els seminaris eren dirigits per un moderador-investigador d'un grup de recerca participant en el projecte i hi prenien part un expert del món acadèmic i un expert de la pràctica educativa. En total hi van participar 46 professionals moderadors amb

3- La Fundació.cat és una entitat sense ànim de lucre que desenvolupa una sèrie de programes per fer créixer el català a la xarxa en l'àmbit educatiu i l'àmbit de l'acció social i del petit negoci.

4- <https://observacomdid.com/formacio/?lang=ca>

Referències

ÁLVAREZ, F. (2015). *La alfabetización informacional del profesorado de educación secundaria del estado español*. (Tesi doctoral). Universitat Rovira i Virgili.

EUROPEAN COMMISSION (2018). *Proposal for a Council recommendation on key competences for lifelong learning*. Retrieved from <https://education.ec.europa.eu/education/sites/educations/files/annex-recommendation-key-competences-lifelong-learning.pdf>

GALLARDO, E. (2014). *An Investigation of the Social and Academic Uses of Digital Technology by University Students*. (Tesi doctoral). Universitat Rovira i Virgili.

ESTEVE, F. (2015). *La competencia digital docente: análisis de la autopercepción y evaluación del desempeño de los estudiantes universitarios de educación por medio de un entorno 3D*. (Tesi doctoral). Universitat Rovira i Virgili.

LARRAZ, V. (2013). *La competencia digital a la Universitat*. (Tesi doctoral). Universitat d'Andorra.

LÁZARO, J. L. (2015). *La competencia digital docente com a eina per garantir la qualitat en l'ús de les TIC en un centre escolar*. (Tesi doctoral). Universitat Rovira i Virgili.

LÁZARO-CANTABRANA, J.; USART-RODRÍGUEZ, M.; GISBERT-CERVERA, M. (2019). *Assessing teacher digital competence: The construction of an instrument for measuring the knowledge of pre-service teachers*. *Journal of New Approaches in Educational Research (NAER Journal)*, 8(1), 73-78.

diferents perfils: professorat d'universitats (Universitat de Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat Rovira i Virgili, Universitat de Girona, Universitat de la Rioja, Universitat de Salamanca, Universitat d'Alacant i Universitat d'Andorra, entre altres), professorat de diferents escoles des d'infantil fins a batxillerat, estudiants universitaris de la formació de preparació de mestres i representants de l'Administració pública de l'àmbit educatiu. Els seminaris van comptar amb experts i públic de diferents països: Espanya, Andorra, l'Uruguai, Xile, l'Argentina, Colòmbia i l'Equador. Alguns dels temes que es van tractar van ser: *La robòtica educativa, Les polítiques i la normativitat per al desenvolupament de la competència digital a escala internacional, Lideratge femení, La inclusió digital i "Desaprenent" a la societat digital*.

Cal afegir-hi la divulgació dels resultats de l'Observatori Comdid a través de les xarxes socials, principalment a través del compte de Twitter.⁵

Nota

Aquest article ha estat elaborat junt amb Mercè Gisbert i Cervera de la Universitat Rovira i Virgili.



Resum

La xarxa de canonades de diferents països del món ha arribat al final de la seva vida projectada i per tant cal renovar-la per evitar tant pèrdues en el subministrament com mediambientals. Les noves tecnologies i tècniques aparegudes en les últimes dècades han permès aprofitar els conductes existents per rehabilitar la xarxa sense haver de realitzar excavacions. En aquest document s'exposa una de les solucions que més han crescut en el mercat els últims anys; el Cured In Place Pipe (CIPP), un sistema de rehabilitació que utilitza un *composite* de fibra i resina que s'adapta perfectament a les parets de la canonada existent i en crea una de nova dins la deteriorada. Tot i l'impuls que ha tingut aquesta tècnica en els darrers anys, són diversos els problemes que han aparegut en diferents obres de rehabilitació de canonades d'aigua potable i que no tenen un origen clar. En aquest document s'analitzen els defectes que poden aparèixer així com el seu origen. També s'ha ideat una sèrie d'estrictes procediments i assajos normalitzats que s'han de seguir i que ajudaran a mantenir en tot moment sota control una rehabilitació per CIPP, fet que contribuirà a entendre millor quina és l'aportació de cadascun dels agents que intervenen en una rehabilitació i de les diferents parts des del punt de vista mecànic.

1. Introducció

El Cured In Place Pipe és una tècnica de rehabilitació de canonades que presenta nombrosos avantatges respecte a la tradicional substitució. No només avantatges des del punt de vista tècnic sinó també en l'àmbit econòmic. Aquest fet, lligat a l'arribada de la fi de la vida projectada de les canonades de gran part dels països d'arreu del món, ha propiciat que el mercat de rehabilitacions per CIPP es disparés. Tot i les dificultats inicials, avui en dia es tracta d'una tècnica

Ferran Gras i Travesset

Enginyer i doctorand a
l'IQS School of Engineering
- Universitat Ramon Llull.
Pla de Doctorats Industrials
de la Generalitat de
Catalunya - Aigües de
Barcelona



Ferran Gras i Travesset

**Rehabilitació
avançada
d'una
canonada
d'aigua
potable
mitjançant
materials
compostos**

consolidada en el camp del transport d'aigües residuals però no es pot dir el mateix del transport d'aigua potable, on les altes pressions magnifiquen exponencialment qualsevol petit problema en la mànega instal·lada fet que pot arribar a deixar fora de servei el tram rehabilitat.

L'arribada a la fi de la vida útil projectada tant de les xarxes d'abastiment d'aigua potable com de les de sanejament és una realitat en diversos països d'arreu del món. L'extens quilometratge de canonades que compon la xarxa, juntament amb el seu avançat estat de degradació, fa que el mercat de la rehabilitació de canonades tingui una gran previsió de creixement [1].

Segons l'AEAS (Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento), al 2016 a Espanya hi havia 224.000 km de xarxa d'abastiment i 65.000 km de xarxa d'aigua residual. Aquest informe també subratlla l'avançat estat d'envelliment d'ambdues xarxes. Exposa que en aigua potable, el 41% té més de 30 anys i un 30% tenen entre 15 i 30 anys i que tan sols s'ha renovat el 0,9% de la xarxa. Pel que fa a sanejament, el 40% té més de 30 anys, el 34% té entre 15 i 30 anys i tan sols el 0,6% de la xarxa s'ha renovat [2].

Fruit de l'ús diari, amb el pas del temps, a poc a poc les canonades es van degradant, perden les seves propietats mecàniques inicials i presenten avaries freqüents. Aquestes avaries no tan sols tenen un cost econòmic molt elevat, sinó que també afecten directament la població ja que es tracta d'un servei essencial i de primera necessitat, a més dels danys a tercers que es puguin causar.

Per a la renovació de la xarxa de canonades existeixen dues opcions: substitució o rehabilitació. La substitució consisteix a canviar directament la canonada afectada per una de nova. És l'opció més costosa, que més recursos i temps implica i que més problemes d'afectació a la mobilitat de la població comporta ja que implica haver de tallar un carrer, carretera o accés durant un llarg període de temps, a més de la contaminació acústica i la presència de maquinària pesant a la zona.

D'altra banda, tots els processos de rehabilitació aprofiten tant el trajecte com les propietats mecàniques de la canonada degradada i es basen en la creació d'una canonada dins de la canonada existent, evitant disminuir al màxim la secció i solucionant els problemes de fuites que solen presentar les

canonades degradades. Existeixen diferents sistemes de rehabilitació (*spray, pipe bursting, sliplining, thermoformed pipe* (Fold-and Form [3]), Cured In Place Pipe CIPP) [4]. Cadascun d'ells té el seu camp d'aplicació però, per les seves característiques, el CIPP és el que té un rang d'aplicabilitat més ampli.

El Cured In Place Pipe és una tècnica de rehabilitació de canonades en què es fa servir un material compost de fibra i resina per crear una canonada en perfectes condicions dins de la canonada degradada existent. Aquesta tècnica presenta nombrosos avantatges respecte a la tradicional substitució. No només avantatges des del punt de vista tècnic sinó també en l'àmbit econòmic. Per tant, en vista de la gran extensió de canonades que s'ha de rehabilitar i la gran inversió que cal fer per aconseguir-ho, les empreses estan fent una aposta clara pel CIPP.

Tot i les dificultats inicials, avui en dia es tracta d'una tècnica consolidada en el camp del transport d'aigües residuals. En canvi en el transport d'aigua potable, les altes pressions magnifiquen exponencialment qualsevol petit problema en la mànega instal·lada fins al punt de provocar el col·lapse o despreniment total de la mànega. Així ho demostren diversos projectes d'empreses diferents. S. Khan i C. Dobson [5] analitzen cinc casos diferents de rehabilitació mitjançant CIPP de canonades d'aigües residuals del nord de Califòrnia que han tingut problemes greus durant la instal·lació.

En els darrers anys, s'han registrat diversos sinistres en obres de rehabilitació que han evidenciat que existeixen fortes incerteses en el coneixement del comportament mecànic del material tant en la fase d'execució, en què intervenen fenòmens tèrmics i variacions de pressió, com en la fase de servei, en què l'experiència demostra que es produeixen fenòmens no previstos en fase de projecte que afecten greument la seva durabilitat. L'objectiu principal de la tesi que em trobo realitzant és donar resposta a les incerteses que actualment presenta aquesta tècnica per tal d'arribar a poder fer rehabilitacions de canonades d'aigua potable amb garantia d'èxit.

A la província de Barcelona, l'actual empresa Aigües de Barcelona al 1993 va realitzar les primeres rehabilitacions amb tecnologia CIPP en canonades d'abastiment. Una de les primeres va ser l'obra que va tenir lloc al carrer Major de

Montcada i Reixac [6]. Es tractava d'una canonada de fosa de $\varnothing 500$ mm, que té una pressió de servei entre 5-6 bars. En aquest cas, es van rehabilitar 488 m dividits en dos trams amb resultats satisfactoris [7]. Fins a l'actualitat, degut als avantatges d'aquesta tècnica, Aigües de Barcelona ha continuat fent rehabilitacions de canonades d'aigua potable de diàmetres considerables ($\varnothing 400$ -800 mm).

2. Fonaments del CIPP

L'origen del CIPP es troba en l'enginyer agrònom Eric Wood, que al 1977 es va endinsar al mercat americà i va crear Insituform Technologies Inc juntament amb Dong Chick, Brain Chandler, Scott Bader i WE Rawson, la companyia líder en el sector. El CIPP és una tecnologia que no es va protegir sota patents en tots els territoris i per tant ja als anys 1980 comencen a sorgir companyies al Japó i Europa (sobretot França) que comencen a desenvolupar aquesta tecnologia. Actualment, totes les patents inicials del CIPP han caducat i s'ha creat un important mercat arreu del món que es troba en fase de constant creixement.

La primera mànega es va instal·lar l'any 1971 a Londres, on es van rehabilitar setanta metres d'una canonada d'aigües residuals de secció en forma d'ou de $\varnothing 1160 \times 609$ mm. La vida útil d'una mànega instal·lada és de 50 anys. Només la primera mànega instal·lada els compleix i de moment encara no han sortit publicats resultats d'assajos recents que s'hagin dut a terme i que demostrin que la mànega no ha patit danys considerables al llarg dels anys. Tot i així, a la revista *Trenchless International* es troben publicats assajos realitzats amb mostres de la mànega al cap de 20, 25 i 30 anys amb resultats satisfactoris.

Actualment existeixen diversos sistemes de rehabilitació de canonades de transport d'aigua a pressió amb el sistema de rehabilitació amb mànega Cured in Place Pipe (CIPP). Es tracta d'una tecnologia que es basa en la col·locació de revestiments polimèrics impregnats amb resines a l'interior de la canonada amfitriona deteriorada i el posterior curat.

El sistema consta de tres components: el feltre, les capes de fibra de vidre i un revestiment que sol ser de PE o combinat PP-PE (figura 1). Tot i així, recentment també s'ha investigat la possibilitat d'utilitzar altres materials polimèrics com a revestiment amb resultats satisfactoris [8].

La combinació d'aquests tres components amb resines epoxi d'altres prestacions crea una solució òptima per a la rehabilitació de canonades de pressió amb una vida útil estimada de 50 anys. Els avantatges del CIPP són nombrosos respecte a la substitució convencional de la canonada. El CIPP es caracteritza principalment pel seu reduït temps d'instal·lació i pel mínim impacte mediambiental i social. Aquestes excel·lents característiques es deuen al fet que el CIPP no necessita perforar tot un carrer, via o terreny per tal de rehabilitar la canonada. D'aquesta manera s'aconsegueix minimitzar la presència de maquinària pesant a la zona d'obres, així com l'alt nivell de soroll associat a les activitats que es desenvolupen. Aquesta tècnica també permet reduir la zona de treball a escassos metres quadrats i evitar així restringir de manera total la mobilitat al llarg del recorregut de la canonada ja que tan sols és necessari establir un perímetre de treball en els punts d'accés a la canonada, és a dir, al voltant de les arquetes principals (figura 2). A més, els treballs a la via només duren unes hores per cada tram que cal rehabilitar. Així doncs, en pocs dies la totalitat de la via torna a estar operativa. Tots aquests avantatges també promouen que rehabilitar una canonada per CIPP sigui molt més econòmic (entre la meitat i un terç del cost d'una substitució convencional) i que les empreses apostin fortament per aquest tipus de tècnica. En l'àmbit més tècnic, la disminució de la secció de la canonada és mínima i el baix coeficient de fregament del revestiment permet pal·liar aquesta petita reducció de la secció i evitar incrementar la pressió nominal de treball.

2.1 Procediment d'instal·lació

Les mànegues CIPP admeten dos mètodes diferents d'instal·lació. El procediment general en ambdós mètodes és el següent: preparació de la canonada, impregnació al buit de la mànega, instal·lació de la mànega per reversió o *pulling*, curat de la resina, tancaments i acabats finals.

a. Preparació de la canonada

Es realitza un examen detallat de l'estat de la canonada per tal d'identificar en quin estat es troba la canonada, conèixer la seva morfologia i identificar possibles incrustacions o residus per tal d'eliminar-los mitjançant una neteja amb rascadors, aigua a pressió... D'aquesta manera s'obté una superfície neta



Figura 1. Esquema de les parts d'una canonada rehabilitada per CIPP



Figura 2. Rehabilitació d'una canonada per CIPP en obra. [9]

que permet que la resina s'adhereixi correctament i s'evita l'aparició d'ondulacions o arrugues a la mànega instal·lada.

b. Impregnació de la mànega

Abans de començar amb la impregnació de la mànega cal preparar la resina epoxi.

La resina està composta principalment per dos components: el component A i el component B, que és l'enduridor. Ambdós components es mesclen homogeniament i amb les proporcions indicades pel fabricant evitant crear bombolles en el procés. Després, la resina que es troba als tancs de mescla es bombeja directament a l'interior de la mànega i es manté en tot moment el buit. Mantenir el buit és important ja que en cas que s'hagués format alguna bombolla d'aire durant el procés de mescla, aquesta bombolla seria eliminada. L'enduridor conté un colorant per tal d'identificar visualment una mànega impregnada de resina. Aquest colorant solen ser òxids de ferro que aporten un color vermellós.

La impregnació de la mànega es duu a terme en un ambient controlat ja que la viscositat de la resina utilitzada és molt susceptible als canvis de temperatura i per tal de garantir una correcta impregnació cal evitar baixar de la temperatura que indica el fabricant. D'altra banda, un cop s'ha impregnat la mànega de resina, s'ha de procedir a la seva instal·lació de manera immediata ja que tot i que la resina porta retardants per prolongar el seu *gel-time*, els temps de curació solen ser de poques hores i per tant una mànega impregnada de resina s'ha d'instal·lar el mateix dia que ha estat impregnada per evitar que el procés de curació comenci a temperatura ambient i solidifiqui la mànega.

c. Tècniques d'instal·lació del CIPP

Les mànegues CIPP admeten dos mètodes diferents d'instal·lació.

Pulling

Al mètode per *pulling* o de tracció es realitzen dos processos amb dues mànegues diferents: la primera es col·loca mitjançant tracció i després es col·loca en el seu interior una segona mànega, anomenada *de calibratge*, més fina, mitjançant reversió, que és la que estarà en contacte amb l'aigua. Amb això s'aconsegueix que, durant la instal·lació i l'operació, la mànega sempre estigui protegida per totes dues cares contra agressions externes.

Reversió

El segon mètode segueix el procediment clàssic de reversió, en què la mànega impregnada de resina es col·loca al tambor de reversió i s'introdueix a la canonada amfitriona per reversió mitjançant aire comprimit (figura 3). Per reversió s'entén el procés en què es fa la volta a la mànega com si es tractés d'un mitjó (figura 4). El revestiment ha de ser capaç de resistir totes les càrregues externes així com qualsevol pressió interna que es produeixi durant la instal·lació.

Aquesta tècnica té l'avantatge que evita que es formin bosses d'aire entre la mànega i la canonada amfitriona. A més, l'absència de fricció entre la canonada amfitriona i la mànega en el procés d'instal·lació fa que també s'eviti malmetre la mànega. Tot i així, una mànega massa gruixuda (sobredimensionada) provoca que la pressió de reversió s'hagi d'incrementar molt i pugui arribar a malmetre la mànega degut als esforços de reversió. Així doncs, un dels principals factors que cal tenir en compte en aquesta tècnica és la pressió de reversió. La velocitat de reversió també té un paper fonamental en la instal·lació.

D'altra banda, també cal destacar que la instal·lació per reversió permet superar colzes de fins a 45°.

d. Curat de la resina

L'etapa del curat de la resina es pot dur a terme depenent del tipus de resina, mitjançant aigua calenta, vapor d'aigua o raigs UV. Normalment, per al curat de mànegues de pressió es fa servir una barreja entre aigua calenta i vapor d'aigua mentre que el curat per raigs UV s'utilitza més en mànegues de clavegueram (sense pressió). En tots els casos, durant tot el procés de curat cal mantenir una pressió mínima dins la mànega que cal curar per garantir que mentre la mànega segueixi sent flonja en tot moment es continui mantenint el contacte mànega-canonada amfitriona.

En les tècniques de curat per aigua calenta o vapor, el control de la temperatura i del temps de curat són factors fonamentals. La tècnica consisteix a fer circular aigua i vapor d'aigua per l'interior de la canonada. A la figura 5 es pot apreciar com s'injecta el vapor d'aigua punxant la mànega per un dels extrems amb unes pistoles de vapor.

Pel que fa al curat per raigs UV, s'utilitza el que en llenguatge del CIPP s'anomena *carro* de llum ultraviolada (figura 7). En aquesta tècnica la velocitat de curació es controla tant amb la



Figura 3. Esquema del muntatge per a la instal·lació d'una mànega per reversió. [10]



Figura 4. Mànega en procés de reversió dins la canonada amfitriona



Figura 5. Curat amb vapor d'aigua



Figura 6. Control de temperatura, velocitat i posició



Figura 7. Introducció del carro de llums UV dins la mànega instal·lada que cal curar

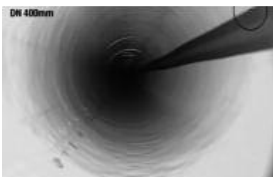


Figura 8. Inspecció postinstal·lació de la canonada rehabilitada

velocitat en què avança el carro de llums com amb la possibilitat de regular la intensitat dels llums. A la figura 6 es pot apreciar el centre de control del carro de llums. En aquest cas es tracta d'un aparell que permet controlar la curació tant per raigs UV com per les altres dues tècniques. Per aquest motiu també dona informació de la temperatura. Tot i així, el carro de llums també porta incorporats quatre sensors de temperatura al llarg de la seva extensió que permeten detectar avaries en algun dels llums ja que com tota llum també emeten calor per pèrdues per efecte Joule, i per altra banda també aporta informació de la intensitat que circula pels llums i permet controlar la velocitat de curació amb més precisió. El curat per raigs UV és una tècnica delicada ja que una baixa exposició a la llum UV provocarà que la resina no curi en la seva totalitat. En canvi una exposició desmesurada podria arribar a danyar la mànega degradant-la o patint petites cremades.

e. Tasques postinstal·lació

Un cop acabat el procés de curació, es talla i analitzen mostres extretes dels excedents previstos de la mànega, se segellen els extrems de la mànega amb massilla o peces de tancaments (depenent del tipus de canonada) i es realitzen els testos de pressió corresponents. Després també es procedeix a reobrir les obertures laterals mitjançant un robot. Tot i així, en canonades de pressió actualment només és rehabiliten trams de canonada sense derivacions laterals ja que ningú ha trobat com solucionar els problemes de desprendiment de mànega fruit d'una obertura lateral en mànegues de pressió. Finalment es fa una gravació en vídeo de l'estat interior de la mànega (figura 8).

Una vegada finalitzada la instal·lació de la mànega i curada la resina, el comportament del material del tub hoste pot assumir-se equivalent al d'un material compost. Aquest últim consisteix en la combinació en l'àmbit macroscòpic de dos o més components no solubles entre ells que s'uneixen sinèrgicament, amb què s'obté un material amb més capacitat estructural que la dels seus constituents (fibres, feltre i resina) quan actuen per separat.

Les capes de reforç (rígides i resistents) corresponen a les capes de fibra (sol ser fibra de vidre o poliestirè). El reforç es troba embegut en un material homogeni denominat *matriu* (sol ser una resina epoxi) que actua com a aglutinant,

protector, i s'encarrega de repartir i transmetre les càrregues al reforç. En cas d'existir discontinuïtats en la matriu, ja sigui per bombolles o regions de fibra seca, és a dir, zones amb una impregnació deficient, la matriu pot no transferir les càrregues, i així minvar el comportament estructural del conjunt. Per això, durant el procés d'instal·lació cal minimitzar l'aparició de bombolles, evitar zones d'aire oclòs i garantir una impregnació satisfactòria.

3. Problemes detectats

S'han recopilat els problemes sorgits en diversos projectes. Segons l'origen de la problemàtica es poden dividir en tres grups.

3.1 Problemes derivats de la fase de preinstal·lació

Un bon dimensionament de la mànega és fonamental per a prevenir futurs problemes. En el cas de tenir una mànega d'un diàmetre inferior al que tocaria, el perímetre de la mànega no arribarà a recolzar-se en la totalitat de les parets de la canonada amfitriona (figura 9a), cosa que provocarà que d'aquesta manera en el punt on no hi hagi contacte entre mànega i canonada sigui la mànega la que hagi d'aguantar tota la càrrega i per tant un punt dèbil per on segurament es trencarà en cas que la mànega instal·lada sigui semiestructural i sense *preliner*. Les mànegues es calculen segons l'estat de la canonada que cal rehabilitar. Depenent de l'estat de la canonada que s'ha de rehabilitar, es fabricarà una mànega que contindrà més o menys fibra i per tant la canonada que s'ha de rehabilitar tindrà un paper més o menys important.

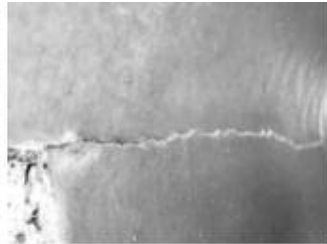
Una manera d'intentar evitar aquest problema és augmentar la pressió d'instal·lació de la mànega en el moment que encara no ha curat. D'aquesta manera s'aconsegueix expandir al màxim la mànega fent que toqui a les parets de la canonada amfitriona. Però aquesta possible solució pot comportar dos problemes. El primer és que el grup de pressió no tingui prou capacitat per augmentar tant la pressió i el segon i més preocupant és que segurament es pugui arribar a fer que ambdues estructures arribin a estar en contacte però es molt probable que llavors la mànega, en superar l'expansió màxima que indica el fabricant, s'esquinci i generi una esquerda longitudinal (figura 9b).

