



UNIVERSITAT DE BARCELONA

Facultat d'Educació

Màster de Formació del Professorat de Secundària Obligatòria i Batxillerat, Formació Professional i
Ensenyament d'Idiomes

Tecnologies d'assistència virtual basades en IA per facilitar l'ensenyament i millorar el rendiment de l'aprenentatge

Alumne: Miquel Canal Esteve

Tutor: Francesc Xavier Giménez

Especialitat de Física i Química

2022-2023

Índex

Resum	3
1. Introducció.....	4
2. Marc teòric	7
2.1. Teoria del aprenentatge: El constructivisme i la ciència cognitiva.....	7
2.2. Anàlisi de plataformes d'e-learning i de la digitalització a les aules	8
2.3. Metodologies basades en l'aprenentatge actiu incorporades a PhysIAcs	9
2.4. Plataforma d'e-learning basada una base de dades semàntica	11
2.4.1. ITS (Intelligent Tutoring System)	11
2.4.2. Base de dades semàntica.....	12
2.5. Similitud semàntica.....	14
3. Proposta d'intervenció	16
3.1. Context i anàlisi de necessitats.....	16
3.2. Programació.....	17
3.2.1. Objectius	17
3.2.2. Competències que es treballen	17
3.2.3. Continguts clau i disciplinaris.....	17
3.2.4. Temporització	18
3.3. Avaluació.....	23
4. Avaluació de resultats.....	23
4.1. Resultats de les enquestes	23
4.2. Anàlisi de resultats de l'activitat dels usuaris a la plataforma PhysIAcs	27
4.2.1. Distribució de notes	27
4.2.2. Anàlisi del registre de l'activitat dels alumnes	28
4.2.3. Limitacions	32
5. Propostes de continuïtat en el centre	32
6. Conclusions.....	33
Bibliografia.....	33

Resum

En aquest treball s'exposa la investigació del desenvolupament d'una base de dades semàntica que permeti estructurar els continguts d'una situació d'aprenentatge i combinar-la amb algoritmes basats en intel·ligència artificial per tal d'oferir als estudiants una experiència més personalitzada i al docent (jo mateix, al provar-ho durant el Practicum II) d'un conjunt d'eines que li permetin fer classe de manera més simple i tenir un millor control dels alumnes individualment i del grup classe en general. Tota aquesta tecnologia s'ha desenvolupat en un bot de Telegram (anomenat PhysIAcs: <https://t.me/AsistenteVirtualFisicaBot>) i s'ha provat durant 9 sessions en una situació d'aprenentatge a l'assignatura de Física de 1er de batxillerat. Per tant, aquesta investigació també recull els resultats de la implementació d'aquesta tecnologia i les metodologies associades, entre les quals es troben metodologies basades en la indagació, la classe invertida, l'ús de pistes, l'aprenentatge cooperatiu, l'ús de diferents formats per transmetre la informació, etc. Per avaluar aquesta innovació s'han realitzat enquestes als alumnes, proves d'avaluació i un anàlisi de les dades del registre de l'activitat a través de la plataforma desenvolupada.

Paraules clau: intel·ligència artificial, constructivisme, digitalització, personalització, base de dades semàntica

1. Introducció

El 2022, el 21,3% de joves espanyols d'entre 20 i 24 anys no havien completat l'Educació Secundària Obligatoria¹ i aquest és el millor resultat dels darrers 10 anys. Hi ha múltiples factors que influeixen que un estudiant abandoni els estudis, des de la situació socioeconòmica, el grup d'iguals o les polítiques educatives del moment. Tot i això, tal com apunten Romero i Hernández (2019), un dels factors més importants és la motivació que té l'alumnat per aprendre. Durant les últimes dècades, s'han plantejat i executat diverses propostes per reduir aquesta xifra, que si bé és cert que ha millorat, a Espanya continua estant per sota de la mitjana europea, que és un 15,4%¹.

Tot i això, una nova oportunitat es mostra a l'horitzó. Fins ara, 2023 s'ha caracteritzat per ser l'any de la Intel·ligència Artificial (IA) i els models de llenguatge gràcies a l'aparició i l'adopció massiva de chatGPT i GPT4. La intel·ligència artificial ha esdevingut una eina revolucionària en diversos camps, i l'educació no n'és una excepció.

Des de fa uns anys, diversos experts han estat remarcant el gran ús que la intel·ligència artificial pot tenir a l'àmbit educatiu (Ocaña-Fernandez & Valenzuela-Fernandez, 2019). La IA permet oferir una experiència molt més personalitzada a cada estudiant, adaptant-se a les necessitats, ritmes de treball i interessos; afavoreix l'autonomia de l'estudiant, ja que us pot ajudar a fer el següent pas com ho faria un docent; ofereix molta més informació al professorat sobre l'exercici del seu alumnat; pot establir un diàleg amb els alumnes; i, en general, pot ser un element clau per a la motivació i el rendiment acadèmic d'un estudiant (Chen, Chen, & Lin, 2020).

Si totes aquestes característiques es combinen en un sol model d'IA, podríem parlar d'un assistent virtual que ajudaria tant l'alumnat com el professorat a millorar en el procés d'aprenentatge i ensenyament, respectivament. Aquesta eina ajudaria a pal·liar un dels principals problemes a què s'enfronten els docents: la ràtio (el nombre d'estudiants en una aula que són responsabilitat d'un sol docent).

Quan es comparen els resultats que obtenen els estudiants que assisteixen a una classe convencional en comparació amb els resultats obtinguts per un tutor individual, s'observa una millora substancial en la metodologia del tutor individual (Fletcher, 2016). Aquest fet demostra que tot l'alumnat té el potencial d'obtenir un rendiment acadèmic millor atesa una bona metodologia i especialment un bon feedback i un bon acompanyament.

Òbviament, és insostenible econòmicament dedicar un docent per a cada estudiant, però sí que és sostenible utilitzar un assistent virtual capaç d'assistir i acompanyar en la tasca d'ensenyar. D'aquesta manera, el docent pot dedicar més atenció a l'alumnat que ho requereixi, o per la diversitat i la complexitat de les aules, ja sigui per la seva situació acadèmica o personal.

Per aquesta raó, aquesta investigació s'enfoca en una visió holística de la IA aplicada a l'educació, l'objectiu de la qual és desenvolupar tecnologies d'assistència virtual personalitzada basades en IA, que ens permetin investigar-ne l'efecte en l'ajuda als processos d'ensenyament i la millora del rendiment educatiu, evitant abandonaments.

A nivell personal, aquesta recerca em motiva especialment ja que connecta amb una investigació anterior realitzada en el màster d'Investigació en Intel·ligència Artificial, on en el treball final de màster vaig desenvolupar un prototip d'un assistent virtual. Era senzill, però em va permetre provar-lo amb 50 alumnes de física de 1er de batxillerat i de 4t d'ESO. Tenia la intenció de seguir-lo desenvolupant en el treball final d'aquest màster incorporant les millores que es poguessin derivar dels nous coneixements que anava adquirint. Ara bé, la meva motivació es va intensificar quan vaig descobrir la teoria del constructivisme i l'explicació que se li dona des del punt de vista neurocientífic, on es considera que l'aprenentatge en el cervell és com una xarxa on cada node és un concepte (o un conjunt petit de conceptes) i les relacions semàntiques entre els nodes és l'aprenentatge en si. Per tant, cada alumne parteix de la

¹ <https://www.educacionyfp.gob.es/prensa/actualidad/2023/01/20230127-aet.html>

seva xarxa de partida amb un conjunt de coneixements i enllaços entre ells determinat, i la missió del docent és entendre'ls i ajudar a l'estudiant a construir noves connexions on intervinguin nous conceptes (que s'hauran de connectar amb els coneixements previs de l'alumne) i també a destruir (o modificar) aquelles connexions que impliquin coneixements erronis.

Bé doncs, el meu interès va augmentar degut a que l'assistent virtual que havia construït prèviament en el màster d'Intel·ligència Artificial utilitzava una base de dades semàntica per representar el coneixement (els continguts) que havia d'aprendre l'alumne, on també hi havia definides relacions semàntiques entre conceptes (per exemple, el concepte 1 pertany al concepte 2, el concepte 3 està relacionat amb el concepte 4, el concepte 5 és molt similar al concepte 6, etc.). Per tant, seguir investigant en aquesta línia podia servir per contribuir en un granet de sorra en digitalitzar l'educació.