D'altra banda, si s'intenta anar pel cantó de la seguretats en el dimensionament i per tant es fabrica una mànega d'un

diàmetre superior al de la canonada que s'ha de rehabilitar, llavors es creen arrugues en la direcció longitudinal (figura 9c) i es creen punts dèbils en la direcció circumferencial, que és la que més càrrega ha de suportar ja que degut a la pressió interna la canonada ha d'aguantar el doble de la càrrega en la direcció circumferencial. Tot i així la direcció longitudinal es carrega degut a les càrregues externes (terreny, trànsit rodat, paviment, aigua...) i per tant debilitar el conjunt en aquesta direcció també pot comportar problemes en un futur pròxim.



a. Manca de contacte en mànegues semiestructurals i sense preliner.



b. Esquerda longitudinal.



c. Arruga longitudinal.



d. Manca de resina.



e. Zones inflades.



f. Col·lapse de la mànega. [11]

Figura 9. Exemple de defectes genèrics

La manca de resina o una mala impregnació de la mànega (figura 9d) també és un problema greu i inacceptable que comporta haver de realitzar la instal·lació de nou ja que redueix gairebé totalment la capacitat portant del conjunt (mànega-canonada amfitriona). Per sort, es tracta d'un problema fàcilment identificable ja que la majoria de les resines utilitzen components de colors vius per tal de poder identificar a simple vista si la mànega ha estat ben impregnada o no.

3.2 Problemes derivats de la fase d'instal·lació

L'aparició d'arrugues en la direcció circumferencial afecta menys que les arrugues longitudinals però també debilita el conjunt. Aquest tipus d'arruga sorgeix quan la mànega té problemes per avançar a través de la canonada amfitriona i s'encalla en algun punt. Llavors, en el temps que es tarda a desencallar la mànega, la resina comença a curar a poc a poc i solidifica la mànega tot formant una arruga circumferencial.

Com a resultat d'una mala instal·lació també es pot produir el col·lapse de la mànega (figura 9f) o la presència de punts inflats (figura 9e). Ambdós casos són provocats per la presència d'aigua entre la canonada amfitriona i la mànega. L'aparició de punts inflats és perillós en cas que en algun moment s'hagi de buidar la canonada ja sigui per fer-ne el manteniment o altres tasques. Fruit de la despressurització, l'aigua que es troba entre ambdues estructures pressuritzada a la pressió nominal de la canonada d'aigua potable (6-8 bar) provoca que la mànega acabi col·lapsant (figura 9f) i calgui extreure-la i tornar a realitzar la rehabilitació.

Finalment, en algunes obres de rehabilitació mitjançant CIPP també s'han trobat objectes o restes del procés de preparació de la canonada que després han quedat atrapats entre la canonada amfitriona i la mànega i han generat bonys i per tant debilitats.

3.3 Problemes derivats de la fase de postinstal·lació

En aquesta fase, els tancaments tenen un paper clau. Normalment s'utilitzen una espècie de files d'anells metàl·lics que juntament amb anells de goma aconsegueixen que l'aigua no s'escoli entre la mànega i la canonada amfitriona en els dos extrems del tram rehabilitat, fet que comportaria les greus conseqüències comentades anteriorment.

Un dels punts que encara no estan resolts són les derivacions laterals. De moment només es rehabiliten trams sense derivacions laterals ja que ningú garanteix que no es pugui escolar l'aigua entre ambdues estructures. Per rehabilitar trams amb derivacions laterals, actualment el que es fa és dividir el tram en trams petits evitant la derivació i substituint-la per una de nova si fos necessari.

4. Proposta pla d'actuació

Per tal d'evitar els problemes mencionats anteriorment i detectar una possible font de futurs problemes a temps, s'ha

ideat una sèrie d'assajos i procediments que s'han dividit en quatre fases. D'aquesta manera, per una banda es garanteix que la rehabilitació es faci correctament i, per l'altra, en cas que posteriorment sorgís un problema, es pot saber exactament en quina de les fases s'ha produït i quin ha estat el seu origen. Aquest darrer punt és important ja que actualment una rehabilitació per CIPP és com una caixa negra on intervenen molts factors i agents diferents i fa que en cas de fallida sigui molt difícil determinar què és exactament el que ha fallat per evitar que es repeteixi en futures rehabilitacions i per determinar quina asseguradora haurà d'assumir els costos de danys a tercers, nova rehabilitació...

4.1 Fase 1: procediments previs

Abans de procedir a una rehabilitació, s'ha de realitzar una inspecció prèvia de la canonada per tal de determinar quin és l'estat actual de la canonada i valorar quina tècnica de rehabilitació (*spray*, *pipe bursting*, *sliplining*, *thermoformed pipe* (Fold-and-Form [3]), CIPP) [4] és la més adient.

El *spray* consisteix a recobrir l'interior de la canonada d'una fina pel·lícula plàstica i es caracteritza perquè tant la maquinària que cal utilitzar com l'aportació de material són mínimes. Tot i així, és una solució que només serveix quan la canonada presenta un grau de degradació molt petit. Si la pressió nominal de treball de la canonada és baixa també és una solució que s'utilitza per donar estanquitat.

El *pipe bursting* consisteix a introduir a pressió una canonada nova dins de la vella. Aquesta última es va rebentant a mesura que la canonada nova avança. Es tracta d'una tècnica que només s'utilitza en trams rectes i que deixa les restes de la canonada vella enterrades sense fer-ne cap ús. A més és necessari disposar de molt espai durant la instal·lació i per tant poc probable en una ciutat.

El *sliplining* és una tècnica molt semblant al *pipe bursting* però amb la diferència que el diàmetre de la canonada nova és inferior al de la vella i per tant aquesta darrera no es destrossa durant la instal·lació. En aquesta tècnica, la nova canonada és instal·lada tot lliscant per la canonada vella. Els punts febles d'aquesta tècnica són que es redueix de manera important la secció del pas d'aigua a través de la canonada i que només permet rehabilitar trams rectes o amb colzes no gaire pronunciats.

Finalment, el *thermoformed pipe* és una tècnica amb què s'introdueix una canonada de PE dins de la canonada

degradada. Durant la instal·lació, la nova canonada s'introdueix amb un plec. Un cop dins, la canonada nova recupera la forma i torna a recuperar la deformació elàstica que havia patit. Aquesta tècnica també es limita a trams rectes. A més, les arquetes han de tenir una dimensió molt considerable per tal de tenir angle suficient per introduir la canonada nova de PE i el diàmetre intern de la canonada antiga ha de ser gairebé constant al llarg de tota la seva longitud, poc probable en les canonades actuals fabricades amb les toleràncies dels anys 50, 60 i 70.

El CIPP és el més adient quan la canonada presenta danys estructurals lleus o greus i una de les poques tècniques que permeten superar colzes de 45°. També és una tècnica competitiva econòmicament i respectuosa amb el medi ambient i social.

En el cas que es decideixi realitzar la rehabilitació per CIPP s'ha de valorar quin tipus de mànega s'ha d'utilitzar. Segons l'estat de la canonada amfitriona s'emprarà una mànega estructural, semiestructural o d'impermeabilització. Les mànegues d'impermeabilització contenen poca fibra ja que es fan servir en canonades de molt baixa pressió (normalment de la xarxa de clavegueram) per impermeabilitzar tubs que mantenen intacta la seva capacitat portant. Les mànegues semiestructurals s'utilitzen en canonades de pressió que presenten menys de tres esquerdes longitudinals i ja tenen certa capacitat portant però mantenint una elongació important, cosa que facilita la seva instal·lació. Finalment, les mànegues estructurals contenen molta fibra i per tant tenen una elongació mínima però en canvi poden suportar les càrregues que suporta normalment una canonada. S'utilitzen en trams on, fruit del desgast, les parets de la canonada han anat minvant fins al punt on només queda la mínima expressió o també en canonades que presenten orificis importants. En aquest tipus de mànegues la contribució de la canonada amfitriona és nul·la.

A partir de l'estat de la canonada s'ha de dimensionar correctament la mànega seguint la normativa ASTM F1216 [12].

4.2 Fase 2: Recepció dels materials

Quan arriben els components a l'obra per ser instal·lats, han de passar una sèrie de controls per verificar que per exemple el proveïdor no s'hagi equivocat enviant la mànega i que els productes compleixen amb les propietats mecàniques que el

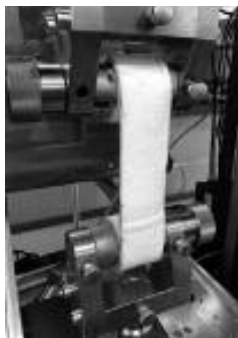


Figura 10. Assaig de tracció d'una mànega de fibra de vidre



Figura 11. Assaig de tracció de la resina



Figura 12. Morfologia de la mànega

fabricant indica. D'aquesta manera, si es troba alguna irregularitat no s'instal·la la mànega, evitant així haver d'emprar temps i recursos a extreure-la. Per aquest motiu es proposa en primer lloc realitzar un anàlisi de les característiques geomètriques i morfologia de la mànega sense estar impregnada de resina, controlant el perímetre i diàmetre de cada capa, anàlisi de les costures si n'hi ha, els materials i composició del gramatge.

També es proposa realitzar assajos de la mànega sense impregnar de resistència a tracció tant en la direcció circumferencial com longitudinal. Aquests assajos permeten conèixer l'elongació màxima i tensió de ruptura de la mànega assegurant que la totalitat del perímetre de la mànega estarà en contacte amb la canonada amfitriona en tot el tram rehabilitat, evitant així la creació d'esquerdes longitudinals.

Pel que fa a la resina, també es proposa analitzar les característiques de curat mitjançant assajos de Differential Scanning Calorimetry per tal d'assegurar que els paràmetres de curat són els correctes ja que, si no és així, després de la instal·lació, el *composite* fibra-resina no arribarà a tenir les propietats mecàniques calculades inicialment, cosa que podria arribar a deixar fora de servei el tram rehabilitat. Per altra banda, també és necessari controlar el nivell de càrregues que porta la resina ja que les propietats mecàniques variaran. És important barrejar molt bé els pots de resina abans d'agafar una mostra per evitar que els compostos de més massa (càrregues) es quedin al fons.

4.3 Fase 3: Instal·lació

Durant la instal·lació es proposa fer una recopilació de dades de certs factors que poden influir en el correcte desenvolupament, com per exemple són les condicions ambientals. La temperatura té una gran influència en la viscositat de la resina, com demostren els assajos de reometria efectuats en una de les resines epoxi bicomponent que s'utilitza en rehabilitacions per CIPP. Com s'observa en la figura 13, impregnar una mànega amb aquesta resina en un dia de fred a l'hivern pot arribar a suposar tenir problemes d'impregnació ja que l'alta viscositat de la resina dificulta que arribi a impregnar tot l'entramat de fibres. Les mànegues instal·lades per CIPP són un *composite* on la totalitat de la fibra necessita estar immersa en una matriu de resina per tal d'obtenir les propietats mecàniques calculades. Hi ha

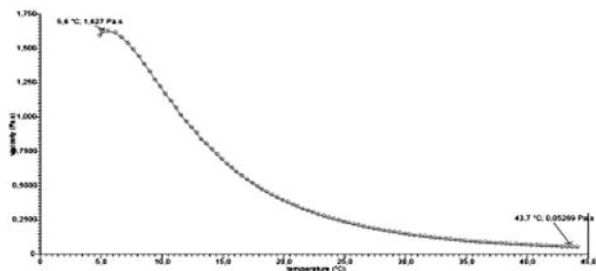


Figura 13. Viscositat d'una resina epoxi bicomponent a diferents temperatures

fabricants que impregnen les seves mànegues a fàbrica mateix però n'hi ha d'altres que realitzen la impregnació *in situ* a l'obra. En la majoria d'ocasions, això suposa dur a terme la impregnació molt d'hora, de matinada, per tal que el *composite* estigui a punt per ser instal·lat a primera hora del matí. En alguns projectes no s'havia tingut en compte el notable descens de la temperatura ambient en el moment de la impregnació, cosa que va provocar *a posteriori* l'aparició de defectes d'impregnació (figura 9d).

Tenir una viscositat massa baixa també és perjudicial ja que un cop posicionada la mànega impregnada de resina dins de la canonada, passarà un temps determinat fins que el curat de la resina s'hagi completat i per tant endurit. Una viscositat massa baixa provocarà que per gravetat la resina flueixi cap a la zona inferior de la canonada (les sis en punt) i deixi la zona superior sense.

4.4 Fase 4: Verificacions

Un cop acabada la instal·lació en acabar l'etapa de curat, es proposa en primer lloc realitzar una inspecció mitjançant una càmera per tal de comprovar l'absència de defectes d'instal·lació (figura 8). També s'extrauran mostres de la mànega endurida per analitzar al laboratori. D'aquestes mostres se'n faran assajos mecànics de flexió a tres punts i de resistència circumferencial inicial específica per tal d'avaluar les propietats mecàniques del *composite* final que realment s'ha instal·lat.

Finalment també es proposa efectuar una prova d'estanquitat del tram rehabilitat així com una prova de pressió. Aquests darrers assajos permeten assegurar que les propietats mecàniques de la canonada rehabilitada són les previstes, a més d'assegurar la correcta instal·lació dels tancaments.

Referències

- [1] M. R. REPORT, *Cured-In-Place Pipe (CIPP) Market Size, Share, Trend, Forecast, & Competitive Analysis: 2021-2026*. 2020.
- [2] AEAS, "AEAS: Sala de premsa," 2016. [Online]. Available: <https://www.aeas.es/images/publicaciones/estudios-suministros/2016-notadeprensa.pdf>
- [3] Trenchless Technology, "Fold-and-Form 101," 23-Mar-2011. [Online]. Available: <https://trenchlesstechnology.com/foldandform-101/>
- [4] D. OBRADOVI, "A short review : Techniques for trenchless sewer rehabilitation," p. 1-8, 2018.
- [5] S. KHAN and C. DOBSON, "Trouble Shooting for Trenchless Liner Installation During Sewer Line Rehabilitation," in *Weftec*, 2006, vol. 1, p. 5420-5435.
- [6] P. ABIÁN, "Obres al Carrer Major, Tecnologia avançada per reparar canonades," *La veu de Montcada i Reixac*, Montcada i Reixac, Feb-1993.
- [7] Aigües de Barcelona, "O.T 3338_Rehabilitación C/Mayor, T.M. Montcada i Reixac 1993," 1993.
- [8] N. S. ZAKARIA, Z. M. A. MERICAN, and M. F. HAMZA, "Performance and Critical Issues of Polymer Liners in Pipeline Industry : A review," *Mater. Today Proc.*, vol. 16, p. 2389-2397, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.06.143

- [9] Underground Construction, "Styrene Still Meets Needs Of CIPP Industry," Vol.70, No.4, Apr-2015. [Online]. Available: <https://ucononline.com/magazine/2015/april-2015-vol-70-no4/features/styrene-still-meets-needs-of-cipp-industry>. [Accessed: 19-Apr-2020]
- [10] S. N. W. Agency, "Sewer rehabilitation," 2020. [Online]. Available: <https://www.pub.gov.sg/usedwater/sewerrehabilitation>
- [11] A. SELVAKUMAR and J. C. MATTHEWS, "Demonstration and Evaluation of Innovative Rehabilitation Technologies for Water Infrastructure Systems," *J. Pipeline Syst. Eng. Pract.*, vol. 8, no. 4, p. 06017001, 2017, doi: 10.1061/(asce)ps.1949-1204.0000268
- [12] ASTM F1216, "Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube." ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.

Nota

Aquest article ha estat elaborat junt amb Marco A. Pérez (Universitat Ramon Llull-IQS) i Antoni Andreu Torras (Aigües de Barcelona)

5. Conclusions

Per tal de rehabilitar una canonada d'aigua potable cal realitzar un control exhaustiu per evitar els problemes exposats anteriorment començant per fer un diagnòstic correcte de la canonada per tal d'evitar sobredimensionar en excés la mànega. El sobredimensionament de la mànega dificulta la seva instal·lació degut a l'alta quantitat de fibra, que a més de guanyar en massa també augmenta molt les propietats mecàniques i dificulta la instal·lació, ja sigui per *pulling* o reversió. Per altra banda també cal conèixer les característiques geomètriques de la canonada que s'ha de rehabilitar ja que les toleràncies amb què van ser fabricades són molt grans i presenten un nivell d'ovalització important. Així doncs, s'ha d'instal·lar una mànega que eviti generar arrugues longitudinals per ser de diàmetre més gran que la canonada que s'ha de rehabilitar i que arribi a tocar en la totalitat de les parets de la canonada sense que es generin esquerdes longitudinals.

El pla d'actuació proposat ha de servir per evitar els problemes exposats. La totalitat dels procediments proposats ja han estat provats a escala de laboratori amb èxit. Les obres de CIPP es caracteritzen per ser de curta durada i per tant les fases es troben molt poc dilatades en el temps, a més d'intervenir-hi diversos agents. Per aquest motiu comprovar que es poden intercalar els procediments proposats sense entorpir el funcionament de l'obra és fonamental. Així doncs, també se n'ha comprovat la viabilitat en proves pilot realitzades en diverses obres amb mànegues i tecnologies de CIPP diferents amb èxit.

6. Agraïments

En primer lloc, es vol agrair al programa de doctorats industrials de la Generalitat de Catalunya l'atorgament del projecte amb referència 2019 DI45 per donar al primer autor l'oportunitat de formar-se com a investigador, així com a l'empresa Aigües de Barcelona i a l'IQS School of Engineering (Universitat Ramon Llull) per posar a disposició els diferents recursos i per la fructífera col·laboració. Finalment, es vol donar les gràcies també a les diferents empreses SAERTEX multiCom, Grupo Navec Servicios Industriales, S.L., Aquatec S.A.) que han col·laborat ja sigui en l'aportació de materials, dades i en les proves pilot realitzades.



Laura Trapero i Bagué
Oriol Travesset i Baró
Marc Pons i Pons

Grup de Muntanya
d'Andorra Recerca +
Innovació

Des d'Andorra Recerca + Innovació es potencia el desenvolupament de la recerca aplicada i la innovació a través de l'ús de tecnologies emergents, processos àgils d'innovació i eines disruptives perquè els actors clau d'Andorra puguin adoptar-les fàcilment. En aquest article es presentaran alguns dels projectes dins les línies de treball vinculades a la meteorologia, la climatologia i la neu en què la incorporació de nous procediments, eines i tecnologies permet promoure el desenvolupament de nous sectors econòmics més sostenibles i enfocats a la millora del benestar de la societat.

CLIM'PY (Climatologia)

La motivació principal d'aquest projecte ha estat la caracterització de l'evolució del clima i la provisió d'informació per a l'adaptació dels Pirineus en un context de canvi global. Aquest projecte ha estat finançat pel programa Interreg-Poctefa i pel Govern d'Andorra a través dels Ajuts complementaris al Poctefa 2014-2020, referència AUEP002-AND/2015 (<https://www.opcc-ctp.org/ca/climpy>). Els principals resultats en territori andorrà estan publicats al web de l'Observatori de la Muntanya d'Andorra (www.oma.ad).

Per primera vegada, s'ha caracteritzat l'evolució de la coberta de neu tant en l'espai com en el temps a partir d'eines de teledetecció. Actualment, com a complement de les observacions *in situ*, la teledetecció per satèl·lit és útil per fer un seguiment del senyal climàtic i els seus efectes sobre la dinàmica de la neu. Per generar les climatologies de la coberta de neu als Pirineus pel període 2000-2017 (figura 1), s'han utilitzat els productes diaris de neu MODIS (Terra/MOD10A1 i Aqua/MYD10A1), prèviament avaluats a partir de les observacions de neu mesurades a les estacions d'esquí.¹ Aquesta informació és fonamental per a alguns sectors com la producció d'energia hidroelèctrica, el reg de cultius o, també, el turisme.



Laura Trapero i Bagué, doctora en Física



Oriol Travesset i Baró, doctor en Sostenibilitat

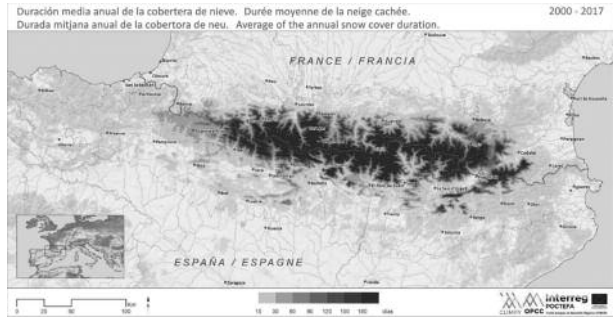


Marc Pons i Pons, doctor en Ciència i Tecnologia per la Sostenibilitat

L'ús i el potencial de les tecnologies emergents en el camp de la meteorologia i la climatologia

Paraules clau: innovació, tecnologia, Andorra, neu, meteorologia, climatologia.

Figura 1. Duració mitjana anual, en dies, de la coberta de neu als Pirineus (2000-2017). Font: CLIMPY



Projecte GWOP (Meteorologia)

El projecte GWOP, que és l'acrònim de *Gravity Waves and Orographic Precipitation*, liderat per la Universitat de Barcelona, té l'objectiu general d'estudiar diferents processos meteorològics que es veuen afectats per la presència del relleu, com les ones de muntanya, la formació de rotors i els efectes de l'orografia en els processos de precipitació.

Després de la campanya experimental i observacional GWOP 17 efectuada als Pirineus Orientals l'hivern de 2017, es va iniciar el processament de totes les dades enregistrades. L'estratègia observacional va ser dissenyada per tal de caracteritzar dos fenòmens diferents: les ones de muntanya i la precipitació orogràfica. Les campanyes experimentals permeten el desplegament tecnològic d'instrumental molt específic que es basa en tècniques d'observació avançada, com és en aquest cas un radar meteorològic portàtil, un microradar de precipitació (MRR) que funciona com a perfilador vertical, i el disdròmetre, un aparell amb tecnologia làser que mesura la mida i la velocitat de caiguda dels hidrometeors. Pel que fa a l'observació del vent i les circulacions locals, es van instal·lar un Lidar, un aparell de teledetecció basat en la tecnologia làser que permet estudiar el vent horitzontal, i un perfilador de vent UHF, que utilitza pulsacions electromagnètiques per calcular els perfils verticals de vent (fins a 5 km) a partir de l'efecte Doppler.

Dels resultats inèdits obtinguts en destaquem els publicats en el treball d'Udina et al. (2020) en què s'ha pogut estudiar les característiques d'un rotor elevat que fou generat per un episodi d'ona de muntanya;² i en l'estudi de González et al.

1. GASCOIN, S.; HAGOLLE, O.; HUC, M.; JARLAN, L.; DEJOUX, J.-F.; SZCZYPTA, C.; MARTI, R.; SÁNCHEZ, R. (2015). "A snow cover climatology for the Pyrenees from MODIS snow products". *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 2337-2351, <https://doi.org/10.5194/hess-19-2337-2015>

2. UDINA, M.; BECH, J.; GONZALEZ, S.; SOLER, M.; PACI, A.; MIRÓ, J.R.; TRAPERÓ, L.; DONIER, J.M.; DOUFFET, T.; CODINA, B.; PINEDA, N. (2020). "Multi-sensor observations of an elevated rotor during a mountain wave event in the Eastern Pyrenees". *Atmospheric Research*, 234, 104698. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104698>

(2021) en què s'analitza l'estructura vertical i les característiques microfísiques dels episodis hivernals de precipitació.³

Sistemes d'observació meteorològica: precipitació (meteorologia)

Andorra és un territori amb una orografia complexa que dificulta l'observació de la precipitació a partir de les imatges de radar dels serveis meteorològics dels països veïns. Malgrat que la xarxa d'estacions meteorològiques a Andorra és prou densa, no és suficient per mesurar la gran variabilitat d'aquest fenomen a tot el territori. Ens trobem així en un entorn adequat per explorar sistemes d'observació alternatius que ens permetin donar resposta a les limitacions actuals.