De fet, aquest és un objectiu que connecta directament amb el pla educatiu que proposa la Unió Europea per als propers anys: el Digital Education Action Plan (2021-2027)² que persegueix les dues prioritats següents:

- La implantació de l'àmplia i creixent varietat de tecnologies digitals (aplicacions, plataformes i programari) per millorar i ampliar l'educació i la formació; l'aprenentatge en línia, a distància i mixt.
- Dotar tots els estudiants de competències digitals (coneixements, capacitats i actituds) per viure, treballar, aprendre i progressar en un món cada cop més intervingut per les tecnologies digitals.

Pel que fa al territori espanyol, aquesta recerca va en concordança amb la nova llei d'educació, la LOMLOE (Llei Orgànica 3/2020, de 29 de desembre), ja que s'hi promou l'aprenentatge actiu dels estudiants i s'insta al professorat a interconnectar coneixements entre assignatures. El fonament tecnològic d'aquesta investigació permet generar una estructura de dades que connecti diverses assignatures, donant lloc a noves metodologies docents i donant suport a algunes de les ja existents.

El que s'ha exposat fins ara és la visió global i el possible impacte a llarg termini que podria tenir aquesta investigació, però, evidentment, haurà de començar a petita escala. Concretament en una situació d'aprenentatge que dinamitzaré jo mateix al centre on he realitzat les pràctiques, i on, per cert, l'any passat vaig treballar tot el curs com a docent.

El centre és diu Sant Antoni de Pàdua i es troba a la ciutat de Mataró, concretament al barri de Cerdanyola, el qual destaca per la seva diversitat cultural. L'alumnat principal de les meves pràctiques (on faré la situació d'aprenentatge i provaré la tecnologia introduïda en els paràgrafs anteriors) són els alumnes de la classe de 1er de batxillerat A, el científic-tecnològic.

És un grup de 27 alumnes que reflecteixen la diversitat cultural del barri. Els alumnes estan molt ben avinguts entre ells i és fàcil fer classe. En general tenen ganes d'aprendre, però són lents a l'hora de treballar. La dinàmica de la classe és en format classe magistral. Uns quants la poden seguir sense problemes, però hi ha alumnes que es perden en les explicacions i després els hi costa recuperar el fil i seguir treballant de manera autònoma els continguts. S'espera que amb l'eina que es proposa en aquesta investigació, aquests alumnes que van més endarrerits tinguin un element extra que els ajudi a poder tornar agafar el fil, ja que conté un nombre elevat de peces de contingut que es troben enllaçades amb exercicis concrets i que també es poden buscar a través d'un buscador que funciona per text (com si fos Google, però en comptes de pàgines web, suggereix peces de contingut que poden ser imatges, text, vídeos, fragments de vídeo, pàgines web o una combinació dels anteriors). També compta amb pistes per els exercicis, el que pot ajudar a desbloquejar situacions on l'alumnat abandonaria l'exercici perquè no sabia com seguir.

² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0624>

El temari que faran aquests alumnes durant el meu període de pràctiques en el que provaré l'assistent virtual és el de Xocs. Per tant, l'**objectiu** d'aquest treball serà el següent:

- Analitzar el rendiment i l'engagement dels estudiants en el tema de xocs a Física de 1er de batxillerat utilitzant una plataforma d'e-learning de creació pròpia que consisteix en una base de dades semàntica digital (amb imatges, vídeos, webs, textos i una combinació dels anteriors) de coneixements de física (amb teoria, fórmules, exercicis, pistes per resoldre'ls, etc.) i una interfície per navegar entre els continguts de manera senzilla.

Relacionat directament amb aquest objectiu, sorgeixen les següents preguntes inicials:

- Com es pot millorar l'ensenyament dels xocs a batxillerat?
- Com es poden incorporar eines digitals que s'adaptin als hàbits de consum dels alumnes actuals?
- Com fer activitats a classe que s'adaptin al ritme de cada alumne sense que això representi una feina extra de preparació pel professor?

Per assolir aquest objectiu i donar resposta a aquestes preguntes, s'hauran de fer les següents tasques:

- Crear tot el contingut consultable pels estudiants que s'integrarà a l'eina tecnològica plataforma d'e-learning.
- Dissenyar una situació d'aprenentatge on es faci servir el contingut introduït a plataforma d'e-learning.
- Analitzar el rendiment dels estudiants en funció de la seva activitat a la plataforma d'e-learning desenvolupada.
- Mesturar mitjançant un qüestionari el nivell de satisfacció dels estudiants en diferents àrees (interacció amb els companys, interacció amb el professor, aprenentatge actiu col·laboratiu, rendiment acadèmic, autonomia, gestió emocional i gestió del temps i el material)

2. Marc teòric

L'objectiu d'aquesta treball és: Analitzar el rendiment i l'*engagement* dels estudiants en el tema de xocs a Física de 1er de batxillerat utilitzant una plataforma d'e-learning de creació pròpia que consisteix en una base de dades semàntica digital (amb imatges, vídeos, webs, textos i una combinació dels anteriors) de coneixements de física (amb teoria, fórmules, exercicis, pistes per resoldre'ls, etc.) i una interfície per navegar entre els continguts de manera senzilla.

Per tant, en aquesta secció es farà un estudi, en primer lloc, de la teoria de l'aprenentatge: el constructivisme i l'enfocament que se li dona des de la ciència cognitiva per tal de posar els ciments teòrics de la recerca desenvolupada i perquè l'eina construïda es basa en el constructivisme per tal d'imitar, en certa manera, el comportament del cervell a l'hora d'aprendre des d'un punt de vista digital. En segon lloc, s'exploraran un conjunt de metodologies didàctiques per tal d'avaluar quines d'elles es consideren viables d'incorporar a l'assistent virtual. En tercer lloc, s'analitzaren quines d'aquestes metodologies s'estan aplicant a través de plataformes digitals ja existents amb l'objectiu d'identificar-ne les mancances i proposar solucions. En quart lloc, es presenta el fonament teòric de la construcció d'una base de dades semàntica, la qual és un dels pilars de la tecnologia proposada. En cinquè lloc, s'explica la similitud semàntica, que és una operació que es fa a nivell computacional per saber com de similars són dos continguts de base semàntica (com per exemple, la sol·licitud d'un usuari i un contingut de la base de dades semàntica). Per últim, s'expliquen els fonaments teòrics de les avaluacions que es faran servir per validar (o no) la plataforma d'e-learning proposada i les metodologies que se li apliquin.

2.1. Teoria del aprenentatge: El constructivisme i la ciència cognitiva

El constructivisme és una de les teories amb més acceptació per descriure l'aprenentatge de les persones des del punt de vista psicològic, que no metodològic, és a dir, no diu com s'ha d'ensenyar, només com s'aprèn (Perry, 2005). Per tant les metodologies d'ensenyament s'han d'adequar al constructivisme.

Una de les principals idees d'aquesta teoria és que l'aprenentatge és un procés no lineal que es construeix a partir de l'aprenentatge actiu (és a dir, que l'alumna pensi i reflexioni profundament sobre els continguts). Una altra idea fonamental d'aquesta teoria és que els alumnes ja tenen un conjunt d'idees sobre com és el món (coneixements previs) i l'aprenentatge consisteix en construir coneixement sobre aquesta base.

Des del punt de vista de la ciència cognitiva, s'explica el constructivisme i l'aprenentatge a través de l'organització de la memòria, entenent memòria com la capacitat d'emmagatzemar i evocar la informació.

Existeixen diferents tipus de memòria (Squire L. R., 2004): La memòria sensorial (allò que hom capta a través dels sentits) (Cowan, 2008), la memòria de treball (allò que hom està pensant) (Gathercole, 2007) i la memòria a llarg termini (allò que hom ha après) (Baddeley, 2015).

La que interessa pel propòsit d'aquest document és la memòria a llarg termini (vinculada a l'aprenentatge significatiu), la qual es pot dividir en dos grans grups: La memòria implícita i l'explícita.

La memòria implícita està relacionada amb les respostes automàtiques que fem sense ni tan sols ser-ne conscients, com per exemple llegir una paraula que tenim davant (Ullman, 2016).

L'explícita està relacionada amb la informació que guardem. Requereix que estiguem prestant atenció (no es pot activar si estem dormint). Aquesta memòria es pot dividir en dos (Squire L. R., 1998; Tulving, 2002):

- Memòria episòdica o autobiogràfica: la qual és la responsable dels records de la vida diària.
- Memòria semàntica: que és la responsable de la comprensió de com és i com funciona el món. Aquesta és la que associem amb el coneixement.

És d'especial interès per aquesta investigació la interpretació de la ciència cognitiva sobre com funciona aquesta memòria: És com una xarxa on cada node és un concepte i l'aprenentatge (saber alguna cosa) és el conjunt de

conceptes que hom té i el conjunt d'enllaços entre aquests conceptes. I per incorporar nous coneixements, aquests han d'estar connectats a estructures de coneixement existents amb les que guardin una relació semàntica.

De fet, aquesta idea connecta directament amb el constructivisme ja que quan hom aprèn quelcom nou parteix d'un coneixement previ (una xarxa definida per un conjunt de conceptes i les seves interaccions) i construeix nous enllaços amb nous conceptes (o conceptes ja existents).

Aquests enllaços, que són relacions semàntiques, poden ser, entre d'altres (Ruiz, 2020):

- Comparteix propietats
- Comparteix contextos
- Relacions de causa-efecte

Tal i com s'exposarà en detall en *el quart apartat del marc teòric: Plataforma d'e-learning basada en recursos multimèdia semàntics* la base de dades que es fa servir en aquesta plataforma és una base de dades en forma de xarxa on cada concepte és un node i els enllaços entre conceptes estan fets tenint en compte la similitud semàntica entre els conceptes.

Per tant, la tasca del professor i de l'ensenyament en general, és facilitar el procés de passar de l'estat inicial on l'alumne parteix d'uns coneixements previs a un estat on l'alumne ha modificat/reestructurat els seus coneixements (si partia de coneixements previs erronis) o ha afegit nous coneixements (si els coneixements previs eren adequats). Segons el constructivisme, la manera que es produeix aquest procés és a través del aprenentatge actiu, el que significa que l'estudiant pensa activament sobre els conceptes. Ara bé, hi ha moltes maneres de fer aprenentatge actiu.

2.2. Anàlisi de plataformes d'e-learning i de la digitalització a les aules

Els joves d'avui dia són considerats la "generació interactiva" (Aguaded, 2011), i l'educació n'és un element més d'aquesta interacció, que de fet s'ha accentuat degut a la pandèmia del COVID-19 (Alqahtani, 2020). A continuació s'exploren les principals tecnologies digitals:

- **Moodle:** és una plataforma de gestió de l'aprenentatge basada en codi obert. S'utilitza àmpliament per a la creació de cursos en línia i la gestió de l'ensenyament i l'aprenentatge. Ofereix diverses eines per a la interacció i la col·laboració, incloent-hi fòrums de discussió, tasques i lliuraments de treballs.
- **Google Classroom:** és una plataforma gratuïta de gestió de classes. Permet als professors crear, assignar i qualificar treballs en línia. També facilita la comunicació i la col·laboració entre els estudiants i els professors a través de l'ús de Google Drive i altres eines de Google.
- **Edmodo:** és una plataforma d'aprenentatge en línia que es centra en la col·laboració i la comunicació entre els estudiants i els professors. Proporciona un espai virtual per a compartir recursos, realitzar debats i avaluar el progrés dels estudiants mitjançant tasques i proves.
- **Canva:** és una plataforma de gestió de l'aprenentatge que es fa servir a moltes escoles i universitats. Permet als estudiants accedir a materials de classe, realitzar tasques i comunicar-se amb el professorat. Canva també ofereix eines per a la creació de continguts visuals atractius com infografies, pòsters i presentacions.
- **Schoology:** és una plataforma de gestió de l'aprenentatge que permet als professors crear i gestionar cursos en línia. A més, facilita la col·laboració entre estudiants i professors mitjançant eines per a la compartició de recursos, la comunicació i la realització d'activitats interactives.
- **Genially:** és una plataforma de creació de continguts interactius i visuals. S'utilitza per a la creació de presentacions, infografies, jocs educatius i altres recursos interactius per a l'aprenentatge en línia.
- **Edpuzzle:** és una plataforma que permet als professors crear i compartir vídeos educatius personalitzats. També permet afegir preguntes i tasques als vídeos per avaluar la comprensió dels estudiants.

- **FantasyClass:** és una plataforma que ofereix suport per a la gamificació estructural d'assignatures. Permet als professors crear experiències de joc en l'aprenentatge, incorporant elements com punts, recompenses i missions per motivar els estudiants.

- **Kahoot:** és una plataforma de gamificació que permet als professors crear qüestionaris interactius en línia. Els estudiants poden participar en els qüestionaris com a joc competitiu utilitzant els seus dispositius mòbils.

La pròpia creació d'aquestes plataformes implica que els seus creadors consideraven que eren útils, així com els docents que les fan servir. No obstant, Ozam i Ozarslan (2016) apunten a que l'aprenentatge en línia té els següents inconvenients:

- Moure rígidament l'ensenyament clàssic presencial a un entorn en línia amplifica les debilitats.
- Els estudiants es perden, es desorienten, es distreuen o simplement s'absenten amb molta més facilitat.
- És molt més fàcil per als estudiants enganyar la seva participació en les classes en línia.
- S'ha demostrat que molts estudiants deixen de mirar o prestar atenció a les conferències en línia després de només 6 minuts, en contrast amb els temps de disminució de l'atenció presencial de 10 a 18 minuts.

Atir, Rosenzweig, & Dunning (2015) parlen de l'auto-percepció de l'aprenentatge en línia i destaquen l'efecte Dunning-Kruger: els estudiants que han estat en "contacte flux" amb el contingut, creuen que ja els coneixen i tendeixen a sobreestimar la seva experiència, adoptant una mentalitat fixa.

Però no consideren que l'aprenentatge en línia sigui negatiu perquè consideren que el professor és responsable de que pal·liar aquest efecte. Per fer-ho, ha de proporcionar un feedback que sigui regular i centrat en passos concrets i pràctics. L'objectiu és protegir els estudiants no de la ignorància, sinó de la il·lusió del coneixement.

Per altre banda, en disciplines STEM, aprenentatge autoregulat, cognició epistèmica i alfabetització digital. S'ha trobat que es relacionen amb l'aprenentatge i sustenten l'organització de la informació dels estudiants habilitats (Le, A. Lawrie, & Wang, 2022).

Donades aquestes circumstàncies es pot dir que no hi ha cap plataforma que de manera genèrica inclogui un nombre elevat de metodologies i superi les dificultats assenyalades.

2.3. Metodologies basades en l'aprenentatge actiu incorporades a PhysIAcs

En l'aprenentatge actiu, hi ha diverses metodologies que es poden utilitzar per a la ensenyança de ciències amb un enfocament en STEM (*Science, Technology, Engineering i Mathematics*). Algunes d'aquestes metodologies no són excloents les unes de les altres i es poden donar simultàniament en una aula. A continuació es fa un recull d'aquelles que es poden incorporar a la plataforma digital PhysIAcs.

- **Pistes:** Les pistes són indicacions o suggeriments que els docents ofereixen als estudiants per ajudar-los a resoldre problemes o trobar solucions. Aquesta metodologia fomenta l'autonomia i l'autoregulació en l'aprenentatge.

Es poden enllaçar fàcilment amb els exercicis, de manera que un estudiant pugui anar de l'exercici a la pista. També es poden enllaçar amb elements de teoria.

- **Proporcionar informació de diferents maneres:** L'ús de diverses formes de presentació de la informació, com ara text, imatges, vídeos o gràfics, pot millorar la comprensió i retenció dels estudiants.

La base de dades semàntiques contempla la possibilitat de que se li incorporin imatges, vídeos, documents i enllaços a pàgines web, de manera que un node de la base de dades pot contenir informació representada en diferents formats.

- **Aprenentatge cooperatiu:** Aquesta metodologia fomenta la col·laboració entre els estudiants per resoldre problemes o realitzar tasques. Treballar en equip promou la comunicació, la reflexió i l'aprenentatge mutu.

Donat que hi ha una base de dades semàntica amb tot el coneixement d'un tema que no deixa de ser un mapa amb tot el contingut que l'estudiant ha d'explorar i fer-se seu, els alumnes poden treballar de manera

cooperativa per navegar per aquest mapa (cadascú des del seu dispositiu o compartint-lo) i resoldre els exercicis junts.

- **Classe invertida:** En aquesta metodologia, els alumnes estudien els materials abans de la classe i, durant la classe, es dedica més temps a l'aplicació pràctica dels coneixements adquirits. Això pot fomentar una participació més activa dels estudiants i facilitar la comprensió dels conceptes.