La primavera del 2022, es va iniciar una prova pilot en col·laboració amb l'empresa HD-RAIN per engegar una campanya de mesura de la precipitació a partir del senyal rebut de satèl·lits comercials. A diferència dels radars meteorològics convencionals, que són sistemes cars i costosos d'instal·lar i mantenir, la tecnologia desenvolupada per HD-Rain és innovadora i de baix cost i permet estimar la intensitat de precipitació a partir de l'atenuació del senyal que reben les antenes de televisió per satèl·lit. La zona d'estudi definida per la prova pilot ha estat la vall de la Valira del Nord. La primera fase del projecte és el desplegament de tota la xarxa pilot d'observació amb la instal·lació de dotze estacions de mesura a les parròquies d'Ordino i la Massana (figura 2). Si els resultats d'aquesta prova pilot fossin satisfactoris, tenint en compte la complexitat de l'orografia andorrana, aquest sistema permetria tenir cada minut un mapa a temps real de la intensitat i quantitat de precipitació caiguda al Principat.

DRONE LAB

El Drone Lab, ubicat a la caserna central de Bombers de Santa Coloma, és la secció d'Andorra Recerca + Innovació que conjuntament amb institucions del país, com el Cos de Bombers, donen suport logístic i operacional en projectes de recerca i innovació que facin ús d'aeronaus no tripulades a Andorra.

En el camp de la meteorologia, des de fa anys els radiosondatges han estat les úniques eines disponibles per conèixer l'estructura vertical de l'atmosfera. Les variables que



Figura 2. Instal·lació d'una estació de mesura HD-RAIN per a la detecció de la precipitació a la borda de Sorteny. Font: AR+I

3. GONZÁLEZ, S.; BECH, J.; GARCIA-BENADI, A.; UDINA, M.; CODINA, B.; TRAPERO, L.; PACI, A.; GEORGIS, J. F. (2021). "Vertical structure and microphysical observations of winter precipitation in an inner valley during the Cerdanya-2017 field campaign". *Atmospheric Research*, 264, 105826. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105826>



Figura 3. Imatge del vol del MeteoDrone des de la Caserna de Bombers d'Andorra. Font: AR+I

s'obtenen són la temperatura, la humitat relativa, la pressió, la força i la direcció del vent a diferents altures en dos moments del dia. Actualment l'evolució tecnològica dels drons ofereix una oportunitat única de vol per explorar l'atmosfera en zones d'orografia complexa com els Pirineus, on no s'efectuen radiosondatges, i obtenir un perfil vertical de l'atmosfera. Per poder explorar aquest nou sistema d'observació, l'hivern del 2022 va tenir lloc una demostració de vol d'una aeronau no tripulada equipada amb sensors per mesurar variables meteorològiques, per part de l'empresa suïssa Meteomatics. L'operació de vol es va dur a terme des de la caserna central de Bombers de Santa Coloma en diferents franges horàries (figura 3). Es van fer observacions durant el matí amb les primeres llums del dia i a la tarda amb la posta de sol (figura 4).

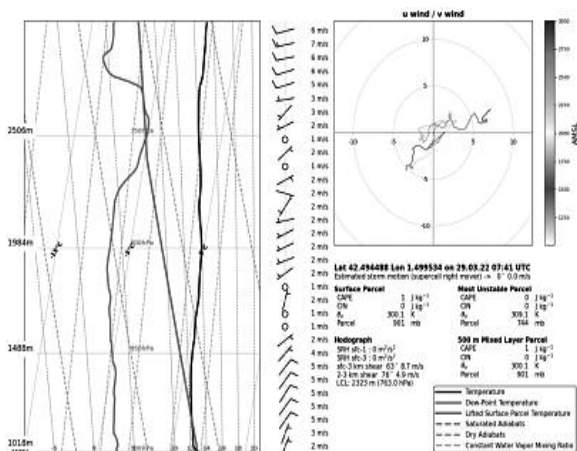


Figura 4. Perfil vertical de l'atmosfera observat amb el MeteoDrone. Font: Meteomatics

La finalitat del vol era conèixer el potencial de l'ús de les aeronaus per a l'estudi de la capa límit planetària en zones urbanitzades amb orografia complexa, com la vall central d'Andorra. La identificació de l'estructura vertical de l'atmosfera és clau per a la predicció meteorològica d'alguns fenòmens com les inversions tèrmiques, la formació de tempestes, el límit pluja-neu... A més, també pot ser útil en altres àmbits com el monitoratge de la qualitat de l'aire, el comportament d'incendis forestals o la provisió d'informació per a activitats d'aeronàutica, entre molts d'altres.

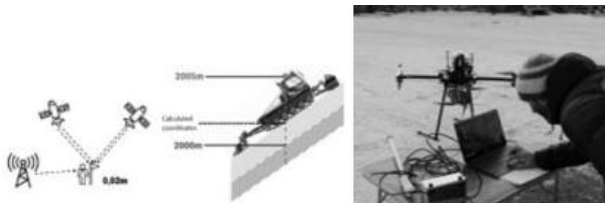


Figura 5. Representació esquemàtica de l'ús de la tecnologia GNSS-RTK en màquines trepitjaneu. Fotografia presa durant l'operació de vol LiDAR amb aeronau en unes pistes d'esquí a Andorra. Font: AR+

Laboratori de la neu

El laboratori de la neu és l'espai de test d'estratègies innovadores en l'àmbit de la neu i la muntanya, amb l'objectiu de contribuir al desenvolupament sostenible. Es treballa principalment en dos línies, enfocades a la millora de l'eficiència en la gestió i a la planificació de la neu a les estacions d'esquí.^{4, 5}

Conèixer amb precisió el gruix de neu pot afavorir un estalvi significatiu de l'ús de l'aigua i l'energia necessàries per poder produir neu artificial, així com el manteniment de les pistes que efectuen les màquines trepitjaneu. Segons estudis existents, disposar de dades precises del gruix de neu pot implicar un estalvi al voltant del 15% i el 8% d'aigua i energia utilitzades, respectivament.⁶ Una de les tècniques emprades es basa en la instal·lació de receptors GNSS (Global Navigation Satellite Systems) RTK (Real-time Kinematic) en una màquina trepitjaneu (figura 5), per mesurar l'alçària absoluta del nivell de la neu sobre una superfície amb una precisió centimètrica (< 2 cm).⁷ A posteriori, mitjançant el model digital del terreny sense neu a alta precisió implementat amb LiDAR (Light Detecting And Ranging), es calcula el gruix del mantell nival.

Paral·lelament a la instal·lació dels equips GNSS-RTK a les màquines, es treballa per poder integrar la tecnologia LiDAR en una aeronau no tripulada (dron), per poder operar-hi a les estacions d'esquí (figura 6). L'objectiu és que sigui una eina útil i complementària de les màquines trepitjaneu per a l'estimació del gruix de neu. Aquesta tècnica, malgrat que la distància que pot recórrer l'aeronau és limitada, permet efectuar mostres específics i amb un grau de detall més gran sobre zones d'un interès especial.



Figura 6. Estimació del gruix de neu a l'estació de Grandvalira mitjançant dron i LiDAR (10/02/2020). Font: AR+

4. PONS, M.; LÓPEZ-MORENO, J. I.; REVUELTO, J.; ALONSO, E.; VILELLA, M.; TRAVESSET, O.; APODAKA, J.; PESADO, C.; MARGALEF, A.; IRAVANI, P. (2018). "Remote sensing techniques for helping decision-making in the management of ski areas". *International Snow Science Workshop 2018*, 2018, p. 548-552.

5. TRAVESSET-BARO, O.; DOMÈNECH, M.; PESADO-PONS, C.; PONS, M. (2022). "Evolución de los usos de los recursos hídricos y posibles tensiones bajo escenarios de cambio climático en Andorra". *Actividad 4.7, Desarrollo y puesta en marcha de estrategias de adaptación*, 2022.

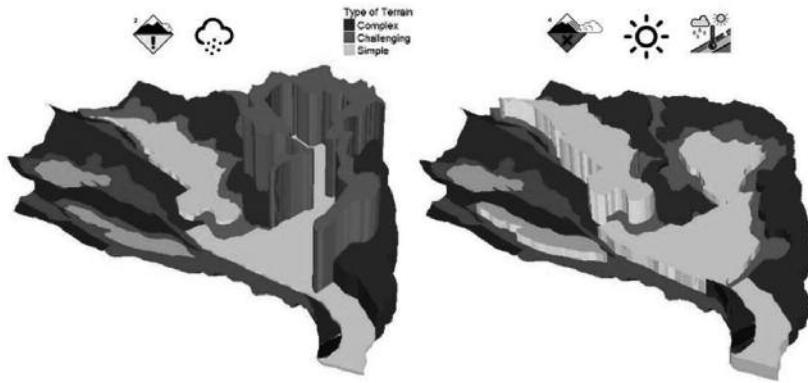


Figura 7. Distribució dels esquiadors segons la cartografia ATEs en diferents condicions meteorològiques i de risc d'allaus

Anàlisi de dades de telefonia mòbil (neu)

En un context d'interès creixent pel concepte *intel·ligent* (*smart*) (ciutat intel·ligent, país intel·ligent), les dades espaciotemporals són imprescindibles per entendre millor les dinàmiques del nostre entorn. En aquest sentit, l'anàlisi de dades de telefonia mòbil pot contribuir a identificar patrons i relacions útils per a la planificació del territori i aportar eines per facilitar la presa de decisions i donar-hi suport.

Un exemple d'àmbit d'aplicació de les dades de telefonia mòbil ha estat l'anàlisi de les dinàmiques d'esquiadors en terreny d'allaus. S'ha realitzat un cas d'estudi mitjançant les dades del mes de febrer del 2018. En aquest estudi, les dades de telefonia mòbil es combinen amb la cartografia ATEs (Avalanche Terrain Exposure Scale). L'anàlisi es limita a la vall de Sorteny i inclou l'estudi d'episodis amb diferents condicions meteorològiques i risc d'allaus. Els resultats obtinguts quantifiquen com els esquiadors modifiquen el seu comportament pel que fa a l'elecció del tipus de terreny en funció del grau de perill d'allaus i les condicions meteorològiques (figura 7). Aquest cas d'estudi s'explica amb més detall en l'article publicat a l'*International Snow Science Workshop*.⁸

6. OLIVART, J. M.; LLOP, I.; MORENO-SALINAS, D.; SÁNCHEZ, J. (2020). "Full real-time positioning and attitude system based on gnss-rtk technology". *Sustainability*, vol. 12, no. 23, p. 1-21, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12239796>

7. COGNARD, J.; & FRANÇOIS, H. (2019). "Review of ski resort operating costs and market analysis" (Prosnow Project).

8. FRANCISCO, G.; APODAKA, J.; TRAVESSET-BARO, O.; VILELLA, M.; MARGALEF, A.; PONS, M. (2018). "Exploring the potential of mobile phone data (Call Detail Records) to track and analyze backcountry skiers' dynamics in avalanche terrain". *International Snow and Science Workshop*, 2018, p. 1600-1603.



Guillem Martin i Bellido

Diplomat en Ciències
Físiques, postgrau en
Meteorologia PIB-M de
l'Organització Mundial de
la Meteorologia (UNED-
AEMET)

Les fotografies aèries fetes l'any 1858 pel fotògraf francès Gaspard-Felix Tournachon, més conegut com a Felix Nadar, es poden considerar com el naixement de la teledetecció. Aquesta tècnica d'observació dels fenòmens meteorològics des del cel, o l'atmosfera, ha anat evolucionant fins a arribar avui en dia a interpretar les condicions atmosfèriques a través de valors numèrics que posteriorment es representen com si es tractés d'una fotografia. L'anomenem, però, *imatge*, ja que és una transformació dels valors numèrics obtinguts pels satèl·lits a una eina visual, com per exemple les conegudes imatges del satèl·lit Meteosat. Per entendre'ns, els satèl·lits no fan fotografies, escanegen l'atmosfera analitzant la transparència de les diferents longituds d'ona; és a dir, fan una anàlisi espectral. Posteriorment, als centres de tractament de dades aquesta anàlisi espectral es transforma en productes visuals: les imatges.

Context històric

L'observació dels fenòmens meteorològics sempre ha sigut important per pronosticar el temps meteorològic, com ho demostren les múltiples crides que es feien als agricultors ja des de la segona meitat del s. XIX i que encara avui en dia són necessàries per descriure i entendre la meteorologia local de manera més acurada, un procés previ que és indispensable per fer previsions meteorològiques més precises.

La capacitat d'observació, la transmissió i el tractament de les dades han marcat l'evolució de les previsions meteorològiques.¹ L'invent del telègraf, entre els anys 1832 i 1944, va marcar un punt d'inflexió en la capacitat d'enviament de les dades mesurades i va permetre que l'any 1854 es fessin les primeres previsions meteorològiques científiques, gràcies al fet que es van poder intercanviar informacions meteorològiques des de diversos punts del planeta.²

La capacitat de càlcul i la seva rapidesa, però, era una qüestió



Guillem Martin i Bellido

L'òptica com a mitjà d'obtenció de dades meteorològiques





Imatge 2. Targeta d'enviament de dades meteorològiques dels anys 1940 recuperada del fons de FEDA, amb un anunci al dors que demana als agricultors que facin observacions dels fenòmens meteorològics

1- "Los Inicios de la meteorología de Gustav Hellmann". A. L. Prieto-Wilches, S. Bolaños-Cuellar i J. Pelkowski.

2- "The Evolution and Revolution of Weather Forecasting: A Review". Z. Nabi i D. Kumar.

3- *Richardson's Dream*. P. Lynch.

4- "The Beginnings of Numerical Weather Prediction and General Circulation Modeling: Early Recollections." J. Smagorjnsky.

5- "A Look at the Evolution of Meteorological Satellites." J. Schmetz.

6- "Satellite Data Assimilation in Numerical Weather Prediction: an Overview". J.N. Thépaut.

7- "Apport de la modélisation et de l'assimilation de données pour la caractérisation des surfaces continentales en prévision numérique du temps". G. Balsamo.

8- "Monitoring Weather and Climate with the Meteosat and Metop Satellites". J. Schmetz, D. Klaes, M. König, K. Holmlund.

que s'havia de millorar, ja que els càlculs per determinar l'evolució de l'atmosfera acabaven sent més lents que la mateixa evolució, com va quedar palès amb l'experiment conegut com el *Somni de Richardson*, l'any 1910, en què un grup de 64.000 científics, treballant per torns, havia de resoldre les equacions per preveure l'estat de l'atmosfera.³

Amb l'aparició dels ordinadors es va fer un salt important en aquest aspecte i l'any 1955, amb un IBM701, es va fer la primera previsió numèrica del temps.⁴

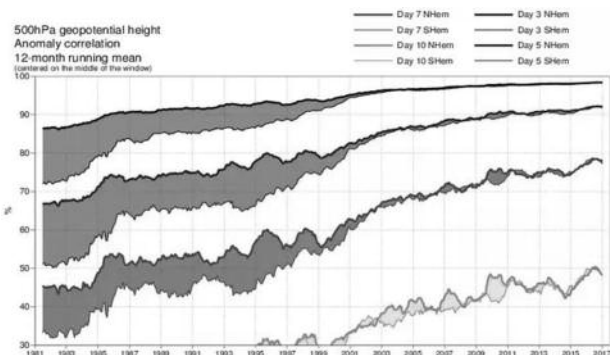
Posteriorment, l'any 1960 es va llançar el primer satèl·lit meteorològic, el TIROS-1, que ajudava a entendre millor els fenòmens atmosfèrics. El van seguir més satèl·lits que van confirmar la meteorologia com la primera disciplina científica que es va dotar de mitjans espacials. Un d'aquests va ser l'ESSA-2, que va permetre efectuar els primers mapes d'anàlisi dels núvols (nefoanàlisi) i elaborar mapes de vol per a l'aviació, entre altres activitats operatives.

A la dècada dels anys 1970 es van llançar els satèl·lits geostacionaris més coneguts pels mitjans de comunicació, com el satèl·lit Meteosat.⁵

Amb el canvi de segle, l'any 2002, es va posar en òrbita el Meteosat de segona generació. L'entrada en funcionament d'aquest satèl·lit va coincidir amb la introducció a la caracterització de l'atmosfera de les dades mesurades des de l'espai. És a dir, la descripció de l'estat inicial de l'atmosfera era més exacta perquè es disposaven de més dades.⁶ Aquest fet va esdevenir de vital importància per millorar els pronòstics, sobretot a l'hemisferi sud, com es veu a la imatge 3, en què hi ha menys observacions i mesures.⁷ D'alguna manera, les mesures fetes des dels satèl·lits feien la funció, en part, de la manca de mesures terrestres i de radiosondatges.

La nova generació de satèl·lits

Durant el segle XXI s'ha experimentat un increment notable dels satèl·lits meteorològics que orbiten la Terra, sobretot els d'òrbita polar, i envien dades que s'introdueixen a superordinadors.⁸ Els paràmetres mesurats són cada vegada més abundants i l'augment de la capacitat de tractament d'aquestes dades proporciona cada vegada informació més precisa amb resolucions que meteorològicament ja arriben a un quilòmetre, com és el cas del canal visible d'alta resolució del Meteosat. La segona generació d'aquest satèl·lit



Imatge 3. Evolució del percentatge d'encert dels diferents tipus de pronòstic. Les línies blaves corresponen a la previsió a tres dies vista; les vermelles, a cinc dies vista; les verdes, a set, i les grogues, a deu dies vista. Les línies inferiors del mateix color corresponen a la fiabilitat de les previsions a l'hemisferi sud, mentre que les línies superiors corresponen a l'hemisferi nord. Es pot apreciar que a partir del s. XXI les àrees de colors que indicaven la diferència de fiabilitat gairebé desapareixen i els pronòstics guanyen fiabilitat a la mateixa velocitat en tot el globus terraquí

meteorològic geoestacionari europeu serà substituïda a final de l'any 2022 per la tercera generació. La primera generació d'aquest satèl·lit prenia mesures cada 30 minuts, la segona va augmentar el temps de mesura a 15 minuts, i la tercera prendrà mesures cada 10 minuts i arribarà a una resolució de 2,5 minuts a sobre d'Europa, amb una resolució espacial de fins a 500 metres. Aquesta resolució permetrà registrar i observar fenòmens que tenen lloc a les parts més altes dels núvols, com els anells freds dels cumulonimbus. Aquestes estructures atmosfèriques són senyals de severitat dels fenòmens convectius que podran entrar a formar part de la modelització, sobretot pel que fa a la previsió immediata i a molt curt termini.⁹ La tercera generació del Meteosat serà el primer satèl·lit a ser renovat durant aquesta dècada, ja que es calcula que l'any 2023 es posarà en òrbita el nou satèl·lit Metop de segona generació. El fet que aquestes dades es prenguin des de 36.000 km de distància posa de manifest els desenvolupaments en el camp de l'òptica que s'han dut a terme amb la fabricació d'aquests satèl·lits. Aquestes noves tecnologies permetran, a més, mesurar des de l'espai fenòmens com els llamps i serà capaç de fer un escaneig espectral de l'atmosfera, fet que permetrà obtenir perfils verticals en punts dels quals no es tenen mesures de radiosondatge. A més, amb el desenvolupament del projecte Cosparin també serà capaç d'estimar la precipitació en punts on no arriba la cobertura de radars meteorològics.¹⁰ Si tenim en compte que actualment els radars meteorològics per estimar la precipitació cobreixen només el 10% de la

9- "Meteosat third generation infrared sounder (MTG-IRS), interferometer and spectrometer test outcomes, demonstration of the new 3D metrology system efficiency". S. Abdon et al.

10- "Spatial Contribution to Flood Risk Analysis (COSPARIN)". G. Lahache, A. Roumagnac, S. Chave.

superfície de la Terra, que es passarà a tenir coberta una superfície de gairebé el 90%, que amb la nova generació de satèl·lits meteorològics es multiplicarà l'observació de l'activitat elèctrica, i que es podran obtenir radiosondatges d'indrets on fins ara no n'hi havia, és evident que la fiabilitat i la precisió de les previsions meteorològiques seguirà augmentant en les dècades vinents.

Tots aquests desenvolupaments i avenços científics s'han pogut dur a terme gràcies a la recerca i a la planificació que des de fa anys s'està duent a terme, com demostra el fet que la tecnologia usada per al disseny d'aquests nous satèl·lits es va idear l'any 2010 i està previst que estigui en funcionament almenys fins a l'any 2040. El compliment de les fases d'un projecte de recerca, com poden ser la fase d'investigació, la de desenvolupament i la d'avaluació, són vitals perquè la fase final, l'operativa, sigui sòlida i sostenible, és a dir, que els resultats obtinguts durant la recerca es puguin aprofitar durant el màxim d'anys possible.

Les dades

Les dades mesurades i transmeses per tots aquests sistemes òptics es veuran multiplicades a partir de la posada en òrbita dels satèl·lits, fet que requerirà, a part de més capacitat d'emmagatzematge, més capacitat de tractament i processament de la informació rebuda.

Tot i que, de moment, encara no emmagatzemem imatges de satèl·lit per a usos meteorològics, el Principat d'Andorra no queda al marge d'aquest augment de mesures que implica un augment de capacitats d'emmagatzematge i tractament. A Andorra, per trobar els primers registres meteorològics ens hem de remuntar al segle XIX, concretament a l'octubre de 1896. En aquests 125 anys hem passat de tenir una dada mensual de precipitació com a única informació meteorològica a tenir-ne una cada minut gràcies a les estacions automàtiques, que han millorat la capacitat de transmissió. Si tenim en compte totes les dades que es registren (vent, radiació, temperatura, humitat, gruix de neu, etc.), actualment al Servei Meteorològic s'adquireixen 57.840 dades cada dia de manera automàtica, 1.735.200 al mes.

L'augment del nombre de dades mesurades implica un augment de la capacitat de tractament per obtenir resultats

en forma de gràfics, per exemple, o informació rellevant per a la comunicació o la presa de decisions. Aquestes dades passen a formar part d'una base de dades que té un creixement exponencial i que conforma el *big data*. Però el *big data* "la base de dades que permet, entre altres, la implementació de la intel·ligència artificial" requereix també el *trust data*. La qualitat de les dades, és a dir, que siguin fiables, és bàsica per a l'efectivitat de la intel·ligència artificial que a més requereix d'un accés universal, les dades obertes (*open data*).

Conclusió

Els nous sistemes d'observació incideixen sobre els sistemes de transmissió, gestió i tractament de les dades. A més, l'accés a les dades –cada vegada més estès– basat en la universalitat, la intangibilitat i l'accessibilitat remota obliguen els gestors de les bases de dades a garantir-ne la fiabilitat. Aquest fet obre les portes a crear nous perfils professionals i a esperar els que vivim sota l'amenaça de l'automatització de la nostra professió (els meteoròlegs, entre altres), ja que per continuar sent rellevants hem d'oferir un servei de més qualitat que el dels ordinadors o robots, que a la vegada milloren contínuament. L'ús de robots, ordinadors i algorismes ha de ser un complement per millorar la nostra feina del dia a dia, per oferir-nos noves eines que ajudin a la presa de decisions i a comunicar de manera més eficient.