Aquesta plataforma s'adapta completament a la metodologia de la classe invertida perquè permet que els alumnes treballin de manera autònoma (perquè tenen tot el contingut que necessiten molt ben estructurat) tant a casa com a l'aula (classe invertida síncrona, on els alumnes tenen el suport dels companys, del professor i de l'assistent virtual).

- **SABER (*Supervisión del Autoaprendizaje Básico a través de Ejercicios y autoReflexión*):** Aquesta metodologia es basa en la classe invertida síncrona, és a dir, els alumnes treballen de manera autònoma (però guiada) a la classe, tenint el docent de referència i també als seus companys. La base d'aquesta metodologia és preparar un bon guió de treball pels alumnes i també un bon conjunt de materials de consulta perquè de la manera més autònoma possible vagin arribant a la comprensió dels conceptes i a solucionar els exercicis.

La plataforma també s'adapta completament a aquesta metodologia basada en l'autoaprenentatge, ja que se li pot donar un guió d'activitats a l'alumnat i l'assistent com a eina perquè l'alumne faci les preguntes adequades i vagi descobrint els elements teòrics, exemples, etc. que necessita per superar el repte plantejat.

- **Resolució de preguntes:** Aquesta metodologia promou l'aprenentatge actiu mitjançant la resolució de preguntes o problemes plantejats pels docents. Els estudiants han de pensar críticament, analitzar la informació i arribar a conclusions o solucions.

L'ús de l'eina PhysIAcs pot promoure aquesta metodologia ja que els alumnes poden navegar a través del contingut que hi ha dins de la plataforma per buscar el contingut que els ajudi a donar resposta a les preguntes.

- **Correcció d'errors:** En aquesta metodologia, els docents donen importància a la identificació i correcció dels errors dels estudiants com a part del procés d'aprenentatge. Això fomenta la reflexió sobre els errors, l'aprenentatge de les seves causes i la millora dels coneixements i habilitats.

A través de l'eina PhysIAcs, es poden incorporar pistes i solucions dels exercicis fàcilment, de manera que els alumnes poden corregir-se de manera autònoma.

- **Anàlisi de respostes:** Aquesta metodologia implica l'anàlisi de les respostes dels estudiants per comprendre el seu raonament i nivell de comprensió. A través d'aquest anàlisi, els docents poden proporcionar retroalimentació constructiva i identificar les àrees de millora.

Amb la plataforma proposada el docent no pot veure les respostes dels alumnes, sinó que aquests treballen en paper o ordinador, però sí que pot analitzar quines paraules estan buscant més, quins continguts són els més vistos i en general quina és l'activitat dels alumnes a la plataforma.

- **Avaluació continua:** En l'aprenentatge actiu, l'avaluació, tant formativa com formadora, és una part important per mesurar el progrés i l'aprenentatge dels estudiants. Les avaluacions poden ser diverses, incloent activitats pràctiques, projectes, proves o presentacions orals.

Degut al fàcil i continu anàlisi de l'activitat dels alumnes, és molt més fàcil fer un seguiment de cadascun d'ells.

- **Indagació:** La indagació és una metodologia que promou la investigació i l'exploració activa dels estudiants per comprendre conceptes científics. Hi ha diferents tipus d'indagació, com ara observació a través del temps, identificació i classificació, cerca de patrons, recerca de fonts d'informació i utilització de models i analogies per explorar explicacions o teories.

A través de la plataforma proposada els alumnes poden fer preguntes o buscar coses mitjançant paraules i frases (com si fos un xat) i trobar contingut relacionat amb les seves cerques. També tenen la possibilitat d'explorar-lo mitjançant el contingut suggerit.

2.4. Plataforma d'e-learning basada una base de dades semàntica

En aquesta secció es fa un anàlisi de les tecnologies més noves a l'hora d'assistir als alumnes en el seu aprenentatge, les quals s'anomenen ITS (Intelligent Tutoring System). A continuació s'explica perquè es considera que cap d'elles compleix amb totes les necessitats dels estudiants i els docents i es presenta una plataforma basada en una base de dades semàntica com a solució. Tot seguit es mostra el marc teòric seguit per desenvolupar aquesta base de dades semàntica.

2.4.1. ITS (Intelligent Tutoring System)

S'ha observat que els alumnes aconsegueixen millors notes quan són ensenyats de manera individual en comparació amb una classe convencional. Això vol dir que tenen el potencial per aconseguir aquests resultats (Kulik & Fletcher, 2015). Tot i això, destinar un professor per a cada alumne és inviable en la majoria de circumstàncies. El repte és fer servir metodologies que permetin millorar els resultats d'una classe convencional sense les despeses que suposa tenir un professor per a cada alumne. Un sistema ITS està constituït pels següents quatre elements (Schiff, 2021, Holmes, 2019):

Un **model del domini** que posseeix el coneixement de la matèria. Per exemple, tot el contingut sobre òrbites de la física de batxillerat.

Un **model de l'alumne** en el que es registra l'activitat de l'estudiant (les seves respostes, el temps que ha tardat en respondre, etc.).

Un **model pedagògic** que proporciona material específic als estudiants i respon a errors i preguntes com ho faria un mestre. Per exemple, estableix que per resoldre un problema d'òrbites es poden oferir sis pistes ordenades de més fàcil a més difícil.

Una **interfície** en la que l'estudiant es comunica amb el sistema.

Aquests sistemes es poden diferenciar en 3 segons Holmes (2019):

- Seqüència d'instruccions i tasques pas a pas determinats pel sistema, coneguts simplement com ITS. Exemples d'aquests sistemes: [Mathia](#), [Assistments](#), [Area9 Lyceum's Rhapsode](#), [Century](#), [Cog-Books](#), [iReady](#), [Realizeit](#), [Smart Sparrow](#) i [Summit Learning](#).
- Instruccions i passos determinats pel sistema mitjançant un diàleg, coneguts com DBTS (per les sigles en anglès de: sistemes de tutorització basats en diàleg): [AutoTutor](#) i [Watson Tutor](#).
- L'estudiant explora lliurement les tares i el material, coneguts com ELE (Exploratory Learning Environments): [iTalk2Learn](#), [Betty's Brain](#) i [ECHOES](#)

No obstant, aquests sistemes es presenten molt hermètics, és a dir, de no és fàcil reutilitzar-ne el contingut. També son d'una tipologia oberta o tancada, és a dir, o l'estudiant segueix un itinerari concret o bé és lliure de navegar però només troba peces individuals i inconnexes. Per últim, aquests sistemes no acostumen a interconnectar-se amb altres assignatures. Per aquests motius, es considera que el desenvolupament d'un ITS amb base amb un base de dades semàntica pot ser d'utilitat perquè pot solucionar simultàniament tots aquests inconvenients.

2.4.2. Base de dades semàntica

Una base de dades semàntica o ontologia no és més que una xarxa on cada node pot tenir un conjunt d'atributs (títol, descripció, paraules clau, etc.) i els nodes poden estar connectats entre ells per diferents relacions semàntiques (pertany a, relacionat amb, etc.). A la Figura 1 es mostra un esquema de la ontologia utilitzada i s'ha seleccionat un node per mostrar el conjunt d'atributs utilitzats.

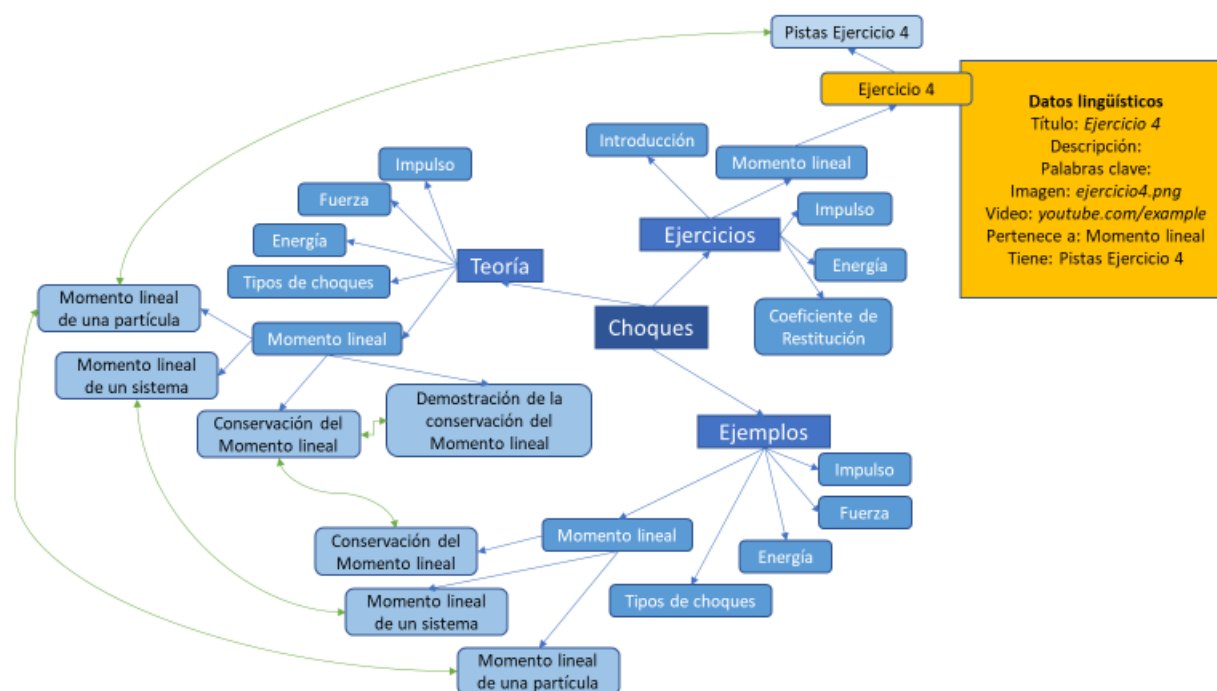


Figura 1. Esquema de la base de dades semàntica. Es mostra en castellà perquè està fet en castellà ja que els algorismes per recomanar peces de contingut (que requereixen d'entendre el significat de les paraules) funcionen millor en castellà.

En la Figura 1 es veu només una petita part del que és aquesta base de dades que conta amb les següents característiques (Taula 1):

Mètrica	Resultat
Número de nodes	212
Número de nodes de teoria	36
Número de nodes d'elements de context	10
Número de nodes d'exemples	13
Número de nodes d'exercicis	40
Número de nodes de pistes	111
Número de nodes de temes	1
Número de nodes d'assignatures	1
Número de connexions entre nodes	728

Taula 1. Mètriques de la ontologia

A continuació es descriu el marc teòric per construir aquesta base de dades semàntica. Hi ha diverses metodologies per desenvolupar una base de dades semàntica (també coneguda com ontologia), com per exemple BSDM (IBM,

1990), KADS (Tansley, 1993), IDEF5 (KBSI, 1994), etc., però l'escollida en aquest treball és la coneguda com a METHONTOLOGY (Fernández-López, Gómez-Pérez, & Juristo, 1997) perquè fa possible construir ontologies des dels conceptes fins a la implementació, incloent-hi els principis d'avaluació que cal seguir.

Tot seguit es detallen els passos seguits aplicant aquesta metodologia: planificació, especificació, adquisició de coneixement, conceptualisme, reutilització i integració, formalització i implementació i avaluació.

- **Planificació**

La fase de planificació consta de tres tasques: En primer lloc, estudiar l'estat de l'art de les representacions semàntiques. En segon lloc, analitzar les necessitats dels usuaris. Per últim, examinar les dependències entre els components de l'ontologia. Aquestes tres tasques han de ser iterades després d'aplicar les fases d'especificació i avaluació. Les següents fases són la conseqüència d'aquesta planificació i es detallen cadascun d'aquests tres passos.

- **Especificació**

Aquesta fase consisteix a construir un esquema de l'ontologia utilitzant llenguatge natural tenint com a referència un conjunt de preguntes de competència, les quals són preguntes que es podria fer un usuari i la resposta s'ha de trobar al contingut de l'ontologia. A continuació, a la Taula 2 es mostra un exemple de pregunta de competència escrita amb llenguatge SPARQL (es mostra aquesta taula per mostrar el fonament tecnològic de PhysIacs i complementar l'explicació, però es tracta d'un contingut molt tècnic i específic de l'àrea de la informàtica).

Consulta	Quins elements estan relacionats amb la teoria que explica el moment lineal d'una partícula?
SPARQL	<pre> PREFIX schema: <https://schema.org/> PREFIX dbpedia: <https://dbpedia.org/resource/> PREFIX physics: <http://physics.kg.ac.rs/physics/2013/03#> PREFIX purl: <http://purl.org/vocab/aiiso/schema#> PREFIX dcterms: <http://purl.org/dc/terms/> PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> PREFIX dma: <https://w3id.org/media/dma#> PREFIX physiacs: <http://www.semanticweb.org/physiacs#> SELECT DISTINCT ?id WHERE { <http://www.semanticweb.org/physiacs#ind_Theory_MomentoLineal_MomentoLinealParticula> ?x ?id . ?id dcterms:title ?title } </pre>
Resultat	<pre> ind_Theory_Choques_Cluster_MomentoLineal ind_Example_MomentoLineal_MomentoLinealParticula ind_Theory_MomentoLineal_MomentoLinealSistema </pre>

Taula 2. Exemple de pregunta de competència que serveix per evaluar el bon funcionament de la base de dades semàntica (ontologia)

- **Adquisició de coneixement, conceptualització, reutilització i integració**

Aquesta fase consisteix a establir una comunicació amb experts en el domini que permeti revisar i millorar la fase d'Especificació.

En el cas de l'ontologia que es presenta, es van fer tres reunions amb la professora de física de 1er de batxillerat en diferents períodes de temps (al desembre del 2022 i al febrer del 2023). L'objectiu de cada trobada va ser refinar l'esquema proposat i estructurar el coneixement en un model conceptual. D'aquesta manera, es van definir conceptes, atributs, relacions i restriccions.

Un cop es té un primer esquema complet cal buscar termes en vocabularis d'altres ontologies (com per exemple dbpedia³ o dublincore⁴) per reutilitzar-los i integrar-los. Cal identificar aquells termes que siguin coherents semànticament amb els termes definits a la tasca de conceptualització.

A continuació es va realitzar un mapa conceptual que serviria com a guia per a les fases següents, aquest mapa és equivalent al que es mostra a la Figura 1.

- **Formalització i implementació**

Aquesta fase consisteix a definir l'ontologia utilitzant un llenguatge informàtic que arreplegui el contingut desenvolupat en les fases anteriors. Per desenvolupar l'ontologia es va fer servir el programa Protégé Desktop v.5.5.0⁵. L'estructura completa de l'ontologia va ser emmagatzemada en un fitxer OWL.

- **Avaluació**

Hi ha cert desacord en quina és la manera com s'ha d'avaluar una ontologia (Gómez-Pérez, 2004) (Tartir, Arpinar, Moore, Sheth, & Aleman-Meza, 2005) (Yao, Orme, & Etkorn, 2005) (Blomqvist, Öhgren, & Sandkuhl, 2006) (Cross & Pal, 2008), però la tendència actual és acceptar que el propòsit principal d'una avaluació és validar que el model conceptual encaixa amb el contingut. Per tant, l'avaluació consisteix bàsicament a comprovar que no hi hagi errors de construcció. Per això es defineixen mètriques qualitatives i quantitatives. Les primeres corresponen a les preguntes de competència i les segones a un seguit de càlculs.

2.5. Similitud semàntica

Per tal de desenvolupar una tecnologia que permeti tant al docent com a l'alumnat navegar per la base de dades de coneixement, s'ha proposat fet servir eines del processament del llenguatge natural per a la comprensió del llenguatge escrit per text.

Per realitzar aquesta tasca cal partir d'una base de dades semàntica i un algorisme capaç d'"entendre" tot el contingut alhora que "entén" la petició realitzada per l'usuari per poder recomanar-li aquella peça de contingut que necessiti per continuar avançant en el seu aprenentatge.

Per aconseguir aquest procés de comprensió del llenguatge humà per part dels algorismes s'utilitzen grans models del llenguatge basats en transformers (Mikolov et al., 2013) que ja hagin demostrat la seva capacitat de comprensió, com ara el model BERT (Reimers & Gurevych, 2019).

El funcionament bàsic d'aquests models consisteix en, donat un corpus (conjunt de textos), convertir els textos, fragments, frases, paraules o qualsevol dada lingüística en vectors (en el cas del model BERT utilitzat, consta de vectors de 768 dimensions) (Reimers & Gurevych, 2019). Cada vector està relacionat amb el significat de la dada lingüística. Cada dimensió del vector no té un significat específic, sinó que el model aprèn a representar les paraules o els textos en funció de com s'utilitzen en el corpus d'entrenament i com es relacionen amb altres paraules o textos en aquest mateix corpus. Els vectors expressats d'aquesta manera es coneixen com a *embeddings* i és la manera com els ordinadors "entenen" el llenguatge.