Els escenaris futurs en termes de meteorologia són, com a mínim, engrescadors. L'obertura de les dades de previsió numèrica donarà més informació per desenvolupar eines de decisió i, en el futur, l'ús d'ordinadors quàntics multiplicarà les opcions de càlcul dels models meteorològics actuals. Tot això sense oblidar que l'obtenció de dades minutals a través de les estacions automàtiques i, sobretot, l'augment de la resolució dels elements de teledetecció (satèl·lits i radars)¹¹ ofereixen un potencial encara per explorar en termes de previsió immediata (*nowcasting*), entre altres.

11-"Big Data Assimilation' Toward Post-Petascale Severe Weather Prediction: An Overview and Progress". T. Miyoshi et al.



Cerni Escalé i Cabré

Polítòleg i investigador
independent en Dret



Cerni Escalé i Cabré

Sobre l'ús de les noves tecnologies per millorar l'eficàcia de les normes

Aquesta ponència presenta de forma esquemàtica diversos problemes contemporanis de les lleis (i més específicament de les normes que hi són contingudes) i com podem afrontar-los des de l'ús de les noves tecnologies. Pocs són els comportaments que no estan, en menys o més mesura, regulats legislativament, i, malgrat això, el debat sobre com fer millors lleis ha estat molt poc explorat els darrers decennis.¹ El cert és que els nostres parlaments operen de forma pràcticament idèntica a com ho feien fa 200 anys: els comitès es reuneixen sobretot en privat i els representants fan la seva tasca en hemicicles que no han estat pensats per a l'època digital, amb contactes amb els seus representats o amb la societat civil que depenen de la voluntat dels diputats. És un problema d'ús dels recursos amb què comptem, perquè la computació de processos i l'ús de mecanismes d'intel·ligència col·lectiva, els dos instruments que presentem en aquesta ponència, són clau per afrontar un context en el qual la confiança ciutadana envers els parlaments es troba en un moment de mínims històrics i més actors mobilitzen els recursos per influir en l'agenda pública i el contingut de les lleis, sovint de forma opaca.² En el debat acadèmic³ es parla de l'eficàcia legislativa, entesa com la mesura en la qual la voluntat del legislador permet afrontar de forma correcta les qüestions objecte de la seva competència. Esbossarem tot seguit l'estat actual del debat sobre l'eficàcia legislativa des del punt de vista de l'ús de les noves tecnologies a què ens hem referit més amunt.

Problemàtiques contemporànies sobre l'eficàcia legislativa

El dret té poder constitutiu en el sentit que crea el seu propi objecte i que promou certes conductes alhora que en dissuadeix d'altres. Dit d'una altra manera, les normes del

legislatiu emanen de la cambra que les aprova i promulga, de forma autònoma i sense dependre d'altres acords o convencions. Opera mitjançant la imposició de deures, el conferiment de possibilitats/drets, i crea organismes (o institucions) que poden posar a la pràctica el contingut material de les lleis. Es pot dir, per tant, que les institucions públiques compleixen una funció d'intenció col·lectiva directament dependent de les normes que s'han posat en pràctica.⁴ Poques parcel·les de la vida no estan regulades per normes, ja sigui provinents del poder legislatiu o, de forma delegada, per part d'altres institucions. D'entre les institucions que es dediquen a configurar les diverses formes de regulació cap és més central, pel seu rol vertebrador de totes les altres accions, que els òrgans legislatius.

El primer problema a què cal apuntar és el coneixement inadequat de la legislació pels usuaris (pels ciutadans que hi estan subjectes, però sovint també per funcionaris públics o per experts en l'àmbit del dret). Aquest problema impedeix comportaments socialment valuosos i indueix a confusions que tenen un impacte negatiu en l'eficàcia de l'acció legal. La incorporació de ciutadans en fases del procés legislatiu permet que el coneixement de les normes sigui més aprofundit i és una possible solució a la captura legislativa per part dels individus o les organitzacions que disposen de més recursos.⁵ Els sistemes de participació també permeten distingir les normes d'entre les matèries legislades que són de més interès per a la població, i dirigir-hi l'agenda pública. Aquesta informació és molt valuosa, perquè permet crear noves taxonomies i promoure les normes que afecten més cada grup (o que els són de més interès) en el moment en què les institucions s'hi comuniquen, atenent a variables sociodemogràfiques, ocupacionals o d'interès per a determinades matèries. Un tret característic de la majoria de societats de l'Europa occidental és l'alta deficiència dels ciutadans respecte a les institucions públiques, i particularment respecte als legisladors i als parlaments. Això succeeix en un moment en què noves possibilitats de participació posen en dubte els models i instruments que s'han utilitzat fins ara.⁶

Hem esmentat que els processos i els instruments mitjançant els quals les institucions produeixen lleis (en el cas andorrà, el Govern i els comuns, per la seva capacitat de proposta, i el

1- MARTIN, S.; SAALFELD, T.; STRÖM, K. W. (2014). *The Oxford Handbook of Legislative Studies*, p. 29-53. Oxford: Oxford University Press.

2- *Ídem*.

3- EHRLICH, I; POSNER, R. (1974). "An Economic Analysis of Legal Rulemaking", *The Journal of Legal Studies*, (3), p. 257-286. MADER, L. (2001). "Evaluating the effect: a contribution to the quality of legislation", *22 Statute Law Review*, p. 119-131. XANTHAKI, H. (2018). "An enlightened approach to legislative scrutiny: focusing on effectiveness", *European Journal of Risk Regulation*, 9, p. 431-444.

4- SEARLE, J. (1995). *The Construction of Social Reality*, p. 78-81. Nova York: Free Press.

5- XANTHAKI, H. (2014). *Drafting: Art and Technology of Rules and Regulation*, capítol 5. Oxford: Hart Publishing Ltd.

6- ALSINA, V.; MARTÍ, J. L. (2018). "The Birth of the CrowdLaw Movement: Tech-Based Citizen Participation, Legitimacy and the Quality of Lawmaking", *Analyse & Kritik* 40 (2), p. 337-358.

Consell General, en la formulació, el debat i l'adopció) han canviat poc, malgrat la marcada evolució tecnològica que s'ha experimentat en els darrers vint anys. En la majoria de casos ha millorat la transparència dels processos legislatius i el nombre d'experts que són convidats a prendre-hi part. Aquests experts intervenen, però, de forma puntual a l'hora de redactar les lleis, quan ja s'ha decidit que la nova regulació o la modificació legislativa ha de tenir lloc i un debat inicial s'ha produït sobre els requisits tècnics prescrits. Malgrat disposar de recursos humans qualificats dins de les administracions públiques, d'altres experts en els sectors sobre els quals es legisla, i de nombroses associacions i grups de ciutadans interessats, acostumen a no poder participar en el procés de confecció legislativa. Similarmet, els registres entre departaments i institucions públiques no són generalment interoperatius, i poc sovint s'utilitzen tots els recursos interns a disposició quan es fan lleis.⁷ És una llàstima, perquè es tracta, en el fons, d'un problema d'informació asimètrica entre els parlamentaris i els serveis tècnics, els recursos i els experts dels quals disposen les administracions públiques. Això es podria solucionar fàcilment si: (a) es conegués millor de quins recursos específics i de quines competències disposen les administracions i altres organitzacions del país, i es configuressin registres a aquest efecte, i (b) l'obertura del procés legislatiu permetés una participació més aprofundida d'aquests actors.⁸

Els parlaments aproven normes que afecten la gran majoria de sectors socials i productius, en dominis sovint complexos. D'aquests processos en depenen directament el creixement econòmic, el benestar social i l'aplicació de la justícia: per tant, és fonamental que l'abast de la llei sigui l'adequat, que les propostes siguin útils i que hi hagi la mínima diferència possible entre les intencions del legislador i el que passa a la pràctica en la implementació dels instruments escollits. Això implica trobar sistemes de participació efectius i utilitzar eines que permetin canalitzar millor la informació que emana dels poders executiu i legislatiu, i adaptar ecosistemes diferents per a les diverses fases de producció normativa: (a) en la identificació de problemes; (b) en la identificació de solucions; (c) en la redacció pròpiament de la llei; (d) en els processos d'esmena; (e) en la implementació i monitoratge, i (f) en l'avaluació.⁹ En el cas andorrà sovint es negligeixen les fases

7- NOVECK, B. S. (2015). *Smart Citizens, Smarter State*, p. 58. Boston: Harvard University Press.

8- Per a més informació, vegeu MULGAN, G. (2018). *Big Mind*. 1a ed. Princeton: Princeton University Press.

9- Es tracta precisament de les fases descrites a NOVECK, B. S. (2018). "CrowdLaw: Collective Intelligence and Lawmaking", *Analyse and Kritik*, 40 (2), p. 359-380.

(a), (b), (e) i (f) mencionades. Dit altrament, es fan lleis amb diagnòsics poc aprofundides o inexistents, sobre matèries en les quals no hi ha hagut una supervisió al llarg del temps.

Hi ha, en la literatura sobre participació pública en l'àmbit legislatiu, el consens que cal incloure la ciutadania i els experts en més mesura en la presa de decisions. Paradoxalment, però, l'expressió d'opinions és també un dels principals obstacles perquè les institucions prenguin decisions ben informades, i crea "soroll" i confusió (fent sovint indistingibles les opinions qualificades de les que no ho són).¹⁰ De fet, les experiències de participació pública per part de persones no expertes han estat molt més efectives a l'hora de revelar males propostes i errors de disseny/implementació que a l'hora de crear noves propostes o generar idees innovadores.¹¹ Criticar requereix menys coneixement que proposar solucions i considerar alternatives, irrespectivament de si la participació té lloc en el camp jurídic (de creació de noves normes) o en el de les polítiques públiques. És natural que sigui en els estadis embrionaris del procés legislatiu en els quals les persones menys avesades en els aspectes tècnics de la llei intervinguin (proposant noves idees o criticant aspectes concrets del text o textos legislatius), i que el diàleg sigui proforma (que estigui estructurat, amb camps oberts o tancats). En estadis més avançats, quan la llei es troba en comissió, o quan el text ja ha estat redactat pels serveis jurídics del legislatiu, té sentit que intervinguin experts en la matèria regulada per detectar problemes, àrees en les quals es poden estendre les prescripcions, o altres oportunitats de millora.

Noves oportunitats: la computació de processos i la intel·ligència col·lectiva

L'ús de la tecnologia, d'una manera més específica, ens permetrà fer tres coses: (a) captar més expertesa tècnica, dins i fora de les institucions, depenent de les fases del procediment legislatiu; (b) optimitzar els mètodes d'accés a la informació quant a les normes per part de les persones que fan i apliquen el dret, ja siguin legisladors, jutges, funcionaris o notaris, i (c) que les persones tinguin un millor coneixement dels drets i les obligacions que són més rellevants per a les seves vides, d'una manera molt més personalitzada.

10- GALLOTTI, M.; FRITH, C. D. (2013). "Social Cognition in the We-Mode", *Trends in Cognitive Sciences*, 17 (4), p. 160–165.

11- STASSER, G.; DIETZ-UHLER, B. (2001). "Collective Choice, Judgment, and Problem Solving", a *Blackwell Handbook of Social Psychology: Group Processes*. Blackwell Publishing.

(a) Computar les normes

Una diferència important que cal apuntar és entre la llei, o el dret entès d'una manera general i abstracta, i les lleis, enteses com a compendis de contingut que vinculen els ciutadans. Això és així a Andorra, però també ho és de manera més universal. Hi ha un llarg llegat d'autors, des de Hart i Kelsen fins a Von Wright o Sunstein, que expressen que el contingut mínim de les lleis és la norma.¹² En realitat, el valor d'un text legal no es troba en la seva globalitat, sinó en el conjunt específic de drets i obligacions que presenta. Totes les normes tenen, al seu torn, un o diversos subjectes (les persones, grups o organitzacions per a qui el contingut de la norma és aplicable), un objecte (l'acte que s'ha de dur a terme) i una modalitat legal o deòntica (la norma pot consistir en una obligació, un permís/autorització o crear institucions). Més enllà d'aquest contingut mínim essencial, les normes també poden tenir altres atributs, com sancions (que són aplicables en el cas de la major part d'accions que obliguen a la realització un acte) o condicions d'aplicació (que configuren el marc en el qual la norma pren efecte). La computació de les normes ha de permetre, mitjançant la detecció de la informació que contenen (el subjecte, l'objecte o les condicions d'aplicació), si roman afectada una persona particular, una organització o un grup.¹³ Mitjançant la identificació àgil d'aquests aspectes ha de ser també possible identificar les àrees temàtiques que afecten les normes contingudes en diferents lleis, i permetre eliminar, per exemple, les obligacions redundants, o les que han quedat obsoletes per la mateixa evolució del dret. Aquesta informació és particularment útil quan es creen i s'esmenen noves normes, i hauria de permetre perfils personalitzats, de manera que un usuari qualsevol del dret sàpiga ràpidament, per la seva ocupació o interessos, quines normes li són més rellevants.¹⁴

(b) Utilitzar la intel·ligència col·lectiva per captar més veus expertes que informin del procediment legislatiu

La intel·ligència col·lectiva és l'habilitat de captar i processar informació de fonts diverses i orientar-la per detectar problemes i trobar solucions. L'augment de la capacitat de processament informàtic permet grans millores en el que podem fer col·lectivament i en com podem albirar-ho. En un

12- Vegeu, atès que és el darrer autor i recapitula les perspectives dels anteriors, SUNSTEIN, C. R. (2018). *Legal Reasoning and Political Conflict*. 2a ed. Nova York: Oxford University Press.

13- HEYLIGHEN, F. (2013). *Handbook of Human Computation*. Nova York: Springer, p. 897-909.

14- Ídem. Vegeu també VOERMANS, W. J. M. (2011). "Styles of Legislation and their effects", a *Statute Law Review*, 1 (32), p. 38-53.

país com Andorra, amb més màquines connectades a Internet que persones, hi ha possibilitats evidents de poder extreure més informació rellevant durant el procés de producció normativa i d'incloure-hi la ciutadania, per fomentar una cultura participativa i escurçar la distància entre ciutadans i polítics. Que informació de més qualitat s'utilitzi a l'hora de confeccionar les nostres lleis vol dir complir millor amb la funció reguladora de les institucions. Implica entendre quins són els mecanismes per recollir el màxim d'expertesa, per part de les fonts adequades, en el moment òptim del procés de configuració de les normes (amb un interès no en les opinions, sinó en els fets).

Hi ha actualment un dèficit democràtic, així com grans possibilitats de millora de l'eficàcia normativa al moment de fer les nostres lleis. Això es deu a la falta de mecanismes de participació legislativa, més enllà de l'elecció de representants i de consultes puntuals que puguin tenir lloc al llarg de les legislatures. La intel·ligència col·lectiva, com a mètode de participació mixt, utilitzant noves tecnologies i combinant expertesa, l'experiència ciutadana i les operacions computacionals, té un gran potencial de transformació. És necessària una recerca més aprofundida sobre els usos concrets de la tecnologia a l'hora de legislar però és, sens dubte, un camp que viurà importants innovacions en els anys vinents.



Eva Baillès i Lázaro

Doctora en Psicologia per la Universitat Pompeu Fabra Unitat d'Oncologia. Servei de Salut Mental. Hospital Nostra Senyora de Meritxell



Eva Baillès i Lázaro

Mindfulness, realitat virtual i càncer. Què en podem dir?

Introducció

La psicooncologia estudia les reaccions psicològiques davant del càncer basant-se en la interacció entre els factors biològics, psicològics i socials per afrontar aquesta malaltia. És ben sabut que el diagnòstic d'una malaltia oncològica i les característiques del tractament són una possible font d'estrès i de malestar emocional que pot tenir un impacte en la salut física i psicològica del pacient.

Segons Caruso *et al.* (2017), entre el 30 i el 35% dels pacients que pateixen càncer compleixen criteris per al diagnòstic d'un trastorn psicològic, però aquestes dades no inclouen altres alteracions psíquiques característiques, com la desmoralització, l'ansietat o el malestar emocional. Així doncs, els trastorns de salut mental més freqüents en aquests pacients són els trastorns depressius, els trastorns d'ansietat i els trastorns adaptatius.

Aquestes dades són rellevants degut al fet que s'ha demostrat una relació entre la presència de problemes psicològics i variables que afecten directament o indirectament la malaltia, com podrien ser la capacitat d'afrontar la malaltia, la reducció de la qualitat de vida, el deteriorament de les relacions socials, més risc de suïcidi, més temps de rehabilitació i menys adherència al tractament (Caruso *et al.*, 2017).

Actualment disposem de noves eines tecnològiques que permeten millorar i facilitar l'accés al tractament psicològic i en faciliten l'adherència. La teràpia psicològica a través de la realitat virtual ha demostrat que és una eina que s'accepta millor en alguns pacients que no estan disposats a fer un tractament psicològic tradicional.

D'altra banda, un dels elements que més s'associa a la intenció de voler discontinuar el tractament de quimioteràpia és el malestar. Degut a la importància d'aquest tractament en la malaltia és important desenvolupar intervencions per tolerar-lo millor, i una d'aquestes intervencions es basa en les tècniques de distracció. Clàssicament s'han utilitzat com a tècniques de distracció la relaxació, la visualització i la imaginació o la música. A diferència de les tècniques clàssiques, les tècniques aplicades amb realitat virtual tenen el benefici d'implicar el pacient de forma més activa, fet que fa que n'augmenti l'eficàcia.

La realitat virtual ofereix la possibilitat de crear entorns terapèutics virtuals eficaços, ja que estan lligats al sentit de presència. El sentit de presència es defineix com "l'experiència subjectiva d'estar en un lloc o entorn, fins i tot quan un està físicament situat en un altre". A més, determinats entorns permeten la interacció amb els programes i això facilita centrar l'atenció en una experiència positiva que pot exercir com a distractor d'alguns dels possibles símptomes que generen malestar mentre s'està fent el tractament de quimioteràpia.

Nombrosos estudis aporten dades sobre l'eficàcia d'aquest tractament en diversos àmbits relacionats amb la malaltia i el tractament de les malalties oncològiques, tant en les fases inicials del càncer com en les fases avançades de la malaltia, atès que ofereix un efecte positiu en el malestar psicològic i físic del pacient; més específicament, han demostrat que disminueix la intensitat de l'ansietat, així com la del dolor, i millorant el nivell de capacitat funcional en les activitats quotidianes (Hoffman et al., 2011; Indovina et al., 2018; Zasadska et al., 2021).

Les principals aplicacions de la realitat virtual que s'han dut a terme en les malalties oncològiques són les següents (Bani et al., 2019; Baños et al., 2013; Schneider et al., 2007 i 2011):

- Millora dels símptomes d'ansietat generats per la por al tractament usant-la com a tècnica de distracció.
- Reducció del dolor oncològic quan s'usa com a tècnica de distracció.

Bibliografia

BANI MOHAMMAD, E.; AHMAD, M. "Virtual reality as a distraction technique for pain and anxiety among patients with breastcancer: A randomized control trial". *Palliat Support Care*, 2019 (febrer; 17(1): 29-34).

BAÑOS, R. M.; ESPINOZA, M.; GARCÍA-PALACIOS, A.; CERVERA, J. M.; ESQUERDO, G.; BARRAJÓN, E.; BOTELLA, C. "A positive psychological intervention using virtual reality for patients with advanced cancer in a hospital setting: a pilot study to assess feasibility". *Support Care Cancer*, 2013 (gener; 21(1): 263-70).

BAYÉS, R. *Psicología del sufrimiento y de la muerte*. Barcelona: Martínez Roca, 2001.

CARUSO, R.; NANNI, M. G.; RIBA, M. B.; SABATO, S.; GRASSI, L. "The burden of psychosocial morbidity related to cancer: patient and family issues". *Int. Rev. Psychiatry*, 2017 (octubre; 29(5): 389-402).

FAYERS, P. M.; AARONSON N. K.; BJORDAL, K.; GROENVOLD, M.; CURRAN, D.; BOTTOMLEY, A. *On behalf of the EORTC Quality of Life Group. The EORTC QLQ-C30 scoring manual*. Tercera edició. Brussel·les, Bèlgica: European Organisation for Research and Treatment of Cancer, 2001.

HERRERO, M. J.; BLANCH, J.; PERI, J. M.; DE PABLO, J.; PINTOR, L.; BULBENA, A. "A Validation study of the hospital anxiety and depression scale (HADS) in a Spanish population". *Gen. Hosp. Psychiatry*, 2003 (juliol-agost; 25(4): 277-83).

- Distracció, entreteniment i promoció d'estats de relaxació durant el tractament de quimioteràpia.

- Reducció de la por als procediments mèdics utilitzant-la com a tècnica d'exposició.

Finalment, segons alguns autors, l'ús de la realitat virtual en l'entrenament de tècniques de mindfulness pot potenciar-ne els efectes degut al fet que permet més immersió i un aïllament de possibles estímuls distractors externs visuals i auditius (Langer i Moldoveanu, 2000).

La definició de mindfulness és la següent: (a) qualitat o estat de ser conscient, i (b) pràctica de mantenir un estat no judicial d'atenció plena o completa dels pensaments, emocions o experiències moment a moment. Per tal d'aconseguir aquest estat, s'utilitzen un conjunt de tècniques que augmenten el nostre grau de connexió i satisfacció amb les situacions vitals. Un aspecte rellevant de l'entrenament en mindfulness és que aquest estat d'atenció plena sense judici pot transferir-se a altres contextos, fet que implicarà que els canvis beneficiosos que es produeixen puguin mantenir-se a llarg termini.

En dos estudis diferents, un dels quals era una metaanàlisi que incloïa 29 estudis amb un total de 3.476 participants, s'evidencia que els pacients oncològics que van rebre intervencions basades en l'entrenament en mindfulness van reportar nivells d'ansietat, de depressió, de fatiga i d'estrès significativament més baixos i una millor qualitat de vida que els dels grups de control (Xunlin et al., 2019; Mehta et al., 2019).

L'objectiu d'aquest estudi és provar l'eficàcia de les tècniques de mindfulness mitjançant la realitat virtual per fer més tolerable el tractament de quimioteràpia tant en pacients ambulatoris com en pacients hospitalitzats.

En concret, s'espera que es redueixin els nivells d'ansietat i la percepció subjectiva del pas del temps, i es produeixi un escurçament en la percepció de la durada del tractament oncològic efectuat. Finalment, també s'espera que millori la qualitat de vida dels pacients degut al millor control del malestar emocional i la millora de la percepció del tractament de quimioteràpia.

Disseny i mètode

Material

Dispositiu i programari de realitat virtual: durant les sessions s'utilitza el dispositiu Oculus Quest 2 (figura 1), que es caracteritza per no necessitar connexió a l'ordinador i dur els auriculars incorporats. S'utilitza el programa DeoVR Video Player en projecció de 360° per visualitzar el programari Mindful RiverWorld, desenvolupat i cedit per H. Hoffman, de la Universitat de Washington (figura 2), que mostra amb una visió de 360° el descens per un riu limitat per ribes de pedres i arbres. S'acompanya d'un àudio de mindfulness anomenat *Observant el so*, creat per M. Navarro, de la Universitat de Saragossa.