³ <https://es.dbpedia.org/>

⁴ <https://dublincore.org/>

⁵ <https://protege.stanford.edu/>

Quan s'obté aquest conjunt de vectors s'obre un ventall de funcionalitats de processament del llenguatge natural que pot fer un ordinador, des de la generació de text, la traducció de text, la classificació de documents, anàlisi de sentiments, etc. La funcionalitat que es farà servir en aquesta tasca és la similitud semàntica per a la recomanació del contingut.

La similitud semàntica es defineix com el valor absolut del cosinus de l'angle que formen dos vectors (Laskar et al., 2020). És un número comprès entre 0 i 1, on 0 indica que no hi ha res de similitud i 1 que hi ha una sinonímia absoluta. Per exemple, “velocitat” i “acceleració” tindran un valor de similitud proper a 1, mentre que “velocitat” i “protó” serà més proper a 0 (vegeu la Figura 2). Aquest exemple posa de manifest la relació entre paraules, però es poden comparar textos de milers de pàgines entre ells o textos amb paraules o qualsevol combinació de dades lingüístiques. No importa la longitud del document, tots els vectors tenen les mateixes dimensions (representin una paraula o un document de mil pàgines) que expressen el significat del mateix. Gràcies a aquesta característica, és possible establir una similitud semàntica entre una frase (petició de l'usuari) i un node de la base de dades semàntica.

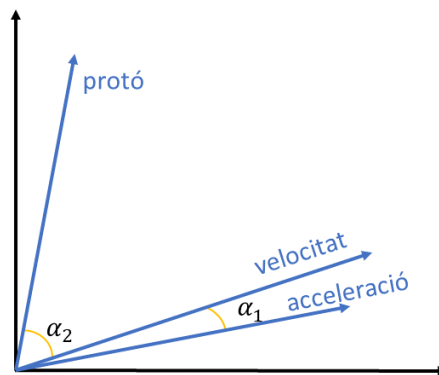


Figura 2. L'angle α_1 és més petit que el de α_2 , ja que són vectors amb més similitud semàntica. Noteu que aquesta és una representació esquemàtica en 2 dimensions, els vectors usats en els grans models del llenguatge usen milers de dimensions.

Com generar un vector d'un node de la base de dades semàntica no és una tasca trivial, ja que cada node conté dades lingüístiques de naturalesa diferent (títols, descripcions, transcripcions, paraules clau, etc.), a cadascuna d'aquestes dades se li associa un vector *embedding*. Per tant, hi ha una similitud semàntica entre la petició de l'usuari (una frase) amb cadascun.

L'algorisme ha de comparar la petició amb tota la base de dades (o utilitzar alguna heurística) per tornar el millor resultat per a l'usuari.

Per tant, per poder aplicar aquesta funcionalitat cal transformar tant la petició de l'usuari com cada node de la base de dades en un vector (*embedding*) de moltes dimensions als quals es els podrà aplicar la similitud semàntica. Gràcies a la base de dades semàntica es poden afegir etiquetes, paraules clau, transcripcions, etc. de tot el contingut educatiu que contingui un node i tota aquesta informació es pot acabar reduint a un vector (*embedding*) que s'usarà per respondre a peticions dels usuaris i serà útil per explorar les connexions semàntiques no evidents que puguin tenir diferents nodes.

Aquest vector que representa tot el significat d'un node es pot definir de maneres diferents, ja que es poden donar un pes determinat a qualsevol de les dades que li atorguen un primer significat (títol, descripció, transcripció, etc.).

3. Proposta d'intervenció

3.1. Context i anàlisi de necessitats

El centre

He realitzat aquesta intervenció al centre Sant Antoni de Pàdua, ubicat a la ciutat de Mataró, concretament al barri de Cerdanyola. Aquest barri destaca per la seva pluralitat cultural, on conviuen persones d'origen espanyol, sud-americà, africà i xinès. El centre reflecteix aquesta realitat, ja que, segons el [projecte educatiu](#), el percentatge d'alumnes immigrants és del 18% a Educació Infantil i Primària i del 13% a l'ESO. Al grup classe on jo he fet les pràctiques ha sigut 1er de batxillerat A i el percentatge d'immigrants era del 23% (6 de 26 alumnes).

Aquest procés migratori i les recurrents crisis econòmiques han modificat, també, el poder adquisitiu de les famílies. Segons el Projecte Educatiu, el nombre d'alumnes amb informe tècnic de l'EAP considerats amb Necessitats Socioculturals i Econòmiques Desfavorides és, aproximadament, del 22% a Educació Infantil i Primària i del 15% a l'ESO.

El centre es defineix a si mateix com a escola catalana i totes les classes es fan en català (exceptuant les classes de castellà, anglès i francès, lògicament). Pel que he pogut detectar, aproximadament el 50% dels alumnes parlen entre ells en català i l'altre 50% en castellà.

El grup classe

El grup classe on he realitzat la intervenció ha sigut 1er de batxillerat A, que és l'aula on es troben els alumnes que fan el batxillerat científic i tecnològic, que es separen només per fer algunes optatives. Concretament, la intervenció s'ha realitzat duran tota una Situació d'Aprenentatge a l'assignatura de Física. Aquesta Situació d'Aprenentatge coincidia amb les meves pràctiques del Practicum II, de manera que he pogut dinamitzar tota la proposta d'intervenció.

El grup està format per 27 alumnes, però un d'ells no ve regularment a classe des del primer trimestre perquè es troba en un estat de depressió diagnòstic pels serveis mèdics de la ciutat, els quals li han assessorat de no forçar-se a anar a classe, ja que la percepció d'un augment de dificultat respecte les seves expectatives ha sigut un factor causant de la depressió.

Hi ha dos alumnes que han decidit deixar el batxillerat científic i el curs vinent faran el social. Venen a classe, però participen poc i no s'esforcen. Han deixat totes les activitats en blanc i per tant, no es tindran en compte a l'hora d'analitzar els resultats.

A la classe s'hi troben tres alumnes amb un Pla Individualitzat (PI) de dislèxia i TDAH, però a l'assignatura de Física no se'ls hi fa cap mesura addicional ni intensiva perquè segueixen el ritme de classe sense dificultats.

També caldria destacar un alumne que tot i no tenir un PI, té autisme no diagnosticat per un metge (té una situació familiar complicada, viu amb l'àvia), però que es fa evident per tot l'equip docent, pels companys i per mi mateix. És una autisme lleu, en el que simplement no calibra bé les dinàmiques socials i a vegades participa de manera massa activa a classe acaparant tota l'atenció. Com que és només a vegades i no acostuma a trencar el ritme de la classe, se li deixa una mica més de corda que els companys quan fa intervencions, sempre hi quan no siguin contínues i distorsionin massa el ritme de la classe.

A nivell general, és un grup classe cohesionat, amb ganes d'aprendre i amb un nivell acadèmic mig-alt. Tot i així hi ha alumnes que abans de que jo comencés el meu període de pràctiques m'havien manifestat que tenien dificultats a l'hora de seguir les explicacions teòriques (classes magistrals a la pissarra) de la seva professora de referència. Concretament, es perdien en el desenvolupament matemàtic dels càlculs.

També cal destacar que tots coneixien chatGPT, el feien servir en algunes ocasions i els hi semblava que la IA és una eina útil, per tant, utilitzar un software basat en IA com un element del procés d'ensenyansa-aprenentatge és quelcom d'entrada engrescador per ells.

3.2. Programació

3.2.1. Objectius

L'objectiu de la innovació proposada és oferir als estudiants una plataforma digital que substitueix el moodle i que es converteix en la plataforma on tenen tot el contingut (teoria, exercicis, pistes, exemples, etc.) en tot tipus de formats (text, imatges i vídeos) i enllaçats entre ells. La dinàmica de les classes serà de mitja hora d'explicació teòrico-pràctica amb el grup classe i l'altra mitja hora de treball autònom o col·laboratiu fent servir PhysIAcs, eina que també poden fer servir a casa. La idea és que a través d'aquesta eina augmenti la seva motivació (ja que en certa manera, ells podran crear la seva pròpia experiència d'aprenentatge), la seva tranquil·litat a l'hora d'enfrontar-se a l'assignatura i el seu rendiment acadèmic.