Figura 1



Figura 2

Instruments d'avaluació

- Qüestionari d'avaluació de la percepció subjectiva del pas del temps (Bayés, 1997)
- Intensitat de l'ansietat: STAI-E (Spielberger, 1982)
- Qualitat de vida: EORTC-C30 (Fayers *et al.*, 2001)
- Detecció de psicopatologia: HAD (Herrero *et al.*, 2003)
- Escala de valoració del malestar (Roth *et al.*, 1998)
- Escales visuals analògiques: alegria, tristesa, ràbia, sorpresa, tranquil·litat, ansietat, nàusea i mareig
- Atenció plena estat: MAAS State (Brown i Ryan, 2003)
- Sentit de presència durant la Realitat Virtual: SUS Versió RV (Usoh, 2000)
- Qüestionari de satisfacció

Disseny

S'utilitzarà un disseny creuat en què els pacients seran els seus propis controls. Els subjectes seran assignats a l'atzar a les dues condicions d'estudi segons una taula de números aleatoris en el moment d'arribada.

El grup A realitzarà la primera meitat del tractament utilitzant els aparells de realitat virtual en entrenament de mindfulness i la segona meitat del tractament sense usar les tècniques de realitat virtual.

HOFFMAN, H. G.; CHAMBERS, G. T.; MEYER, W. J.; ARCENEAUX, L. L.; RUSSEL, W. J.; SEIBEL, E. J.; RICHARDS, T. L.; SHARAR, S. R.; PATTERSON, D. R. "Virtual reality as an adjunctive non-pharmacologic analgesic for acute burn pain during medical procedures". *Annals of behavioral medicine: a publication of the society of behavioral medicine*, 2011, vol. 41, iss. 2, p. 183-191.

INDOVINA P.; BARONE, D.; GALLO, L.; CHIRICO, A.; DE PIETRO, G.; GIORDANO, A. "Virtual Reality as a Distraction Intervention to Relieve Pain and Distress During Medical Procedures: A Comprehensive Literature Review". *Clin. J. Pain*, 2018 (setembre; 34(9): 858-877).

JOHNSON, C. J.; WIEBE, J. S.; MORERA, O. F. "The Spanish version of the Mindful Attention Awareness Scale (MAAS): Measurement invariance and psychometric properties". *Mindfulness*, 2014, 5(5), 552-565.

LANGER, E. J.; MOLDOVEANU, M. "Mindfulness research and the future". *Journal of Social Issues*, 2000, 56, 129-139.

LAZARUS; FOLKMAN. *Stress, appraisal and coping*. New York: Springer, 1984.

MEHTA, R.; SHARMA, K.; POTTERS, L.; WERNICKE, A. G.; PARASHAR, B. "Evidence for the Role of Mindfulness in Cancer: Benefits and Techniques". *Cureus*, 2019, 11(5), e4629.

LESSITER, J.; FREEMAN, J.; KEOGH, E.; DAVIDOFF, J. "A Cross-Media Presence Questionnaire: The ITC-Sense of Presence Inventory". *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 2001 (10 (3): 282-297).

ROTH, A. J.; KORNBLITH, A. B.; BATEL-Copel, L.; PEABODY, E.; SCHER, H. I.; HOLLAND, J. C.; "Rapid screening for psychologic distress in men with prostate carcinoma". *Cancer*, 1998 (82: 1904-1908).

El grup B ho farà en el sentit invers, primer sense utilitzar les tècniques de distracció i la segona part del tractament realitzant l'entrenament de mindfulness amb les ulleres de realitat virtual.

Al llarg de l'estudi es faran tres avaluacions: abans de començar, a la meitat de les sessions de quimioteràpia i en finalitzar el tractament. En aquestes valoracions s'obtidran dades sobre la intensitat de l'ansietat, la detecció de psicopatologia, el malestar emocional i la qualitat de vida.

A més, durant la sessió de quimioteràpia també es faran dues valoracions:

- Valoració al principi de la sessió en què es mesurarà l'alegria, la tristesa, la ràbia, la sorpresa, la tranquil·litat, l'ansietat, la nàusea i el mareig (per a totes les sessions) i l'estat de consciència plena (només en les sessions de realitat virtual).
- Valoració al final de la sessió: es mesurarà l'alegria, la tristesa, la ràbia, la sorpresa, la tranquil·litat, l'ansietat, la nàusea i el mareig i la percepció subjectiva del pas del temps (per a totes les sessions); l'estat de consciència plena i el sentit de presència (només en les sessions de realitat virtual).

Mostra

S'inclouran 80 pacients, 40 a cada un dels grups assignats aleatòriament.

Criteris d'inclusió

1. Primer diagnòstic de càncer i primer tractament de quimioteràpia.
2. Ser major de divuit anys.
3. Iniciar un tractament de quimioteràpia de quatre a dotze cicles de durada.
4. Signar un consentiment informat de l'estudi.

Criteris d'exclusió

1. Presència de malaltia primària o metàstasis cerebrals.
2. Presència d'antecedents de patologies associades a mareig o vertigen.
3. Presència d'antecedents de crisis epilèptiques.
4. Canvi d'esquema de tractament al llarg de l'estudi.

Estudi pilot

Per tal de detectar les dificultats en la realització de l'entrenament de mindfulness en realitat virtual durant les sessions de quimioteràpia es va posar a prova en tres pacients al llarg de diverses sessions (2-3). Al llarg de les sessions es va utilitzar la metodologia de l'estudi aleatoritzat explicada anteriorment.

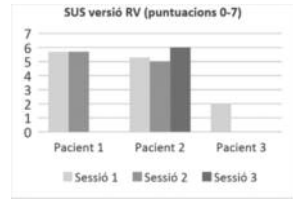
L'objectiu va ser analitzar si era factible utilitzar els dispositius de realitat virtual durant les sessions de quimioteràpia, posar a prova la capacitat d'immersió en l'entrenament en mindfulness tenint en compte que els pacients estaven fent el tractament, analitzar possibles efectes adversos com sensació de mareig i detectar dificultats a l'hora de contestar els diferents instruments d'avaluació. Així doncs, la finalitat va ser detectar possibles problemes per corregir-los abans de començar l'estudi.

Resultats

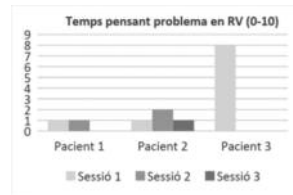
Les puntuacions en cada una de les sessions realitzades de les tres pacients en els diferents qüestionaris van ser les següents: Les pacients 1 i 2 van aconseguir un bon sentit de presència en totes les sessions en què van participar; en canvi, no va ser així per a la pacient 3. La pacient 3 no va acabar la sessió 2 degut al fet que en la sessió 1 va experimentar una sensació de mareig relacionada amb l'ús del dispositiu i no vinculada a la patologia (criteri d'exclusió 2). (vegeu el gràfic 1).

Els resultats sessió a sessió també mostren clares diferències entre les pacients: les pacients 1 i 2 van gaudir de l'experiència i pràcticament no van pensar en els seus problemes al llarg de les sessions, mentre que la pacient 3 no va gaudir de la realitat virtual i va pensar més en els seus problemes (vegeu els gràfics 2 i 3).

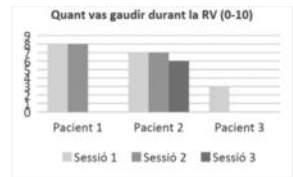
Pel que fa a les puntuacions mitjanes en les sessions fetes de les tres pacients en els diferents qüestionaris, van ser les següents:



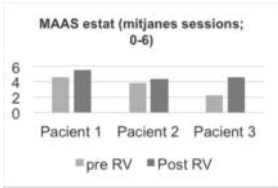
Gràfic 1. Sentit de presència



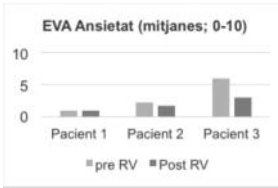
Gràfic 2. Temps pensant en problemes



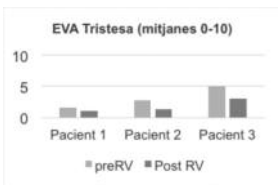
Gràfic 3. Nivell de gaudi de la realitat virtual



Gràfic 4. Nivell d'atenció plena



Gràfic 5. Nivell d'ansietat



Gràfic 6. Nivell de tristesa

Exceptuant la pacient 3, que presentava un nivell baix d'atenció plena pre sessió, la resta presentaven nivells mitjans-alts pel que fa a les puntuacions d'atenció plena, que fins i tot es van incrementar lleugerament després de les sessions (vegeu el gràfic 4).

Cal destacar que les dues primeres pacients presentaven puntuacions molt baixes d'ansietat i tristesa pretractament, que es van mantenir al llarg de les sessions. En canvi la pacient 3 mostrava puntuacions moderades en aquestes variables a l'inici de la sessió, que es van reduir al final de la sessió (vegeu els gràfics 5,6).

Finalment, no es va poder valorar una de les variables principals de l'estudi, la percepció subjectiva del pas del temps, degut al fet que en la major part de les administracions dels qüestionaris les pacients no van respondre a alguna de les preguntes necessàries per poder fer la valoració.

Conclusions

En general, les pacients que van finalitzar la intervenció mindfulness amb realitat virtual van valorar-la positivament i van destacar que l'entorn els era agradable i que el fet d'aïllar-se del context els facilitava centrar-se en la tasca. També referien major sensació de relaxació i benestar en acabar la sessió.

Cal destacar que van mostrar un alt sentit de presència que semblaria estar relacionat amb gaudir de l'experiència i poder desconnectar de les preocupacions. El fet que la pacient que no va poder implicar-se en la tasca en presentar una baixa sensació de presència també expressés major implicació en els problemes i menys satisfacció amb la tasca podria reforçar aquesta hipòtesi, que haurà de ser verificada amb l'estudi aleatoritzat, que inclourà més pacients.

D'altra banda, les tres participants van reduir l'experiència emocional negativa (MAAS estat), així com la intensitat de l'ansietat i la tristesa després de la intervenció; aquest fet podria ser degut al fet que la tasca que es feia podria estar actuant com a activitat distractora, que tindria un paper relacionat amb la impossibilitat de prestar atenció als senyals

interns o externs que desencadenarien pensaments i sentiments desagradables relacionats amb el tractament oncològic.

Dur a terme l'estudi pilot ha permès detectar una sèrie de problemes que es milloraran de cara a fer l'estudi final. En primer lloc, s'inclourà en l'avaluació inicial els antecedents de mareigs no relacionats amb patologies per evitar el malestar que pot generar aquesta sensació mentre s'està fent el tractament oncològic.

En segon lloc, s'ajustarà la programació de l'entrenament en mindfulness durant la quimioteràpia, ja que a l'inici de la sessió és freqüent que es presenti somnolència secundària a la medicació, que interfereix en dur a terme la tasca.

Finalment, els problemes en la recollida de dades s'han resolt de la manera següent: mitjançant entrevistes amb els participants s'han reformulat les preguntes sobre la percepció subjectiva del pas del temps i, en segon lloc, s'elaborarà un formulari web que els participants podran contestar amb el dispositiu mòbil, que facilitarà la recollida de dades i reduirà la pèrdua de dades que es va produir amb els qüestionaris de llapis i paper.

SCHNEIDER, S. M.; HOOD, L. E. "Virtual reality: a distraction intervention for chemotherapy". *Oncol. Nurs. Forum*, 2007 (gener; 34(1): 39-46).

SCHNEIDER, S. M.; KISBY, C. K.; FLINT, E. P. "Effect of virtual reality on time perception in patients receiving chemotherapy". *Support Care Cancer*, 2011; 19 (4): 555-564.

SPIELBERGER; GORSUCH; LUSHENE; VAGG; JACOBS. *The State Trait Anxiety Inventory (STAI)*, 1983.

XUNLIN, N. G.; LAU, Y.; KLAININ-YOBAS, P. "The effectiveness of mindfulness-based interventions among cancer patients and survivors: a systematic review and meta-analysis". *Support Care Cancer*, 2020 (abril; 28(4):1563-1578).

ZASADZKA, E.; PIECZYŃSKA, A.; TRZMIEL, T.; HOJAN, K. "Virtual Reality as a Promising Tool Supporting Oncological Treatment in Breast Cancer". *Int. J. Environ Res. Public Health*, 2021 (agost; 19;18(16): 8768).

Agraïments

Professionals de l'Hospital Nostra Senyora de Meritxell que participen en el projecte: S. Albiol, G. de Celis, E. Mahia i P. Romero. Elaboració del programari: M. Navarro (Universitat de Saragossa) i H. Hoffman (Universitat de Washington). Cessió de dispositius de realitat virtual: Fundació ActuaTech i Fundació MayDay. Formulari web: Epidemix Studies.



Francesc Garcia i Grau

Enginyer en Informàtica
(UAB), màster en seguretat
de les TIC (UOC) i
doctorand de l'UdA



Francesc Garcia i Grau

Credencials anònimes enllaçables: com aplicar la identitat autogestionada a les votacions electròniques amb cadena de blocs (‘blockchain’) i ‘smart contracts’

Resum

Les credencials anònimes basades en atributs (ABC) donen els mitjans per implementar la identitat autogestionada (SSI) que trasllada la responsabilitat de la custòdia de les dades personals a l'usuari, i li permeten tenir el control sobre qui, on i quan vol difondre aquestes dades. Els sistemes de votacions electròniques pateixen de falta de transparència i de la necessitat d'anonimat. La transparència s'aconsegueix amb la utilització de la cadena de blocs (*blockchain*) i *smart contracts*, però l'anonimat esdevé una qüestió de confiança. La identitat autogestionada garanteix aquesta necessitat d'anonimat, però massa, ja que no és possible enllaçar diferents presentacions d'un mateix atribut, i per tant no és aplicable a les votacions electròniques. El que busca aquest projecte de recerca és poder donar dret a fer quelcom a un individu, preservant la seva privacitat, i un cop donat aquest dret, eliminar la necessitat de terceres parts de confiança, i assegurar que només podrà exercir aquest dret de manera única. Així, es defineix el concepte d'atributs anònims enllaçables dins les ABC, que garanteixen l'anonimat i la propietat de ser únics dins d'un àmbit donat, fent que aquests atributs siguin enllaçables i es puguin utilitzar en votacions electròniques, preservant l'anonimat i la propietat de ser únics, fins i tot davant un usuari malintencionat o una conxorxa entre diferents actors. Com a resultat d'aquesta recerca, es vol aconseguir un protocol que assegurí l'anonimat, és a dir, que no sigui possible saber qui hi ha darrere d'unes credencials donades, però que alhora aquestes credencials siguin úniques dins un àmbit donat per poder detectar l'ús repetit d'aquestes credencials. I amb aquest protocol demostrar que és possible aplicar-lo a unes votacions electròniques remotes basades en la cadena de blocs (*blockchain*) i *smart contracts*.

1. Introducció

Aquesta recerca neix de la juxtaposició de dos conceptes en voga en els darrers temps, les votacions electròniques i la cadena de blocs (*blockchain*). Com a conseqüència de la pandèmia de la COVID-19,¹ amb confinaments constants, les votacions electròniques prenen protagonisme però segueixen acusant un cert grau de desconfiança per part d'electors i institucions. Després d'una recerca sobre votacions electròniques i, més particularment, les implementades amb tecnologia de cadena de blocs (*blockchain*), s'han detectat mancances en el procés específic de l'autenticació i en com es gestiona l'anonimat. En tota la literatura consultada, l'autenticació es deixa a un tercer de confiança, i no s'estudia a fons. A més, no es tenen en compte possibles conxorxes entre participants. Pel que fa a l'anonimat, sempre s'assoleix mitjançant algorismes costosos de barreja, en què no sempre es pot garantir no poder enllaçar una identitat amb un vot. En el nostre estudi, es planteja un enfocament diferent, es pretén proposar un sistema d'autenticació que proporcioni anonimat, en què no cal que es confiï en ningú. Aquest anonimat està garantit fins i tot quan es conxorxin diferents actors del sistema. L'objectiu principal és poder donar dret a fer quelcom a un individu, preservant la seva privacitat, de forma distribuïda. I un cop donat aquest dret, eliminar la necessitat de terceres parts de confiança, tot assegurant que només podrà exercir aquest dret de manera única. Així, es pretén aplicar el concepte d'obtenir un dret únic preservant la privacitat a les votacions electròniques basades en la cadena de blocs (*blockchain*) i *smart contracts*. És a dir, aconseguir un sistema de votacions electròniques basades en tecnologia de cadena de blocs (*blockchain*) i *smart contracts*, en què el dret a vot vingui donat per un atribut enllaçable d'unes credencials anònimes d'una identitat autogestionada.

En l'apartat 2 es descriu la recerca efectuada en els diferents camps de coneixement que ens ocupen i es fa una anàlisi del marc de referència en què es posiciona l'estudi. Tot seguit, en l'apartat 3, s'exposen els objectius de la recerca. La metodologia utilitzada s'exposa en l'apartat 4. Per acabar l'escrit, els resultats esperats s'enumeren en l'apartat 5.

L'àmbit en què se centra aquesta recerca és nou, fet que explica que les referències siguin recents. Moltes tecnologies emprades van sorgir després del 2014 i els recursos es troben en línia.

1- Elections during COVID-19. 2020. URL: <https://www.coe.int/en/web/electoral-assistance/covid-19-response> (cons. 2-11-2020).

2. Marc teòric

El marc teòric d'aquesta recerca neix de diferents eixos que s'han de combinar per assolir els objectius. La recerca efectuada es focalitza en tres camps de coneixement específics que es poden estudiar per separat.

Inicialment s'han centrat els esforços a definir el marc teòric de les votacions electròniques revisant la literatura. S'han definit un seguit de rols, processos i requeriments dels sistemes de votacions electròniques. Un cop fetes aquestes definicions, s'ha tornat a revisar la literatura que descrivia implementacions concretes per classificar-les amb els criteris definits abans. En aquesta anàlisi s'ha aprofundit en la criptografia utilitzada per assegurar els requeriments de les votacions. En aquest estudi s'ha pogut veure que els sistemes tenen en comú un mateix punt feble: la confiança. En aquest punt es va decidir que la recerca se centraria només en votacions electròniques remotes. Solen ser sistemes tancats en què, si una de les parts actua maliciosament o en conxorxa amb una altra de les parts, es deixen de complir alguns dels requeriments. Els sistemes més transparents, segons la recerca, són aquells que utilitzen la cadena de blocs (*blockchain*). Dins d'aquests sistemes n'hi ha de dos tipus: els que la utilitzen com un simple taulell de notícies per publicar l'auditoria del procés, i els que utilitzen la cadena de blocs (*blockchain*) amb *smart contracts* per implementar el protocol de votacions en la cadena. Un cop analitzats aquests resultats, s'ha decidit seguir la recerca amb els darrers, per poder assegurar la màxima transparència i confiança en el procés.

Tot seguit s'ha centrat la recerca en els articles trobats que parlen sobre implementacions de vot electrònic remot amb cadena de blocs (*blockchain*) i *smart contracts*. Alguns d'ells proporcionen un enllaç a GitHub² amb el codi que els implementa. Vist això, s'ha decidit posar en funcionament una cadena de blocs (*blockchain*) Ethereum³ per poder desplegar cada un dels sistemes i fer-hi proves. S'han analitzat en profunditat dos de les opcions, ja que les altres, o bé eren proves de concepte o bé no s'ha trobat el codi per poder provar-les. En l'estudi, s'ha detectat que el punt més feble i que queda sempre fora de la cadena, i que per tant és menys transparent, és l'autenticació que en totes les propostes, si existeix, la duu a terme una tercera entitat de confiança.

2- GitHub: Where the world builds software · GitHub. 2020. URL: <https://github.com> (cons. 2-11-2020).

3- Home | ethereum.org. 2020. URL: <https://ethereum.org> (cons. 2-11-2020).

Un cop detectades les carències dels sistemes estudiats, es decideix endinsar-se en els sistemes d'autenticació. La recerca se centra, aleshores, en sistemes de credencials, però de manera més concreta en les credencials basades en atributs, estudiant-ne algunes en concret com U-prove [37] o Idemix [17], i la que finalment s'ha escollit com a marc de referència, la identitat autogestionada (*self-sovereign identity*).^{4,5}

Així doncs, a l'apartat 2.1, s'introdueix la tecnologia de cadena de blocs (*blockchain*) amb les seves bases i implementacions de referència. Seguidament, a l'apartat 2.2, s'estudien les votacions electròniques, es defineixen els conceptes, els seus processos i s'aprofundeix en dos implementacions específiques que s'ajusten als requeriments del projecte per les seves característiques. Tot seguit, a l'apartat 2.3, s'enumeren i s'analitzen els sistemes d'autenticació, i es categoritzen en quatre famílies. I, per acabar, l'apartat 2.4 descriu amb profunditat el sistema d'autenticació escollit per implementar la solució.

2.1. Tecnologia de cadena de blocs (*blockchain*)

La tecnologia distribuïda basada en la cadena de blocs (*blockchain*) o simplement la cadena de blocs (*blockchain*) està en posició de canviar dràsticament l'intercanvi d'informació digital, com afirma Marvin Van Wingerdeen en la seva tesi "Blockchain-enabled self-sovereign identity" [28]. Internet afavoreix l'intercanvi d'informació de manera ràpida, i això fa que no estigui resolt el problema següent: cada cop que s'envia informació a algú, se li envia una còpia d'aquesta informació, no la informació en si mateix. Per tant, la transaccionalitat no està assegurada. Per això, cal que terceres parts actuïn com a intermediaris per garantir aquesta transaccionalitat. Aquestes terceres parts concentren, aleshores, un gran poder. La tecnologia de la cadena de blocs (*blockchain*) busca trencar aquesta concentració de poder, assegurant la transaccionalitat de manera distribuïda amb un protocol de consens entre tots els participants.

2.1.1. Definició de cadena de blocs (*blockchain*)

En les tecnologies emergents, costa arribar a un consens per definir-les formalment i de forma acadèmica. Mougard, a [24], descriu el potencial de la cadena de blocs (*blockchain*) des de tres perspectives:

4- Sovrin. Sovrin protocol. 2018. URL: <https://sovrin.org> (cons. 23-2-2020).

5- Hyperledger Indy - Hyperledger. 2020. URL: <https://www.hyperledger.org/use/hyperledger-indy> (cons. 18-10-2020).

- Des d'un punt de vista de negoci, la cadena de blocs (*blockchain*) és una xarxa en què s'intercanvien valors digitalment *peer-to-peer*, és a dir, d'extrem a extrem, sense intermediaris.
- Des d'un punt de vista legal, la cadena de blocs (*blockchain*) és un protocol de xarxa que valida transaccions sense necessitat de confiar en un tercer.
- I, a l'últim, des d'un punt de vista tècnic, la cadena de blocs (*blockchain*) és un suport processador dorsal (*back-end*) de base de dades públiques, distribuïdes i immutables.

La Distributed Ledger Technology (DLT) és l'ànima (*core*) de la cadena de blocs (*blockchain*). Bàsicament, un *distributed ledger* (DL) és una base de dades distribuïda, mantinguda per un conjunt de nodes que executen un programari específic [22]. Dins la cadena de blocs (*blockchain*), els registres de les transaccions del DL s'agrupen en blocs que s'enllacen entre ells. Si tots els nodes que conformen la xarxa tenen els mateixos permisos i poden afegir blocs, es diu que és una DL pública (*permissionless*). En canvi, si només un conjunt de nodes tenen la possibilitat d'afegir blocs, s'anomena DL privada (*permissioned*). En l'àmbit de la cadena de blocs (*blockchain*), a partir d'aquests dos tipus generals, prenen forma tres tipologies de DL, cada una amb les característiques següents [10]: els *public ledgers*, que són públics (*permissionless*) amb nodes anònims, i no requereixen cap grau de confiança entre nodes. També hi ha els *private ledgers*, que són privats (*permissioned*) i operats per una única entitat que ha de tenir la total confiança dels membres de la xarxa. Finalment, trobem els *consortium / hybrid ledgers*, que són privats (*permissioned*), però que en aquest cas són operats per un conjunt de nodes de confiança anomenats operadors, i en què els membres han de confiar en una majoria d'aquests operadors.

2.1.2. Tecnologia de capes de la cadena de blocs (*blockchain*)

La cadena de blocs (*blockchain*) té múltiples capes tecnològiques. Es poden definir tres capes bàsiques a la cadena de blocs (*blockchain*), basant-se en les descrites per Melanie Swan en l'article "Blockchain: blueprint for a new economy" [27]:

- La capa de persistència: formada per un DL públic amb registres que emmagatzemen les transaccions.
- La capa de protocol: composta pel programari de protocol que gestiona aquestes transaccions.
- La capa d'aplicació: que és la capa de negoci en què s'implementa, per exemple, la criptomoneda en el cas del bitcoin (BTC). Passem a descriure breument cada una de les capes en particular.

La capa de persistència: la criptografia és una peça fonamental de la tecnologia de cadena de blocs (*blockchain*). La criptografia assegura la integritat de la cadena de blocs (*blockchain*) i permet transaccions autenticades i assegura un cert grau d'anonimat als membres de la xarxa.

La capa de protocol: un exemple de com s'emmagatzema una transacció (Tx) de pagament simple amb el protocol Bitcoin es mostra en l'exemple següent: el Pau vol enviar una transacció (Tx) a la Mònica. Per iniciar la Tx, el Pau necessita la clau pública de la Mònica i la seva pròpia clau privada. El Pau fa servir un programa específic anomenat moneder (*wallet*) per dur a terme la transacció. El moneder crea una Tx amb la clau pública de la Mònica com a receptor, signada amb la clau privada del Pau. El moneder emet aquesta transacció de forma global a la xarxa de membres. Cada membre de la xarxa comprova que el Pau pot fer aquesta Tx (p.e.: té prou saldo). La Tx, un cop acceptada, s'agrupa amb altres per formar un bloc. Un cop el bloc està llest, es "mina" per provar-ne la validesa i consensuar un nou estat de la cadena de blocs (*blockchain*).

La capa d'aplicació: la capa més alta és la capa d'aplicació, en què s'implementen les criptomonedes (n'hi ha més de 7000 en data setembre del 2020).⁶ Les criptomonedes es creen generalment d'acord amb dos aproximacions: comencen des de zero, sense que n'hi hagi en circulació, o bé comencen amb un conjunt de monedes prefabricades. Bitcoin va iniciar-se sense cap moneda en circulació. Les noves monedes es generen en validar blocs. A la data d'escriptura d'aquest document,⁷ la persona que afegeix un bloc a la cadena rep 6,25 BTC com a recompensa pel seu esforç. Aquesta recompensa no és fixa i es va reduint en el temps. Aquesta reducció es produeix cada cop que s'assoleixen 210.000 blocs (cosa que passa aproximadament cada quatre anys), i la

6- Cryptocurrency Prices, Charts and Market Capitalizations | CoinMarketCap. URL:

<https://coinmarketcap.com/> (cons. 14-11-2020).

7- Will Kenton. Bitcoin Mining Definition. Oct. del 2020. URL: <https://www.investopedia.com/terms/b/bitcoin-mining.asp> (cons. 2-11-2020).

recompensa passa a ser la meitat del seu valor. Així, la recompensa va passar dels 50 BTC al 2009 a 25 a partir del 2013, a 12,5 durant el 2018, i a partir de l'11 de maig del 2020 ha passat a valdre 6,25 BTC. El total i la freqüència de generació d'una criptomoneda venen definits pel protocol. En el cas del bitcoin, hi ha un sostre de 21 milions de bitcoins. Per la seva banda, l'Ether [38], una altra criptomoneda, comença com una moneda prefabricada pels seus desenvolupadors. Quan una moneda és prefabricada, una part del total de les monedes en circulació són assignades a una adreça abans de la creació de la cadena de blocs (*blockchain*). Diverses capes d'aplicació poden compartir la mateixa capa de protocol i la mateixa capa de persistència [27]. També, diverses combinacions de capa d'aplicació i protocol poden compartir la capa de persistència.

2.1.3. Smart contracts (SC)

Els SC afegeixen una subcapa més en la capa d'aplicació i un grau més de complexitat a les transaccions bàsiques de la cadena de blocs (*blockchain*), que només permeten moviments de criptomonedes entre membres. Els SC permeten la programació de transaccions i són essencialment trossos de codi que, gràcies al mecanisme de consens de la cadena de blocs (*blockchain*), poden assegurar que s'executin correctament. Cada SC resideix a la cadena de blocs (*blockchain*) i té la seva adreça pública. A diferència d'un compte "normal", els SC no posseeixen una clau privada; la seva integritat ve donada en formar part de la cadena de blocs (*blockchain*).

La plataforma basada en SC més popular és Ethereum.⁸ Quan un SC es desplega sobre Ethereum, la seva adreça adquireix la capacitat de tenir certa quantitat d'Ether (la criptomoneda associada a Ethereum), espai d'emmagatzematge i el seu codi associat [20]. A Ethereum, per executar un contracte cal gastar "gas". Aquest gas és com un combustible que equival a fraccions d'Ether. Això és així per evitar que un programa entri en un bucle infinit i col·lapsi la xarxa. Quan al contracte se li acaba el gas, s'atura. Per tant, un usuari, quan vol executar un SC, cal que envii una transacció a l'adreça del contracte amb dos informacions: la quantitat de gas màxima que està disposat a gastar i les dades d'entrada per a l'execució del codi.

8- Home | ethereum.org. 2020.
URL: <https://ethereum.org> (cons.
2-11-2020).

Un problema de seguretat amb SC és que no hi ha un mètode generalitzat de verificació formal [3] del codi dels SC.

2.2. Votacions electròniques

La idea de la votació electrònica és tan vella com l'ús de l'electricitat en si. El juny de 1869, Thomas A. Edison ja va registrar i obtenir la patent 90646 per un sistema electrogràfic de gravació de vots per a les eleccions al Congrés [30]. Però va tenir el rebuig per part dels congressistes, ja que ho van percebre com una pèrdua de debat en la manera de fer. La idea de poder exercir el vot electrònicament permet un recompte més ràpid. A més, si el vot es pot exercir via Internet, obre un gran ventall d'escenaris, i permet a un nombre d'electors més gran, que per la raó que sigui no poden accedir físicament a les urnes, exercir aquest dret. Però tots aquests beneficis es veuen eclipsats per la desconfiança. Qui ens assegura que ningú altera els vots, n'afegeix o els esborra? Un sistema de votació electrònica fa referència a l'ús d'ordinadors o equips de vots informatitzats per exercir el vot en unes eleccions; utilitzar aquest sistema no és fàcil ja que cal garantir els requeriments de seguretat per al vot electrònic. L'ús de criptografia avançada permet assegurar el vot electrònic i fer-lo aplicable [7]. Un sistema de votació electrònica remot és el que permet exercir aquest vot a través d'Internet.

2.2.1. Conceptes

En la recerca feta s'han pogut sintetitzar cinc rols per als diferents actors del sistema. A l'article "A review of contemporary e-voting: requirements, technology, systems and usability" [29], Wang et al. defineixen un vot com la selecció d'un candidat dins d'una llista de candidats. Aquesta selecció o seleccions es plasmen en una butlleta que serà dipositada a l'urna. La persona que fa aquesta elecció i l'emet té el rol de "votant". El rol "registrar", esmentat en els articles [29, 21], és l'encarregat de fer el registre, a partir d'una llista de possibles votants amb dret a vot, identificar-los i atorgar-los aquest dret. És qui gestiona el registre censal. El rol *pollster* o *collector*, definits a [1, 29, 11], actua com a agent i presenta les butlletes de manera que una persona humana pugui entendre-les i en recull les respostes (els vots). També aplica la criptografia necessària, obté les validacions i els

rebutis necessaris, i s'encarrega de dipositar el vot a l'urna. Es pot considerar la part client del sistema.

El rol *validator*, esmentat als articles [29, 1], és el responsable de verificar l'autenticitat dels vots duent a terme les operacions criptogràfiques necessàries per fer les validacions depenent del tipus de verificació escollida. I per acabar l'enumeració dels rols, el rol *tallier* o *tallying authorities*, definit als articles [29, 8, 1, 2], és el responsable de desxifrar els vots, contar-los i publicar-ne els resultats.

A més, les votacions han de preveure sis fases o processos. La primera fase que es pot trobar en els articles [11, 12, 30, 6, 21, 14, 1, 29] s'anomena *registration/preparation*. Consisteix a recopilar la llista dels votants, és a dir, confeccionar el cens electoral. A més, en aquesta fase es preparen les butlletes i tota la logística necessària per dur a terme les votacions. La segona fase, recollida en els articles [29, 12, 11, 23, 14, 1, 13], és el procés de *validation/authentication*, que comprèn la verificació de credencials dels votants, i permet el vot només a aquells que s'han registrat, controlant que només ho facin un cop. La tercera fase, definida als articles [29, 1, 21, 11, 16, 6, 8], s'ocupa de l'emissió i la recollida de les butlletes. La quarta fase és la de *verification*, que s'ha extret dels articles [29, 1, 21, 4, 12, 2]. Aquest procés verifica cada una de les butlletes. Només les butlletes vàlides seran comptades en la fase següent, que és la fase de *tallying*. Al final d'aquesta cinquena fase es publica l'escrutini. Resta una sisena fase, que és la de *claiming*. Qualsevol reclamació es té en compte en aquesta fase i s'investiga, i també s'aprofita per fer una auditoria. Al final d'aquesta fase es publiquen els resultats finals de les votacions.

2.2.2. Requeriments

Un cop establerts els conceptes i els processos del vot electrònic, la recerca s'ha centrat en buscar i establir els requeriments específics per al vot electrònic remot. Aquests requeriments es poden trobar en nombrosos articles. En general es defineixen un conjunt de requeriments obligatoris i una altra sèrie de requeriments opcionals desitjables.

S'han recollit vuit requeriments obligatoris. El primer es coneix com a *correctness (completeness and soundness)* i apareix en els articles [21, 29, 1, 4, 12, 7]: el sistema ha d'assegurar que no està afectat per cap comportament

fraudulent per cap de les parts participants ni per procediments defectuosos; no ha de ser possible alterar vots, descomptar vots vàlids o incloure vots invàlids en l'escrutini final. El segon és la *privacy*, que es pot descriure com en els articles [29, 7], en què es presenten quatre propietats que ha de complir: no s'ha de poder enllaçar una butlleta a qui l'ha emesa (*voter-vote unlinkability*); no s'ha de poder saber des de quina IP s'ha emès una butlleta (*voter-vote IP untraceability*); no es pot afegir informació identificable a la butlleta, i, per acabar, les autoritats no hi poden afegir informació identificable. El tercer requeriment és l'*unreusability*: com descriuen els articles [4, 29], només compta un vot vàlid per votant, és a dir, un votant només pot votar un cop. Això és el que es coneix com a prevenció del *double-voting*. El quart requeriment és l'*eligibility*, definit als articles [1, 29, 8, 14, 7, 6, 16, 11]: el sistema ha d'assegurar que només els votants poden votar i que només poden votar una vegada. El cinquè requeriment és la *robustness*, citat als articles [29, 6, 14, 1], que diuen que un sistema es diu robust si és capaç de funcionar correctament amb un cert grau de tolerància a possibles votants maliciosos o a fallades parcials del sistema; normalment, requereixen sistemes distribuïts en alta disponibilitat i tolerants a fallades. El sisè és el *verifiable*, descrit als articles [4, 13, 29, 14, 21]: d'una banda, cada votant ha de poder verificar que el vot emès és el que s'ha enregistrat (*individual verifiability*); de l'altra, l'escrutini i les proves de correcció corresponents han de ser publicades i qualsevol ha de poder verificar l'escrutini de les eleccions (*universal verifiability*). El setè és l'*usability*, mencionat a l'article [29], que té un paper important per determinar la reeixida del sistema. Finalment, el vuitè és la *fairness*, citat als articles [16, 11, 9, 12, 4, 6, 7, 21, 14, 8, 1, 29]: els resultats no es poden conèixer abans que acabin les votacions per no influir en els votants que encara no han votat.

Els requeriments addicionals però desitjables que s'han trobat són cinc. L'*uncoercability* o resistència a la coerció, extret del articles [29, 8, 12, 16, 9, 23, 11]. La coerció té a veure amb la compra de vots en què el votant ha de convèncer el comprador que ha votat sobre el que hi ha establert en la compra.

Aquest requeriment no és exclusiu de les votacions electròniques i és un problema conegut, important i de difícil solució en el vot per correu. En l'*efficiency*, esmentada en els articles [9, 1, 29], cal que la càrrega de càlcul sigui prou lleugera per poder obtenir els resultats en un temps raonable. En la *mobility*, descrita en els articles [29, 1, 9], un sistema és mòbil si no hi ha restriccions geogràfiques a l'hora d'emetre el vot. La *vote-and-go*, definida en els articles [12, 29], és quan un cop el votant ha emès el seu vot i ha acabat el seu procés de vot, ja no cal cap més acció per part seva. La *practicability*, mencionada en els articles [29, 6], requereix que el sistema no depengui d'assumpcions que siguin difícils d'assolir en escenaris a gran escala.

2.3. Sistemes d'autenticació

Des de l'inici de l'era digital, els sistemes informàtics (SI) han tingut la necessitat d'identificar la persona (o SI) a l'altre costat d'una comunicació. Aquesta identificació es coneix com a autenticació. En la literatura existent s'han trobat diferents tipus d'autenticació en el món digital, que es poden classificar en els grups següents per ordre cronològic d'aparició.

2.3.1. Autenticació independent

Des de l'aparició dels sistemes operatius de temps compartit, a l'inici de la dècada dels 60 [33], cada SI posseeix la seva base de dades d'usuaris en què es guarden dades privades (DP) de cada usuari, el mètode d'autenticació i un secret (que pot ser una paraula clau, dades biomètriques o quelcom que sabem o tenim).

Aquest tipus d'autenticació té un seguit d'avantatges i inconvenients:

- Avantatges: és un sistema fàcil d'implementar, ja que només cal guardar una taula amb la correspondència nom/secret. El secret és en forma de paraula clau. És intuïtiu, l'usuari té un nom i un secret, i amb això en té prou per autenticar-se.
- Inconvenients: si el secret es fa públic qualsevol pot suplantar l'usuari. El fet que augmenti el nombre de serveis fa que l'usuari hagi de gestionar molts noms/secrets, ja que no sempre es pot utilitzar el mateix nom i, a més, és aconsellable fer servir diferents secrets per a cada nom. D'altra banda, diversos SI posseeixen dades privades que no sempre estan tan ben custodiades com caldria, i sovint hi ha fugues de dades personals [35].

2.3.2. Proveïdors d'autenticació o *identity managers* (idm)

Les especificacions d'un idm estan definides en el document "A framework for identity management - Part 1: Terminology and concepts" [18]. Degut als inconvenients abans esmentats, durant la dècada dels 2000 apareixen terceres parts, com Google (Google Id),⁹ Facebook (Facebook login)¹⁰ o OpenId,¹¹ que ofereixen als diferents SI la delegació de l'autenticació. Les especificacions d'un idm estan definides en el document "A framework for identity management - Part 1: Terminology and concepts" [18].

Apareixen nous estàndards, com el Security Assertion Markup Language (SAML) [36] o l'OAuth [15], que permeten a una entitat delegar l'autenticació feta per un tercer i confiar-hi. Aquesta solució permet tenir un únic usuari amb una única contrasenya per a diversos sistemes, però no soluciona la custòdia de la informació privada, que segueix estant fora de la custòdia de l'usuari. L'idm genera un testimoni d'autenticació (*token*), que és un conjunt de bytes amb el format del protocol, ja siguin SAML o OAuth, que té un temps de validesa, i que quan es presenta fa que l'SI final permeti l'accés als serveis.

Aquest tipus d'autenticació té un seguit d'avantatges i inconvenients:

- Avantatges: és un sistema intuïtiu. L'usuari té un nom i un secret, i amb això en té prou per autenticar-se. Les credencials són úniques per a tots els serveis. Aquest sistema permet el *Single Sign On* (SSO), i només cal autenticar-se un cop si diversos serveis fan servir el mateix idm.

I, finalment, les dades d'autenticació són úniques i són en un sol lloc.

- Inconvenients: és un sistema més complex d'implementar; cal estar d'acord sobre el tipus de testimoni d'autenticació (*token*) que cal utilitzar. A més, té dependència d'un tercer que, si no està disponible, fa que es perdi l'accés als serveis temporalment o definitivament si el tercer desapareix. Aquest tercer passa a tenir un gran poder, provoca centralització i a més té informació sobre quins serveis utilitza un usuari, fet que li permet confeccionar un perfil de cada usuari. També, si el secret es fa públic, qualsevol pot suplantar-lo en tots els serveis alhora. I, finalment, les dades privades segueixen estant en les bases de dades dels diferents SI i no sempre estan custodiades com caldria. Sovint hi ha fugues de dades personals [35].

9- Google. Google identity platform. URL: <https://developers.google.com/identity> (cons. 4-10-2020).

10- Facebook. Facebook login. URL: <https://developers.facebook.com/docs/facebook-login> (cons. 4-10-2020).

11- OpenID Foundation website. 2012. URL: <https://openid.net/> (cons. 23-2-2020).

Referències

- [1] RACHID ANANE, RICHARD FREELAND I GEORGIOS THEODOROPOULOS. "E-voting requirements and implementation". A: Proceedings - The 9th IEEE International Conference on E-Commerce Technology; The 4th IEEE International Conference on Enterprise Computing, E-Commerce and E-Services, CEC/EEE 2007. 2007, p. 382 - 389. ISBN: 0769529135. DOI: 10.1109/CEC-EEE. 2007.42
- [2] ROBERTO ARAUJO, RICARDO FELIPE CUSTODIO I JEROEN VAN DE GRAAF. "A verifiable voting protocol based on Farnel (extended abstract)". A: Lecture notes in computer science (including its subseries "Lecture notes in artificial intelligence" and "Lecture notes in bioinformatics"). Vol. 6000 LNCS. 2010, p. 274 - 288. ISBN: 364212979X. DOI: 10.1007/978-3-642-12980-3_17
- [3] NICOLA ATZEI, MASSIMO BARTOLETTI I TIZIANA CIMOLI. "A survey of attacks on Ethereum smart contracts (SoK)". A: Lecture notes in computer science (including its subseries "Lecture notes in artificial intelligence" and "Lecture notes in bioinformatics"). Vol. 10204 LNCS. 2017, p. 164 - 186. ISBN: 9783662544549. DOI: 10.1007/978-3-662-54455-6_8
- [4] MARWA MAHMOUD BADR, AMANY MAHMOUD SARHAN I HATEM ABDULKADER. "Verifiable e-voting system with receipt-freeness". A: 2014 10th International Computer Engineering Conference: Today Information Society What's Next? ICENCO 2014. 2014. ISBN: 9781479952410. DOI: 10.1109/ICENCO.2014.7050429

2.3.3. Credencials basades en atributs verificables

També, a principis dels anys 2000, apareixen aquest tipus de credencials. L'enfocament d'aquests sistemes busca preservar la privadesa de les dades, evitar-ne la disseminació a la xarxa i traslladar la custòdia de les dades a l'usuari. Es basa en unes entitats de confiança (EC) que generen proves criptogràfiques irrefutables sobre atributs d'un usuari. Aquestes proves s'anomenen atributs verificables (AV). L'usuari pot, a posteriori, utilitzar els AV per provar la validesa dels atributs a un tercer.

Aquest mecanisme té un seguit d'avantatges i inconvenients:

- Avantatges: l'usuari és qui custodia els seus AV i els proporciona a qui vol, quan vol.

- Inconvenients: els inconvenients principals són l'ús de criptografia asimètrica que requereix potència de càlcul, la falta d'un estàndard consolidat, i la poca adopció; encara hi ha pocs sistemes que l'implementin.

L'ús de la tecnologia Privacy-preserving Attribute Base Credencial (Privacy-ABC), que descriu Jan Camenish a [5], permet fer assercions (atestats) sobre identitats i preservar-ne la privacitat.

Existeixen dos projectes fonamentats sobre Privacy-ABC: Idemix [17] i U-prove [37].

2.3.4. L'anonimat

Quan es parla d'anonimat s'ha de definir què vol dir i com s'aplica en cada context. Andreas Pfitzmann i Marit Hansen, en l'article [25], defineixen formalment la terminologia utilitzada en aquest àmbit.

Anonimat: l'anonimat es defineix com la propietat que fa indistingible un individu determinat dins d'un conjunt d'individus que s'anomena conjunt d'anonimat. En el cas que ens ocupa això es tradueix en què no hi ha forma d'identificar qui fa una acció donada o qui envia un missatge dins el sistema.

Unlinkability (no enllaçabilitat): la no enllaçabilitat de dos temes d'interès (temes d'interès, com per exemple individus, accions, missatge...), des del punt de vista d'un observador, significa que dins del sistema (que conformen aquests temes i possiblement d'altres) l'observador no pot distingir si els lol estan relacionats o no. Per exemple, en un escenari amb més de dos individus, dos missatges enviats des del mateix conjunt

d'anonimat no són enllaçables per un observador. Això vol dir que la probabilitat que aquests dos missatges hagin estat enviats pel mateix individu és prou propera a

$$\frac{1}{\#\text{individus}}$$

on #individus és el nombre d'individus en el conjunt d'anonimat.

Per tant, l'existència d'anonimat implica la no enllaçabilitat. Cal destacar, també, que quan no és no enllaçable es diu que és enllaçable.

Pseudoanonimat: un pseudònim és un identificador d'un individu altre que el seu nom real. Un individu és pseudoanònim si utilitza el pseudònim en comptes del seu nom real. El pseudoanonimat és l'ús de pseudònims com a identificadors. Noteu que amb l'ús de pseudònims es pot garantir l'anonimat sense perdre l'enllaçabilitat sempre que s'utilitzi el mateix pseudònim i que no sigui pública la correspondència pseudònim / identitat real. De totes maneres, si s'abusa de l'ús d'un mateix pseudònim en diferents àmbits, un observador podria inferir aquest lligam i desfer l'anonimat.

Aquest estudi s'ha centrat en aquesta última solució: l'autenticació basada en atributs que garanteix més privacitat i control sobre les dades personals. A partir de l'inici dels anys 2000 s'han consolidat tot un seguit d'evolucions tecnològiques que han permès la implementació d'aquest tipus d'autenticació.