3.2.2. Competències que es treballen

Les competències de l'assignatura de Física a 1er de batxillerat que es treballen fent servir l'eina de PhysIAcs juntament amb les explicacions grupals són:

Competència 1. **Analitzar fenòmens i resoldre problemes basats en situacions properes** mitjançant l'ús de les **teories, principis i lleis de la física**, atenent la seva **base experimental**, la **descripció teòrica** i el desenvolupament matemàtic, per evidenciar la seva implicació en el desenvolupament de la tecnologia, l'economia, la societat i la sostenibilitat ambiental

Competència 2. Analitzar **l'entorn proper i predir-ne l'evolució** a partir dels models, de les teories i les lleis de la física **mitjançant la formulació de preguntes investigables**, la **indagació** i la **cerca d'evidències** per proposar solucions generals a problemes quotidians relacionats amb les aplicacions pràctiques de la física en el camp tecnològic, industrial i biosanitari.

Competència 3. Utilitzar amb propietat, correcció i fluïdesa, als diferents registres de comunicació de la ciència, el **llenguatge de la física** amb la **formulació matemàtica** dels seus principis, **magnituds, unitats de mesura**, etc., per evidenciar la necessitat d'establir una eina de comunicació entre comunitats científiques i en la investigació.

Competència 5. Aplicar tècniques de treball i **indagació** pròpies de la física com l'experimentació en **entorns reals o virtuals**, el **raonament logicomatemàtic, de forma individual o en entorns col·laboratius** similars als de la comunitat científica, per reconèixer el paper de la física i predir la influència dels seus avenços en una societat basada en valors ètics i sostenibles.

3.2.3. Continguts clau i disciplinaris

Els continguts claus que es treballen fent servir l'eina de PhysIAcs juntament amb les explicacions generals són:

Per una banda les components transversals del batxillerat:

Judici i pensament crític: Es mostren situacions als alumnes que els fa plantejar-se el perquè d'aquestes situacions. També han de ser capaços de diferenciar rigorosament cada una d'aquestes situacions, per exemple, saber si es conserva o no el moment lineal en funció del sistema escollit. De manera que es promou el pensament crític

fonamentat en un conjunt de coneixements que incorporen i es sumen als que ja han construït en situacions d'aprenentatge prèvies, així com en les seves experiències vitals.

Resolució de problemes: La situació d'aprenentatge conté 9 situacions on a cadascuna d'elles s'han de resoldre un conjunt de problemes fent un anàlisi rigorós (des del punt de vista de la física) de la situació. Així, la informació que aporten els continguts teòrics implica un grau elevat de comprensió per poder aportar la solució adequada a cada cas plantejat.

Gestió i comunicació de la informació: En tot moment l'alumnat ha de manejar un llenguatge científic i rigorós per expressar els seus raonaments i càlculs pertinents. A més, aquesta situació d'aprenentatge està dissenyada perquè es faci utilitzant una eina informàtica basada en intel·ligència artificial que consisteix en un assistent virtual. Aquest assistent conté tot el contingut (teoria, exercicis, vídeos per contextualitzar, simuladors, etc.) que els alumnes necessiten per superar amb èxit la SA. Per tant, utilitzant aquest assistent on l'estudiant s'hi comunica mitjançant missatges de text o fent clic als botons, els alumnes es comuniquen amb el docent a través de l'assistent, ja que el docent pot veure tota l'activitat de cadascun dels seus alumnes.

Per altra banda es treballen els següents Sabers de les assignatures de Física i Matemàtiques:

Estàtica i dinàmica: Predicció, a partir de la composició vectorial, del comportament estàtic o dinàmic d'una partícula o un sòlid rígid. (Física)

Estàtica i dinàmica: Interpretació de les lleis de la dinàmica en termes de magnituds com ara el moment lineal i l'impuls mecànic: aplicacions al món real i en situacions contextualitzades (esports, mobilitat, etc.). (Física)

Estàtica i dinàmica: Descripció i argumentació de la relació entre la mecànica vectorial aplicada sobre una partícula o un sòlid rígid amb el seu estat de repòs o moviment: aplicacions estàtiques o dinàmiques de la física en altres camps, com l'enginyeria o l'esport. (Física)

Energia: Conceptes de treball i potència: elaboració d'hipòtesis sobre el consum energètic de sistemes mecànics o elèctrics de l'entorn quotidià i el seu rendiment. (Física)

Energia: Càlcul de l'energia potencial i l'energia cinètica d'un sistema senzill: aplicació a la conservació de l'energia mecànica en sistemes conservatius i no conservatius i a l'estudi de les causes que produeixen el moviment dels objectes al món real. (Física)

Geometria: Sentit numèric: Sentit de les operacions: Addició i producte escalar de vectors al pla: propietats i representacions, fent també ús de GeoGebra per fer les representacions. (Matemàtiques)

Geometria: Sentit espacial: Visualització, raonament i modelització geomètrica: Modelització de la posició i del moviment d'un objecte en el pla mitjançant vectors. Visualització a partir de paràmetres (punts lliscants) amb el GeoGebra. (Matemàtiques)

3.2.4. Temporització

La temporització està pensada perquè es dugui a terme des del primer dia de la situació d'aprenentatge fins el penúltim (l'últim és l'examen final). La temporització de la situació d'aprenentatge és la següent:

Activitats de desenvolupament
Aprenem nous sabers

Activitat 3: Descobrint una llei de conservació

Es visualitza un vídeo <https://www.youtube.com/watch?v=uunObjdHfHQ> on es mostren un conjunt d'experiències reals on hi ha xocs. Després s'utilitza el simulador de PhET <https://phet.colorado.edu/es/simulations/collision-lab> per mostrar de manera simplificada i controlada un xoc. A través del simulador es fa una taula com la que es mostra a continuació. L'objectiu és mostrar a través del simulador tres situacions diferents (de més senzilla a més complexa: (1) Una pilota xoca contra una altra que està en repòs, (2) Una pilota xoca contra una altra que es mou en la mateixa direcció però més a poc a poc i (3) dues pilotes xoquen frontalment). Els alumnes han de descobrir quina relació matemàtica hi ha entre els elements d'una columna de la taula i veure que aquesta relació és la mateixa per cada columna. Aquesta relació es la conservació del moment lineal i poden veure que es compleix en les tres situacions. Se'ls explica que aquesta idea la podem extrapolar a tots els xocs.

Moment lineal	Resultat ($kg \cdot m/s$)		
	Cas 1	Cas 2	Cas 3
$p_{1i} = m_1 v_{1i}$			
$p_{2i} = m_2 v_{2i}$			
$p_{1f} = m_1 v_{1f}$			
$p_{2f} = m_2 v_{2f}$			

Activitat 4 [Estructuració]: Perquè serveix la conservació del moment lineal? (Part I)

Activitat 5: Sota quines condicions físiques es conserva el moment lineal

Explicació de la deducció de la conservació del moment lineal a partir de la segona llei de Newton. S'arriba a la conclusió de que el moment lineal es conserva quan la variació del moment lineal és 0. Aquesta situació es dona quan la força resultant és igual a 0 o quan el temps d'impacte del xoc és pràcticament 0. També es defineix l'impuls com la variació del moment lineal i es fa èmfasi en que en funció del sistema escollit podem tenir conservació o no del moment lineal.