2.4. El sistema d'autenticació autogestionada (*self-sovereign identity, SSI*)

En l'apartat 2.3 s'han enumerat un seguit de solucions d'autenticació que presenten una sèrie d'inconvenients per als nostres objectius: d'una banda, la pèrdua del control per part de l'usuari i la disseminació a la xarxa tant de les dades d'autenticació com de les dades privades. De l'altra, la centralització de poder sense garantir ni preservar la privacitat, una certa facilitat de suplantació de la identitat i, finalment, punts febles o, dit d'una altra manera, punts suculents en què centrar els esforços d'atac. Així és com apareix, a principis del 2012 [34], el nou concepte de la identitat autogestionada (*self-sovereign identity*), basada en atributs verificables, que pretén oferir una identitat portàtil per a qualsevol persona, organitzar un dispositiu que no

[5] JAN CAMENISCH I ANNA LYSYANSKAYA. "An efficient system for non-transferable anonymous credentials with optional anonymity revocation". A: *Advances in cryptology | Eurocrypt 2001*. Ed. de Birgit Pfitzmann. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2001, p. 93 - 118. ISBN: 978-3-540-44987-4

[6] THOMAS E. CARROLL I DANIEL GROSU. "A secure and anonymous voter-controlled election scheme". A: *Journal of network and computer applications* (2009). ISSN: 10848045. DOI: 10.1016/j.jnca.2008.07.010

[7] ORHAN CETINKAYA. "Analysis of security requirements for cryptographic voting protocols (extended abstract)". A: *ARES 2008 - Proceedings of the Third International Conference on Availability, Reliability and Security*. 2008. ISBN: 0769531024. DOI: 10.1109/ARES.2008.167

[8] VERONIQUE CORTIER I BEN SMYTH. "Attacking and xing Helios: an analysis of ballot secrecy". A: *Journal of computer security* (2013). ISSN: 0926227X. DOI: 10.3233/JCS-2012-0458

[9] CHIN-LING CHEN ET AL. "A secure anonymous e-voting system based on discrete logarithm problem". A: *Applied mathematics & information sciences* 8.5 (set. 2014), p. 2571 - 2578. ISSN: 1935-0090. DOI: 10.12785/amis/080556. URL: <http://www.naturalspublishing.com/Article.asp?ArtId=5932>

[10] JOOST DE KRUIJ I HANS WEIGAND. "Understanding the blockchain using enterprise ontology". A: *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. Vol. 10253 LNCS. 2017, p. 29 - 43. ISBN: 9783319595351. DOI: 10.1007/978-3-319-59536-8_3

[11] STEPHANIE DELAUNE, STEVE KREMER i MARK RYAN. "Verifying privacy-type properties of electronic voting protocols: A taster". A: *Lecture notes in computer science (including its subseries "Lecture notes in artificial intelligence" and "Lecture notes in bioinformatics")*. Vol. 6000 LNCS. 2010, p. 289 - 309. ISBN: 364212979X. DOI: 10.1007/978-3-642-12980-3_18

[12] CHUN I. FAN i WEI ZHE SUN. "An efficient multi-receipt mechanism for uncoercible anonymous electronic voting". A: *Mathematical and computer modelling* 48.9-10 (2008), p. 1611 - 1627. ISSN: 08957177. DOI: 10.1016/j.mcm.2008.05.039

[13] J. PAUL GIBSON ET AL. "A review of e-voting: the past, present and future". A: *Annals of telecommunications* 71.7-8 (ag. 2016), p. 279 - 286. ISSN: 0003-4347. DOI: 10.1007/s12243-016-0525-8. URL: <http://link.springer.com/10.1007/s12243-016-0525-8>

[14] WEI HAN, DONG ZHENG i KE FEI CHEN. "Filling the gap between voters and cryptography in e-voting". A: *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)* 14 E.3 (2009), p. 257 - 260. ISSN: 10071172. DOI: 10.1007/s12204-009-0257-2

[15] D. HARDT. The OAuth 2.0 authorization framework. RFC 6749. <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc6749.txt>. RFC Editor, oct. del 2012.

[16] FREYA SHEER HARDWICK ET AL. "E-voting with blockchain: an e-voting protocol with decentralisation and voter privacy". A: (2018). ArXiv: 1805.10258. URL: <http://arxiv.org/abs/1805.10258>

[17] IBM. "Specification of the identity mixer cryptographic library". A: *Information Security* (2010), pàg. 1 - 52.

depengui de cap autoritat centralitzada, que mai no es pugui suplantar, i, a més, en què l'usuari tingui el control, en cada moment, del que vol desvelar i a qui ho vol revelar. En un sistema autogestionat (*self-sovereign*), els usuaris existeixen independentment dels serveis. Christopher Allen resumeix els principis de l'SSI en deu punts [32]:

- Existència: els usuaris han de tenir una existència independent. El cor de tota SSI es basa, en última instància, en el "jo". L'objectiu d'una SSI ha de ser simplificar el fer públics i accessibles alguns aspectes d'aquest "jo" que ja existeix.
- Control: l'usuari ha de tenir el control de la seva identitat, gràcies a algorismes criptogràfics segurs que garanteixen la vigència continuada de la seva identitat i el control de les seves dades personals.
- Accés: els usuaris han de tenir accés a les seves pròpies dades. Un usuari sempre ha de ser capaç de recuperar fàcilment totes les dades de la seva identitat.
- Transparència: els sistemes i els algorismes han de ser transparents. Els sistemes que s'utilitzen per administrar i operar una xarxa SSI han de ser oberts. Els algorismes han de ser lliures, de codi obert, coneguts i com més independents de qualsevol arquitectura en concret millor.
- Persistència: les identitats han de ser de llarga durada. Preferiblement, les identitats han de durar per sempre o, com a mínim, el temps que l'usuari desitgi.
- Portabilitat: la informació i els serveis sobre la identitat han de ser transportables. Les identitats no les ha de tenir un SI de tercers, encara que sigui un SI de confiança que s'espera que funcioni en l'interès de l'usuari.
- Interoperabilitat: l'ús de les identitats hauria de ser tan ampli com sigui possible. Les identitats són de poc valor si només funcionen en nínxols limitats.
- Consentiment: els usuaris han d'acordar l'ús de la seva identitat. L'intercanvi de dades només s'ha de produir amb el consentiment de l'usuari.
- Minimalista: s'ha de minimitzar la divulgació d'atestats. Quan es publiquen dades, la revelació hauria d'incloure la quantitat mínima de dades necessària per dur a terme la tasca que es vol.
- Protecció: cal protegir els drets dels usuaris. Quan hi ha un conflicte entre les necessitats de la xarxa SSI i els drets dels usuaris individuals, la xarxa hauria de posar-se al costat de la

preservació de les llibertats i els drets de les persones per sobre de les necessitats de la xarxa.

2.4.1. Arquitectura d'identitat autogestionada (*self-sovereign identity*, SSI)

Els sistemes SSI es basen en el model de credencials verificables proposat pel W3C a [31]. Aquest model proposa diversos conjunts de definicions: conceptes, rols i elements. Primer, cal definir els conceptes sobre els quals es basa tot el model. L'identificador és una cadena de caràcters, cada entitat té un o un conjunt d'identificadors. Un atestat o *claim* és una asserció que algú fa sobre una identitat. Es defineix un conjunt d'actors: entitats que interactuen entre elles de manera segura i fiable. L'usuari o *holder* és una entitat independent que controla i posseeix els seus identificadors. Un emissor o *issuer* és l'entitat que certifica un atestat. Un consumidor o *inspector* és l'entitat que verifica o consumeix l'atestat. I un agent és una combinació de funcionalitats i emmagatzematge que es comunica via missatges amb d'altres agents. La seva funcionalitat permet interactuar i actuar en nom d'un usuari a través de regles de negoci.

Es defineixen també un conjunt d'elements: un magatzem de material d'autenticació, que s'anomena moneder o *wallet*, en què l'usuari guarda el material criptogràfic per a l'autenticació. Un registre distribuït d'identificadors (R_{id}) és qui guarda la correspondència entre l'identificador i la informació associada a aquest identificador, necessària per al funcionament del sistema. I un repositori d'atestats ($R_{atestats}$) és on els agents guarden els atstats. En aquest paradigma, el material d'autenticació es manté privat i les dades per permetre aquesta autenticació s'emmagatzemen de manera distribuïda en una base de dades accessible per a tothom que fa de registre d'identificadors. Per tant, cada usuari tindrà un o més identificadors d'aquests, que s'anomenen *distributed identifiers* (DID). La idea és que la comunicació es dugui a terme amb protocols d'extrem a extrem, que es fonamenten en el registre de DID (figura 1). Tant les dades d'autenticació (DA en la figura 1) com les dades privades (DP en la figura 1) són propietat de l'usuari i només s'intercanvien entre extrems. La custòdia de les dades és responsabilitat de l'usuari i és qui decideix quina informació vol compartir. Aquesta solució es basa en la utilització de criptografia asimètrica. Quan una part

[18] ISO Central Secretary. Information technology - Security techniques - A framework for identity management - Part 1: Terminology and concepts. Standard. Geneva, CH: International Organization for Standardization, 2011.

[19] OCTAVIO LAZARO-MANCILLA ET AL. "Paralelismo entre el método científico, los cinco procesos de un proyecto y el método de la ingeniería". A: *Academia Journals* (nov. 2014).

[20] LOI LUU ET AL. "Making smart contracts smarter". A: *Proceedings of the ACM Conference on computer and communications security*. Vol. 24-28 oct. 2016, p. 254 - 269. ISBN: 9781450341394. DOI: 10.1145/2976749.2978309

[21] VÍCTOR MATEU, JOSEP M. MIRET I FRANCESC SEB. "A hybrid approach to vector-based homomorphic tallying remote voting". A: *International journal of information security* (2016). DOI: 10.1007/s10207-015-0279-8. URL: <http://www.mendeley.com/research/hybrid-approach-vectorbased-homomorphic-tallying-remote-voting>

[22] DAVID MILLS ET AL. "Distributed ledger technology in payments, clearing, and settlement". A: *Finance and economics discussion series* 2016.095 (2016), p. 971 - 1023. ISSN: 19362854. DOI: 10.17016/feds.2016.095

[23] TAL MORAN I MONI NAOR. "Split-ballot voting: everlasting privacy with distributed trust". A: *ACM Trans. Inf. Syst. Secur.* (2010). DOI: 10.1145/1698750.1698756. URL: <http://www.mendeley.com/research/splitballot-voting-everlasting-privacy-distributed-trust>

[24] WILLIAM MOUGAYAR. *The business blockchain*. 2016, p. 180. ISBN: 9781119300311.

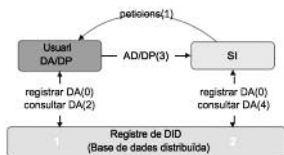


Figura 1. Autenticació amb SSI

A vol autenticar una altra part B, A envia una petició amb un *nonce* (un número aleatori que només ell coneix) a B. Aquesta petició es coneix com a *repte*. Quan B rep el *repte*, calcula la signatura amb la seva clau privada i la retorna a A (resposta al *repte*). Així, A pot verificar la signatura (resposta al *repte*) amb la clau pública de B. Aquest és el mecanisme d'autenticació que s'utilitza en aquest sistema, sense la necessitat de tenir una tercera part de confiança.

Explicació de la figura 1: (0) l'usuari i l'SI generen el seu identificador (DID) i els registren (registrar DA) juntament amb la seva clau pública a la base de dades distribuïda. Això només cal fer-ho una vegada durant tota la vida del DID, en el moment de la seva creació i abans d'utilitzar-lo per primer cop. (1) L'SI consulta el registre de DID i fa una petició (peticions), ja sigui d'autenticació o de DP de l'usuari. (2) L'usuari valida qui li ha fet la petició (consultar) amb criptografia asimètrica. (3) L'usuari, si la validació és correcta, respon a la petició (AD/DP) segons sigui la petició. (4) L'SI consulta el registre de DID i comprova, amb criptografia asimètrica, la resposta abans de processar-la.

Aquest tipus d'autenticació té un seguit d'avantatges i inconvenients:

- Avantatges: el sistema no depèn de cap tercer ja que el registre és distribuït. L'usuari és qui custodia les seves DP i les proporciona a qui vol i quan vol. A més, l'usuari és lliure d'utilitzar diferents DID i claus per als serveis.

- Inconvenients: és complex d'implementar; cal disposar d'una base de dades distribuïda. Fa ús de criptografia asimètrica que requereix potència de càlcul. La gestió dels DID i les claus associades és complexa. La recuperació en cas de pèrdua de les claus privades que ens identifiquen és difícil. I hi ha poca adopció; encara hi ha pocs sistemes que l'implementin.

3. Objectius

Després de l'estudi dels sistemes de votacions electròniques basades en la cadena de blocs (*blockchain*), s'han detectat dos punts de millora en els quals es basa aquesta recerca: l'autenticació i l'anonimat. L'autenticació no s'aborda en cap dels articles consultats ja que es delega a un tercer de confiança. I l'anonimat s'assoleix utilitzant algorismes de barreja costosos, amb proves de correcció (proves matemàtiques conforme s'ha executat correctament l'algorisme).

Els objectius principals són:

- Obtenir un sistema de credencials anònimes amb atributs enllaçables.
- Utilitzar aquestes credencials en un sistema de votacions electròniques amb tecnologia de cadena de blocs (*blockchain*) i *smart contracts*, utilitzant el paradigma de la identitat autogestionada.

Així doncs, la recerca busca definir un sistema de credencials que parteix d'un protocol d'autenticació anònim basat en atributs i vol que aquests atributs siguin enllaçables sota certes condicions, a fi i efecte de poder utilitzar-lo en votacions electròniques. Aquest sistema l'anomenarem sistema d'identitats autogestionades anònimes amb atributs enllaçables. Per tant, es tracta, d'una banda, de proposar el càlcul d'un identificador anònim però únic, detectant un usuari que el vulgui utilitzar més d'un cop. Però també, per altra banda, de definir el protocol que garanteixi la transparència i robustesa, i impossibiliti el compromís de l'anonimat davant una conxorxa entre actors. Un cop definit el protocol i integrat dins de la identitat autogestionada, se'n vol provar l'ús en votacions electròniques sobre la cadena de blocs (*blockchain*), integrant-lo en un dels sistemes estudiats en la literatura.

En utilitzar el mètode d'enginyeria, s'han de definir un conjunt de requeriments que han de satisfer la solució trobada.

Els requeriments funcionals de les credencials amb atributs enllaçables són: les credencials seran atributs verificables; un cop emeses, seran anònimes i seran úniques sota certes condicions (per exemple, per a unes votacions donades). Es podrà enllaçar l'ús repetit d'un mateix atribut de les credencials sota certes condicions (per exemple, per a unes votacions donades). Un cop emeses serà l'usuari qui les custodii.

Els requeriments funcionals del sistema de vot electrònic són: ser distribuït mitjançant tecnologia de cadena de blocs (*blockchain*) i *smart contracts*; ser resistent davant qualsevol component que actuï de manera maliciosa de manera individual o amb conxorxa amb d'altres, i ser eficient, anònim i escalable.

4. Metodologia

La metodologia proposada és el mètode d'enginyeria [19] que s'aplica a qualsevol desenvolupament i que utilitzen, per exemple, Kalpanan Singh i altres experts en l'article

[25] ANDREAS PRITZMANN I MARIT HANSEN. "Anonymity, unlinkability, undetectability, unobservability, pseudonymity and identity management - A consolidated proposal for terminology". A: Version v0 31 (febr. 2008).

[26] KALPANA SINGH ET AL. "A novel credential protocol for protecting personal attributes in blockchain". A: Computers and electrical engineering 83. February (2020), p. 106586. ISSN: 00457906. DOI: 10.1016/j.compeleceng.2020.106586

[27] MELANIE SWAN. "Blockchain: blueprint for a new economy". 2015, p. 149. ISBN: 9781491920497.

[28] MARVIN VAN WINGERDE. "Blockchain-enabled self-sovereign identity. An exploratory study into the concept self-sovereign identity and how blockchain technology can serve the fundamental basis self-sovereign identity management". Tesi doctoral 2017. DOI: 10.13140/RG.2.2.17693.82406. URL: <https://www.researchgate.net/publication/326914271>

[29] KING-HANG WANG ET AL. "A review of contemporary e-voting: requirements, technology, systems and usability". A: Ubiquitous International 1.1 (2017), p. 31 - 47. ISSN: 2520-4165. URL: http://www.reo.gov.hk/pdf/20162017estimates/reo%7B%5C_%7Destimates%7B%5C_%7D1617-e.pdf%20http://www.ikelab.net/dspr-pdf/vol1-1/dspr-paper3.pdf

[30] JAN WILLEMSON. "Bits or paper: Which should get to carry your vote?" A: Journal of information security and applications 38 (2018), p. 124 - 131. ISSN: 22142126. DOI: 10.1016/j.jisa.2017.11.007. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2017.11.007>

[31] BRENT ZUNDEL ET AL. "Verifiable credentials data model 1.0. W3C Recommendation". <https://www.w3.org/TR/2019/REC-vc-data-model-20191119/>. W3C, nov. 2019.

[26]. Un cop establerts els requeriments, es fa un estudi teòric de la solució proposada del problema. Seguidament, un cop validada teòricament, es passa a implementar-la mitjançant una prova de concepte (PoC). Una PoC és una simulació d'un sistema real en un laboratori. Amb aquesta PoC es validen els resultats teòrics. Un cop contrastats i validats els resultats teòrics empíricament, s'instrumentalitzava la PoC per recollir mesures per poder caracteritzar la solució; amb aquests resultats s'extreuen conclusions i s'avalua si la solució proposada compleix els requeriments inicials i si és viable. Finalment, amb el disseny teòric, la implementació i els resultats obtinguts s'elabora la tesi de la recerca. Aquesta recerca té dos objectius principals i s'ha dividit en les dos fases següents per arribar a aquests objectius.

4.1. Fase 1: Credencials anònimes enllaçables

Aquesta fase correspon al primer objectiu fixat en l'apartat 3: obtenir un sistema de credencials anònimes amb atributs enllaçables. Un cop fet l'estudi teòric del protocol descrit a "A novel credential protocol for protecting personal attributes in blockchain" [26] per Kalpanan Singh i altres, es pretén modificar-lo per permetre que els atributs siguin enllaçables en un àmbit donat sense perdre l'anonimat. Un cop fet això, es volen reproduir les proves experimentals dutes a terme en l'article esmentat abans i, aquest cop, tant sobre el protocol original com sobre el modificat per nosaltres.

Els resultats experimentals descrits a l'article són de dos tipus: un primer resultat binari que demostra empíricament que el sistema funciona, i un segon resultat que ens dona un temps de resposta del sistema per cada operació, fet que ens servirà per fer l'anàlisi comparativa entre les dos solucions. L'escenari que se simula correspon als casos d'ús, en què la Mònica demana primer una prova de majoria d'edat que utilitzarà després de manera anònima en una transacció sobre la cadena de blocs (*blockchain*). Per simplicitat, totes les operacions criptogràfiques es duran a terme amb serveis web codificats en el llenguatge GO; els paquets de criptografia de GO seran els de la branca principal de GO, excepte per al paquet `golang.org/x/crypto/bn256`,¹² que es fa servir per a les operacions de *pairing* que s'importaran de GO sub-repository.¹³

12- bn256 · pkg.go.dev. 2020. URL: <https://pkg.go.dev/golang.org/x/crypto/bn256> (cons. 26-1-2021).
13- Go Sub-Repository Packages - GoDoc. 2020. URL: <https://godoc.org/-/subrepo> (cons. 26-1-2021).

En el protocol apareixen quatre actors que modelarem de la manera següent:

- U es modela com una interfície de serveis web de la forma /us/<operació>.
- IV es modela com una interfície de serveis web de la forma /iv/<operació>.
- CP es modela com una interfície de serveis web de la forma /cp/<operació>.
- SP es modela com la transacció startTrading() a la cadena de blocs (*blockchain*). Aquesta transacció comprova l'atribut sense saber qui li està presentant, i si no pot verificar aquest atribut, rebutja la transacció.

La cadena de blocs (*blockchain*) que s'utilitza és Hyperledger Sawtooth,¹⁴ que és l'escollida pels autors de l'article del protocol de referència. En aquest punt es codifica en el llenguatge Python¹⁵ un programa que durà a terme totes les interaccions entre actors per finalment intentar fer la transacció startTrading(). Aquest programa ha de preveure els casos següents:

- Un usuari amb un atribut de majoria d'edat ! permet la transacció.
- Un usuari sense un atribut de majoria d'edat ! rebutja la transacció.
- Un usuari amb un atribut de majoria d'edat però expedit per a un altre usuari ! rebutja la transacció.

Els resultats d'aquest experiment ens donaran la validesa de la solució. Un cop validat el protocol, afegirem comptadors de temps a cadascuna de les operacions per poder emmagatzemar mesures del temps consumit a cada pas i fer un estudi estadístic comparatiu dels temps de resposta de cadascun dels protocols.

4.2. Fase 2: Integració d'un sistema de votacions electròniques remotes basades en la cadena de blocs (*blockchain*) i *smart contracts* amb un sistema d'identitats autogestionades

Per la seva part, aquesta fase es dividirà en dos blocs: la integració dels atributs enllaçables a un sistema SSI i la integració d'aquest SSI modificat amb un sistema de votacions electròniques remotes basades en *blockchain* i *smart contracts*.

14- Hyperledger - Sawtooth - Hyperledger. 2020. URL: <https://www.hyperledger.org/use/sawtooth> (cons. 18-10-2020)
15- Welcome to Python.org. 2020. URL: <https://www.python.org> (cons. 28-1-2021).

4.2.1. Integració dels atributs enllaçables en una SSI

Per a aquest objectiu s'ha decidit utilitzar la implementació d'una cadena de blocs (*blockchain*) amb *smart contracts* orientada a la identitat autogestionada anomenada Hyperledger Indy,¹⁶ que està dissenyada específicament per identitats descentralitzades. Aquesta identitat inclou un SDK (*software development kit*)¹⁷ per interactuar amb ella i proporciona tota la infraestructura necessària pel que fa a la creació i el manteniment dels DID i els documents DID vistos en el marc teòric. Ofereix també mecanismes que proporcionen credencials anònimes però, com el protocol de referència, aquestes credencials anònimes són "massa" anònimes i no permeten la seva utilització en votacions electròniques.

Per tant, la nostra proposta, basant-nos en el protocol dissenyat i provat a l'apartat 4.1, tracta de dissenyar, implementar i provar un sistema de credencials anònimes enllaçables dins d'aquesta solució. Els passos que se seguiran són: es desenvoluparan les estructures de dades i *smart contracts* necessaris, així com l'SDK per interactuar amb ells. L'escenari en què es provaran aquestes modificacions es basa en l'Indy Walkthrough¹⁸ però amb els actors i amb els rols de l'apartat 2.2.1. Així, els actors de l'apartat 2.2.1 seran assimilats als del protocol de l'apartat 4.1 de la manera següent:

- El votant, assimilat a U, és qui obtindrà l'atribut verificable que li dona accés a les votacions.
- El registre civil, assimilat a IV, és qui valida la identitat del votant.
- El registrar o autoritat censal, assimilat a CP, és qui proporciona l'atribut verificable equivalent al dret de vot als votants.
- El *collector*, assimilat a SP, és qui rep aquest dret de vot de forma anònima i qui pot comprovar si ja s'ha exercit aquest dret. Es farà un programa en Python similar al de l'apartat 4.1 que orquestrari les interaccions entre els diferents actors i la cadena de blocs (*blockchain*), simulant l'autenticació, l'obtenció del dret a vot i l'ús d'aquest dret. En aquest cas, les operacions criptogràfiques es faran amb l'SDK desenvolupat. Per tant, estaran subjectes a les limitacions del client. Anàlogament a l'apartat 4.1, es farà l'experiment amb els mateixos paràmetres i es recopilaran els resultats, es validaran i s'extrauran les conclusions.

16- Hyperledger Indy - Hyperledger. 2020. URL: <https://www.hyperledger.org/use/hyperledger-indy> (cons. 18-10-2020).

17- GitHub - hyperledger/indy-sdk: Everything needed to build applications that interact with an Indy distributed identity ledger. 2020. URL: <https://github.com/hyperledger/indy-sdk> (cons. 28-1-2021).

18- indy-sdk/indy-walkthrough.md at master · hyperledger/indy-sdk · GitHub. 2020. URL: <https://github.com/hyperledger/indy-sdk/blob/master/docs/getting-started/indy-walkthrough.md> (cons. 28-1-2021).

4.2.2. Cas d'ús

Es proposarà i s'implementarà un sistema de votacions electròniques remotes basat en la cadena de blocs (*blockchain*) i *smart contracts*, utilitzant l'SSI amb atributs anònims enllaçables descrita a l'apartat 4.2.1. D'entre les opcions de sistemes de votacions electròniques remotes basades en *blockchain* i *smart contracts* trobades en la literatura, s'escollirà la que segons les seves característiques ofereixi més escalabilitat. Es modificarà aquest darrer sistema eliminant els processos que aporten les funcionalitats ofertes per la nostra solució o adaptant-ne d'altres per aprofitar les funcionalitats aportades. Per exemple, es pot eliminar el procés d'anonimització de butlletes i ja no caldrà accedir al cens electoral a l'hora de comprovar el dret a vot, que vindrà donat per l'atribut verificable.

5. Resultats esperats

Aquesta recerca busca demostrar que és possible donar drets a algú, que aquest algú pot exercir aquest dret de manera anònima, i que el fet de preservar el seu anonimat no implica que no sigui enllaçable. També s'espera que les modificacions proposades no en facin decaure el rendiment o el converteixin en inaplicable en aplicacions reals. Per tant, es vol obtenir un protocol de credencials anònimes basat en atributs verificables que permeti detectar l'ús repetit d'aquests atributs.

A l'hora d'escriure aquest article, la fase 1 de definició i validació del protocol ja està molt avançada. Els resultats obtinguts en els experiments efectuats fins avui deixen entreveure la viabilitat del sistema. El cost computacional és acceptable. S'està elaborant un article científic amb el material obtingut en aquesta fase que es presentarà en breu en una publicació científica internacional.

Amb aquests resultats, es vol implementar un sistema de votacions electròniques basat en la cadena de blocs (*blockchain*) i *smart contracts* que ofereixi l'anonimat del vot aprofitant la propietat desenvolupada d'autenticació anònima basada en atributs i amb atributs enllaçables. A més, aquesta identitat anònima serà autogestionada, i s'espera que sigui eficient a gran escala, i que tot i tenir atributs enllaçables, en cap moment no es perdi l'anonimat.

Referències en línia

- [32] C. ALLEN. "The path to self-sovereign identity". [Online; accessed 30-January-2020]. 2016. URL: <http://www.lifewithalacrity.com/2016/04/the-path-to-self-sovereign-identity.html>
- [33] FERNANDO J. CORBATO, MARJORIE MERWIN DAGGETT, ROBERT C. DALEY. "An experimental time-sharing system". [Online; accessed 25-January-2020]. 1962. URL: <http://larch-www.lcs.mit.edu:8001/~corbato/sjcc62/>
- [34] MOXIE MARLINSPIKE. "What is "sovereign source authority"?" [Online; accessed 10-March-2020]. 15-02-2012. URL: <https://www.moxytongue.com/2012/02/what-is-sovereign-source-authority.html>
- [35] ALLISON MATYUS. "Facebook faces another huge data leak affecting 267 million users" | Digital trends. [Online; accessed 07-March-2020]. Des. 2019. URL: <https://www.digitaltrends.com/news/facebook-data-leak-267-million-users-affected/>
- [36] OASIS. Security assertion markup language (SAML) V2.0 Technical overview. [Online; accessed 23-February-2020]. 2008. URL: <https://docs.oasis-open.org/security/saml/Post2.0/sstc-saml-tech-overview-2.0.html>
- [37] CHRISTIAN PAQUIN I GREG ZAVERUCHA. U-Prove cryptographic specification V1.1 (Revision 3). Released under the open specification promise. [Online; accessed 23-February-2020]. Des. 2013. URL: <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/u-prove-cryptographic-specification-v1-1-revision-3/>
- [38] Proof of Stake FAQ. [Online; accessed 16-February-2020]. Juny 2019. URL: <https://github.com/ethereum/wiki/wiki/Proof-of-Stake-FAQ>



Winona Oliveros i Díez

Graduada en
Microbiologia, màster en
Bioinformàtica i
doctoranda al
Transcriptomics and
Functional Genomics Lab,
del Barcelona
Supercomputing Center /
Universitat de Barcelona



Winona Oliveros i Díez

Caracterització epigenètica dels colangiocarcinomes

Introducció

El colangiocarcinoma (CCA) és un càncer poc freqüent que es forma en els conductes biliars que transporten la bilis. Representa entre el 10 i el 20% dels càncers de fetge primaris diagnosticats, fet que el col·loca en la segona malignitat hepatobiliar més comuna. El CCA és un tipus de tumor que és molt difícil de tractar i l'únic tractament potencialment curatiu que existeix actualment és la cirurgia del tumor. No obstant això, la majoria dels pacients presenten un pronòstic complicat a causa de la gran recurrència d'aquests tumors després de la cirurgia. A més, la majoria dels pacients no són diagnosticats fins que la malaltia ja és inoperable o metastàtica; per tant, només qualificant per a quimioteràpia pal·liativa o cures de suport.

Recentment alguns investigadors han publicat diverses dades de CCAs que descriuen la seva complexa biologia molecular i patogenicitat implicant-hi diverses vies moleculars, algunes de les quals són possibles dianes terapèutiques.

Entre les diverses potencials dianes terapèutiques hi trobem la mutació en el gen IDH1/2, la qual es troba en el 20% dels pacients diagnosticats amb CCA. Els tumors amb aquesta mutació generen un *oncometabòlit* anomenat D-(R)-2-hidroxi-glutarat (D2HG), responsable de molts dels efectes biològics de les mutacions en IDH1/2 associades al càncer. Aquest oncometabòlit altera el patró epigenètic de les cèl·lules normals (canvis funcionalment rellevants en el genoma que no impliquen canvis en la seqüència de l'ADN, com la metilació), i, per tant, altera la funció cel·lular normal. Encara no es coneix detalladament com la mutació IDH1 afecta l'estructura de la cromatina ni els patrons d'expressió. Per tant, tenim la necessitat d'estudiar en profunditat com les mutacions en IDH1/2 porten a l'alteració de la cromatina en CCA. Per aquest motiu, en aquest projecte analitzem l'epigenoma i el transcriptoma del CCA fent ús de dues línies

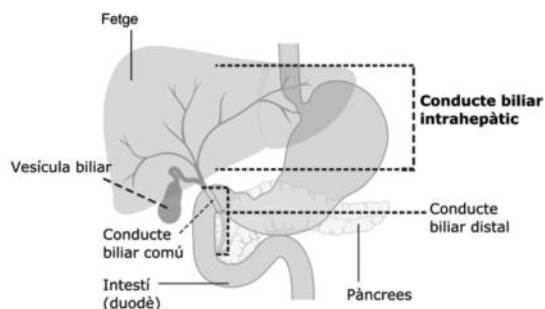


Figura 1. Representació esquemàtica del teixit d'interès (conducte biliar intrahepàtic) i els seus teixits adjacents

cel·lulars i diversos xenògrafs derivats de pacients (PDXs). El nostre principal objectiu és entendre la relació entre la genètica i l'epigenètica de CCA IDH1 mutants i no mutants. Per a assolir el nostre objectiu realitzarem una sèrie d'anàlisis computacionals de diferents tipus de dades que obtindrem utilitzant tècniques capdavaneres de seqüenciació. Aquesta col·lecció de PDXs de CCA és única, i actualment continua en expansió. Finalment, també farem ús dels models de CCA_PDX per a testar diferents inhibidors d'IDH1 i estudiarem la biologia subjacent d'aquest procés per a buscar nous biomarcadors de resposta.

El centre

Abans d'entrar en detall sobre la metodologia i els resultats preliminars d'aquest projecte és important fer un breu resum de les instal·lacions que fan possibles aquests tipus de projectes en els quals s'han d'analitzar milers de dades conjuntament. Les anàlisis computacionals i l'emmagatzemament de dades d'aquest projecte es porten a terme al Barcelona Supercomputing Center (BSC). El centre es va establir l'any 2005 i és el centre nacional de supercomputació a Espanya. Estan especialitzats en computació d'altas prestacions (HPC) i gestionen el MareNostrum, un dels supercomputadors més potents d'Europa, ubicat dins una capella. La recerca al centre es divideix en quatre camps: Ciències Computacionals, Ciències de la Vida, Ciències de la Terra i Aplicacions Computacionals en Ciència i Enginyeria. Però, què és la supercomputació? La supercomputació permet realitzar experiments on se simula el comportament de l'objecte estudiat. Això permet reduir molts



Figura 2. Localització del MareNostrum4. Barcelona Supercomputing Center (BSC)

costos i efectuar experiments que no es podrien fer a la vida real. D'altra banda, els supercomputadors són necessaris també per analitzar grans quantitats de dades, com les que proporcionen les noves plataformes de seqüenciació de genomes i transcriptomes.

Objectius

Ara que ja sabem on és poder dur a terme aquests tipus de projectes, és el moment d'explicar els principals objectius de la meua recerca i mencionar algunes de les anàlisis preliminars fetes fins a la data d'avui.

El nostre projecte el podem dividir en 4 principals propòsits. Primerament, ens centrarem a establir i caracteritzar els PDX de dos tipus de CCA, els que tenen el gen IDH1 mutant i els que no el tenen mutat. Seguidament, crearem un epigenoma de referència d'aquests dos grups de CCA PDXs i analitzarem el seu transcriptoma. Aquestes dades les utilitzarem per a realitzar una sèrie d'anàlisis computacionals integrant totes les dades disponibles per a guanyar coneixement sobre els canvis en l'epigenoma que succeeixen en cadascun dels dos grups de CCA PDXs. En tercer lloc, analitzarem l'eficàcia de diversos tractaments en CCA PDXs amb el gen IDH1 mutat i d'altres CCA PDXs sense mutacions en aquest gen. Finalment, intentarem identificar possibles biomarcadors que podrien predir la resposta dels pacients als diferents tractaments testats i millorar així la seva estratificació.

Materials i mètodes

Per a l'obtenció de la nostra col·lecció de CCA PDXs es van agafar mostres del tumor de pacients de CCA (més del 90% presentant metàstasi al fetge) i es van implantar en ratolins nus. Les alteracions genètiques dels tumors es van analitzar en dos moments diferents, en la mostra fresca de tumor i en els PDXs. L'accessibilitat de l'ADN (ATAC-Seq) es va analitzar en aquest set de CCA PDXs. Aquestes dades les vam processar seguint uns protocols ja establerts per la comunitat científica i finalment vam obtenir una col·lecció de pics d'accessibilitat al llarg dels genomes dels nostres CCA PDXs.

L'anàlisi del transcriptoma també es va realitzar en aquesta col·lecció de mostres i les dades les vam processar seguint un protocol establert en el nostre laboratori. Vam obtenir el recompte dels gens per a cadascun dels CCA PDXs.

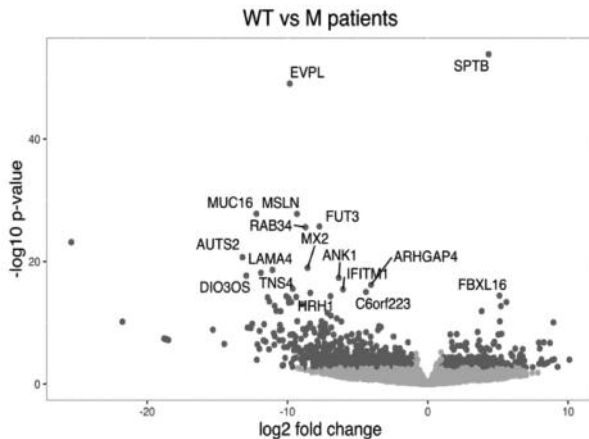
Finalment, es va analitzar l'estat de metilació de 800.000 CpG en aquest conjunt de mostres. El processament d'aquestes dades va ser realitzat per uns col·laboradors i finalment vam obtenir els valors Beta de cada CpG, i les diverses CpG que estan diferencialment metilades entre els dos grups de CCA PDXs (IDH1/2 mutants i els que no tenen aquest gen mutat). Primerament, vam analitzar la comparació del patró de mutacions entre cada mostra de tumor i el seu corresponent PDX. Seguidament, vam fer algunes anàlisis preliminars que consistien en l'obtenció de gens diferencialment expressats entre els dos grups de CCA PDXs, l'obtenció de pics diferencialment accessibles, CpGs diferencialment metilats i finalment una primera aproximació per a la integració dels diferents tipus de dades disponibles amb un nou paquet de funcions anomenat MOFA+.

Resultats preliminars

Expressió diferencial de gens. Dels gairebé 60.000 gens dels quals vam obtenir dades d'expressió, 888 estan diferencialment expressats entre els PDX amb mutacions al gen IDH1 i els que no tenen mutat aquest gen. En analitzar les vies desregulades vam veure que les vies relacionades amb la reparació de l'ADN estan sobre expressades en els PDX amb mutacions en el gen IDH1. A més, moltes vies involucrades en el desenvolupament i la progressió dels colangiocarcinomes també les hem trobat sobreexpressades en els PDXs amb mutacions en el gen IDH1. D'altra banda, gens relacionats amb les capacitats de cèl·lules mare els trobem menys expressats en els PDXs mutants per IDH1.

Metilació diferencial. Primerament vam analitzar la metilació diferencial dels CpGs individualment. A la literatura trobem informació que lliguen les mutacions en el gen IDH1 amb guanys en la metilació dels CpG, fet que repliquem amb les nostres dades, en què el 66% dels CpG amb metilació diferencial mostren un guany de metilació en els PDXs mutants en IDH1. A més, també hem dut a terme unes anàlisis de DMR (regions de metilació diferencial), on s'analitzen finestres de 2,5 Kbases amb una mitjana de 15 CpGs per regió. En aquesta anàlisi el resultat esperat és encara més evident, un 95% de les regions diferencialment metilades mostren guanys en metilació en els PDXs mutats en IDH1.

Figura 3. Anàlisi d'expressió diferencial entre PDXs amb el gen IDH1 mutat i PDXs amb el gen IDH1 sense mutacions



MOFA+. Per a dur a terme una anàlisi diferencial integrant totes les òmiques disponibles hem fet ús del programa MOFA+. En aquesta anàlisi hem trobat 10 factors que combinant diferents òmiques arriben a explicar col·lectivament entre un 40 i un 80% de la variació en cada tipus d'òmica. El factor número 5 és el que està significativament relacionat amb la mutació en l'IDH1 i està principalment conformat de canvis en la metilació, tal com esperàvem.

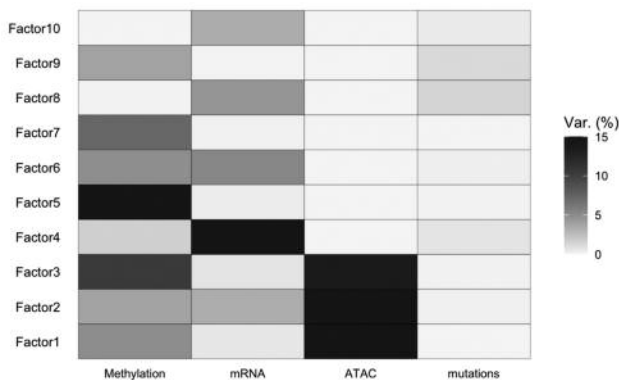


Figura 4. Resultat de l'anàlisi integrant les 4 òmiques disponibles. Percentatge de variació explicada en cada òmica per part de cada factor

Conclusions i impacte de la recerca

Per a detectar enriquiments significatius de vies metabòliques i per a poder estar més segurs dels resultats que hem obtingut necessitem augmentar el nombre de pacients en aquest estudi, fet que s'està realitzant en aquest moment. Finalment el grup d'estudi comptarà amb 12 pacients, dels quals 6 tindran el gen IDH1 mutat.

El més important d'aquest tipus d'estudis és posar en rellevància què aportarem de cara als pacients, quin serà l'impacte real d'aquest projecte un cop finalitzat. Aquest estudi permetrà caracteritzar en profunditat aquest càncer, fet que tindrà un gran impacte en la ràpida detecció i diagnòstic dels pacients que podrien patir potencialment de CCA.

A més, proporcionarem noves possibles dianes per al desenvolupament de teràpies dirigides. Ara mateix necessitem l'aparició de noves teràpies i d'estudis que proporcionin estratègies de reaprofitament de fàrmacs per a fer front al CCA.

D'altra banda, necessitem definir les poblacions *clínicament rellevants* entre aquests grups de pacients (tenint en compte les característiques i alteracions de cada individu) per a poder canviar dramàticament la gestió clínica d'aquesta malaltia. Amb aquests objectius en ment, el nostre projecte ajudarà no només a identificar les potencials subpoblacions d'estudi, sinó també a explorar mecanismes de carcinogènesi i vies tumorals associades a aquestes malalties per tal de definir teràpies dirigides més efectives. En aquest sentit, els fàrmacs que s'han de provar seran agents reutilitzats amb altres indicacions (agents individuals o combinacions) o nous compostos específics, de manera que es puguin desenvolupar noves teràpies dirigides per als CCA.

Conclusions i cloenda



Alan Ward i Koeck

Coordinador dels 14ns
Debats de recerca

Al llarg de les aportacions de cadascun dels ponents, i també a l'hora de les discussions conjuntes que van tenir lloc cadascun dels dos dies dels Debats, es va fer palès l'interès que presenta la qüestió de l'ús de les noves tecnologies dins la investigació. Entre els investigadors, persones de diversos àmbits de la ciència han presentat els seus treballs, les seves reflexions i visions d'aquesta influència. A la vegada, els assistents del públic també van venir nombrosos i presentaven la mateixa diversitat d'interessos, tal com es va manifestar al llarg de les seves intervencions als conferenciant.

Un primer element va quedar palès, que és l'omnipresència de les noves tecnologies dins de la investigació i la recerca. Crec poder dir, sense por de cometre cap exageració, que tothom fa servir les noves tecnologies. Ara bé, queda clar que cada camp científic les aprofita de la manera que més bé va pels objectius que li són propis, i les adapta a les seves necessitats. Així, l'ús que se'n fa en àmbits com ara la recerca en economia i gestió com també en l'educació pot trobar el seu interès en la simple inclusió de les mateixes eines tecnològiques que hom fa servir en l'àmbit de les empreses, o com a simples particulars. Això no impedeix, però, que d'altres camps com ara la recerca sobre aplicacions d'enginyeria civil requereixen eines tecnològiques distintes, menys comunes dins la vida quotidiana -tot i que el seu ús pot tenir repercussions molt positives i molt tangibles per la societat.

Per altra banda, l'ús de les noves tecnologies inclou avui en dia aquella de les xarxes socials en totes les seves

manifestacions, tant entre investigadors com també com a mitjà de divulgació de la ciència en contacte amb el públic en general. Aquest és tan sols un aspecte de la lògica evolució de les eines tecnològiques, que es plasma amb especial intensitat dins d'àmbits crítics pel nostre futur com poden ser la climatologia i la meteorologia, en què l'ús de les noves tecnologies més recents pot ser profitós pel coneixement del món físic en què ens trobem.

Una altra preocupació que va aparèixer va ser l'aplicació de les noves tecnologies en alguns àmbits -com ara les ciències jurídiques, o la medicina- en què s'ha de tenir especial cura pel que fa als seus efectes. En aquests camps molt garantistes pel que fa als drets de les persones, la reflexió de l'investigador inclou una preocupació constant per la seguretat del seu ús i del resultat perseguit en cada cas. Es té cura, així, de la qüestió de l'ús raonat i no indiscriminat de la tecnologia al servei de la recerca i de la millor de la qualitat de vida dels ciutadans.

En nom de l'organització, de la Societat Andorrana de Ciències i de l'Àrea de Recerca del Ministeri d'Educació del Govern d'Andorra, voldríem agrair especialment la presència dels assistents a la sala, en aquests temps de represa progressiva de l'activitat habitual. També agraïm cordialment l'esforç dels ponents, la il·lusió i les ganes amb què han presentat els resultats dels seus treballs tant oralment a la sala durant els dos dies dels Debats, com també en el format escrit que el lector descobreix en aquestes pàgines.

- 2009
- 200 anys del naixement de Darwin i 150 anys de *L'origen de les espècies*
- La recerca en llengua catalana i Andorra (4ts)

- 2010
- 50 anys de contracepció hormonal
- La recerca en el sector privat i la transferència tecnològica (5ns)

- 2011
- 850 anys de la preparació de la 1a concòrdia signada pels andorrans amb l'exterior

- 2012
- 100 anys del naixement d'Alan Turing i 50 anys del Telstar 1
- La recerca sobre el paisatge d'andorra (6ns)

- 2013
- 250 anys del *Polítar andorrà* i 50 anys d'*Andorra, el meu país*
- El talent humà en les organitzacions andorranes: investigació i oportunitats (7ns)

- 2014
- 450 anys del naixement de Galileu
- Física i Química, investigant la realitat (8ns)

- 2015
- 700 anys de la mort de Ramon Llull
- La recerca jurídica a Andorra (9ns)

- 2016
- 150 anys de la Nova Reforma
- Recerca en biociències per a la salut (10ns)

- 2017
- 450 anys de Monteverdi i 175 anys de l'anestèsia
- Comportament i ment, la recerca en psicologia (11ns)

- 2018
- 550 anys de la mort de Gutenberg i 50 anys del primer trasplantament de cor
- Energia i recursos naturals: treballant pel futur (12ns)

- 2019
- 600 anys del Consell de la Terra i 150 anys de la taula periòdica

- 2020
- 100 anys d'Asimov i 50 anys del sufragi femení a Andorra
- Instantànies històriques (13ns)



SOCIÉTAT
ANDORRANA
DE CIÈNCIES



Govern d'Andorra



Comú d'Andorra la Vella



Institut
d'Estudis
Catalans



L'Acadèmia



ANDORRA
RECERCA +
INNOVACIÓ

MORABANC

ISBN 978-99920-61-65-7



9 789992 061657

SOCIÉTAT
ANDORRANA
DE CIÈNCIES

37è CICLE DE CONFERÈNCIES 2021

14ns DEBATS DE RECERCA

37è 37è CICLE DE CONFERÈNCIES 2021

100 ANYS DE LA INSULINA



100 ANYS DE LA CORONACIÓ DE
LA MARE DE DÉU DE MERITXELL



RECULLS DE CONFERÈNCIES (publicats)

- 1984
- 1985
- 1986
- 1994
10è aniversari
- 1995
100 anys del naixement del cinema
- 1996
100 anys del descobriment de la radiactivitat natural

- 1997
40 anys de l'inici de l'era espacial
- 1998
250 anys del *Manual Digest*

- 1999
Visió del mil·lenni

- 2000
2.000 anys de coneixements

- 2001
100 anys de premis Nobel

- 2002
90 anys de la teoria de la deriva dels continents

- 2003
50 anys de genètica molecular:
el descobriment de la doble hèlix

- 2004
20 anys de la SAC

- 2005
100 anys de la teoria de la relativitat

RECULLS DE CONFERÈNCIES I DEBATS DE RECERCA (publicats)

- 2006
- El desenvolupament d'Andorra, 75 anys després
- Àmbits de recerca per a Andorra:
La recerca mediambiental (1rs)

- 2007
- 100 anys de l'Institut d'Estudis Catalans (1907-2007)
- Vers el canvi climàtic (2ns)

- 2008
- 2.225 anys des dels andosins
- Recerca mèdica i salut a Andorra (3rs)