Activitat 6 [Estructuració]: Perquè serveix la conservació del moment lineal? (Part II)

Activitat 7: Com distingim els diferents tipus de xocs (elàstics i inelàstics)

Fer la mateixa explicació que en l'Activitat 3 però mostrant la següent taula, d'aquesta manera es veu que en alguns casos es conserva l'energia cinètica (xocs elàstics) i en altres no (xocs inelàstics)

Energia cinètica	Resultat ($kg \cdot m^2/s^2$)		
	Cas 1	Cas 2	Cas 3
$E_{c1i} = \frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2$			
$E_{c2i} = \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2$			

30'

30'+casa +15'corr

30'

30'+casa +15'corr

30'

Activitats d'estructuració <i>Què hem après?</i>	<p>Activitat 4: Perquè serveix la conservació del moment lineal? (Part I)</p> <p>De manera autònoma o amb el company de taula (si no ho acaben a classe o han d'acabar a casa pel pròxim dia), hauran de fer un anàlisi de la <u>conservació del moment lineal</u> i càlcul (prediccions) de magnituds físiques associades (massa o velocitat) de 4 situacions diferents (definides en la descripció de la SA):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un accident de trànsit en el que es produeix el xoc de d'un cotxe amb un camió - La situació en la que un nen/a llença una taronja contra una poma en un pomer per fer-la caure. - El xoc de dues boles de billar en línia recta - El moviment d'una pilota i una patinadora quan aquesta esta en repòs, llança la pilota i experimenta un retrocés. <p>S'inclou un temps per resoldre dubtes a classe el pròxim dia o explicitar algun procediment.</p>	30'+casa +15'corr
	<p>Activitat 6: Perquè serveix la conservació del moment lineal? (Part II)</p> <p>De manera autònoma o amb el company de taula (si no ho acaben a classe o han d'acabar a casa pel pròxim dia), hauran de fer un anàlisi de la <u>conservació del moment lineal i l'impuls</u> i el càlcul (prediccions) de magnituds físiques associades (massa o velocitat) de 4 situacions diferents (definides en la descripció de la SA). Aquest anàlisi també requereix estudiar aquestes magnituds <u>escollint diferents sistemes</u> en cada situació per veure que en funció del sistema es conserva o no el moment lineal i en cas que no, quantificar el guany o la pèrdua. Les situacions són les mateixes que a l'Activitat 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un accident de trànsit en el que es produeix el xoc de d'un cotxe amb un camió - La situació en la que un nen/a llença una taronja contra una poma en un pomer per fer-la caure. - El xoc de dues boles de billar en línia recta - El moviment d'una pilota i una patinadora quan aquesta esta en repòs, llança la pilota i experimenta un retrocés. <p>S'inclou un temps per resoldre dubtes a classe el pròxim dia o explicitar algun procediment.</p>	30'+casa +15'corr
	<p>Activitat 8: Analitzant l'energia de les col·lisions</p> <p>De manera autònoma o amb el company de taula (si no ho acaben a classe o han d'acabar a casa pel pròxim dia), hauran de fer un anàlisi de la <u>variació de l'energia cinètica</u> i càlcul (prediccions) de magnituds físiques associades (energia perduda per calor i forces de fricció) de 4 situacions diferents (definides en la descripció de la SA):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un accident de trànsit en el que es produeix el xoc de d'un cotxe amb un camió - La situació en la que un nen/a llença una taronja contra una poma en un pomer per fer-la caure. - El xoc de dues boles de billar en línia recta - El moviment d'una pilota i una patinadora quan aquesta esta en repòs, llança la pilota i experimenta un retrocés. <p>S'inclou un temps per resoldre dubtes a classe el pròxim dia o explicitar algun procediment.</p>	30'+casa +15'corr

3.3. Avaluació

L'avaluació de l'eina PhysIACS consistirà amb fer un conjunt de preguntes en escala Likert del 1 al 7 més un conjunt de preguntes obertes relacionades amb les temàtiques de la interactivitat amb els companys (Liu, Liang, Wang, Chan, & Wei, 2003), la interactivitat amb el professor (Liu, Liang, Wang, Chan, & Wei, 2003), l'aprenentatge actiu col·laboratiu (So & Brush, 2008), el rendiment acadèmic (MacGeorge, y otros, 2008), l'autonomia (Owston, York, & Murtha, 2012), la gestió emocional i la gestió del temps i del material (Owston, York, & Murtha, 2012). Les preguntes s'han adaptat lleugerament dels autors citats perquè encaixin amb la innovació duta a terme. Al apartat de l'avaluació dels resultats es mostren totes les preguntes realitzades.

Per altra banda es faran dos exàmens durant la situació d'aprenentatge, de manera que s'obtindrà un resultat genèric del nivell de comprensió al que han arribat els estudiants. Degut que l'eina PhysIACS recull un conjunt ampli de dades, com per exemple quants exercicis ha vist un alumne, quan de temps triga entre veure un enunciat i la solució, etc. (a la Taula 10 es mostren totes les variables), s'analitzarà la correlació de cadascuna d'aquestes variables amb la nota final. També s'aplicarà un algoritme típic de la ciència de dades anomenat Arbre de decisions (Kingsford & Salzberg, 2008) que permetrà identificar patrons, és a dir, veure per quins valors de quines variables es compleixen certes coses, per exemple, tots els estudiants que hagin vist més de 10 elements de teoria es troben entre l'excel·lent i el notable.

Cal dir que donat el gran número de dades recollit i el gran nombre de possibles combinacions que es poden fer entre totes les variables, amb més temps es podria fer un anàlisi més exhaustiu i profund de totes les dades recollides.

4. Avaluació de resultats

4.1. Resultats de les enquestes

A continuació es mostren els resultats de les enquestes realitzades als alumnes després de fer la situació d'aprenentatge amb ells durant 9 sessions, en 8 de les quals van fer servir l'eina PhysIACS, més el temps que hi van dedicar a casa. A l'última sessió van fer un examen final.

Interactivitat amb els companys

	Promig (sobre 7)	Desviació estàndard
Facilita la interacció amb els companys	4,92	1,32
Em dona l'oportunitat de debatre amb els companys	5,08	1,38
Facilita el diàleg amb els companys	4,88	1,42
Permet l'intercanvi d'informació amb els companys	5,50	1,22

Taula 3. Resultats sobre la Interactivitat amb els companys de l'enquesta dels alumnes després de fer la Situació d'Aprenentatge

Interactivitat amb el professor

	Promig (sobre 7)	Desviació estàndard
Facilita la interacció amb el professor	5,04	1,63
Facilita el diàleg amb el professor	5,04	1,37
Permet l'intercanvi d'informació amb el professor	5,08	1,50

Taula 4. Resultats sobre la Interactivitat amb el professor de l'enquesta dels alumnes després de fer la Situació d'Aprenentatge

Aprentatge actiu col·laboratiu

	Promig (sobre 7)	Desviació estàndard
He sentit que he participat en la creació de la meua pròpia experiència d'aprenentatge	6,21	0,78
He sentit que tenia plena llibertat per cocrear la meua pròpia experiència d'aprenentatge	6,33	0,76
He sentit que tenia llibertat per participar en la meua pròpia experiència d'aprenentatge	6,21	0,83
Aquesta unitat didàctica ha afavorit les meves relacions personals amb els meus companys i professors	4,88	1,68

Taula 5. Resultats sobre l'Aprentatge actiu col·laboratiu de l'enquesta dels alumnes després de fer la Situació d'Aprenentatge

Rendiment acadèmic

	Promig (sobre 7)	Desviació estàndard
Ha millorat la meua comprensió dels conceptes estudiats a classe	6,04	1,00
Ha sigut a una millor experiència d'aprenentatge en comparació a les classes tradicionals	6,25	0,90
M'ha permès comprendre millor els conceptes en comparació a les classes tradicionals	5,83	1,05
Aquesta experiència del curs ha millorat la meua oportunitat per accedir i utilitzar el contingut de la classe	6,04	0,91

Taula 6. Resultats sobre el Rendiment acadèmic de l'enquesta dels alumnes després de fer la Situació d'Aprenentatge

Autonomia

	Promig (sobre 7)	Desviació estàndard
M'ha permès ser més productiu fent els deures en comparació amb la metodologia tradicional	5,96	1,40
M'ha permès ser més productiu fent exercicis a classe	6,29	1,04
M'ha permès anar més ràpid a l'hora d'aprendre conceptes nous en comparació amb una classe tradicional	6,04	0,81
M'ha permès aprendre més en termes generals en comparació amb una classe tradicional	6,00	0,98

Taula 7. Resultats sobre l'Autonomia de l'enquesta dels alumnes després de fer la Situació d'Aprenentatge

- Anàlisi de les respostes lliures dels alumnes (4 grups) a la pregunta *En general, en referència a la teua autonomia com t'has sentit?*:

- **Grup d'experiència positiva amb l'autonomia (65%):** En aquest grup, els participants expressen una sensació positiva i gratificant d'autonomia en el seu aprenentatge. S'han sentit més motivats, productius i capaços d'organitzar-se millor. També destaquen la seva independència a l'hora de fer

els exercicis i autocorregir-se. Consideren que l'autonomia personal és una gran avantatge respecte a les classes tradicionals.

- “M'ha agradat molt, ja que penso que aquesta dinàmica de tenir exercicis amb les respostes pròpies, fa de l'autonomia personal molt més portadora que de normal”
 - “M’he sentit més tranquil·la treballant sola i amb més confiança”
 - “M’he sentit amb més autonomia per aprendre, podia anar al meu ritme i tenia recursos per ajudar-me”
- **Grup d'experiència neutral amb l'autonomia (10%):** En aquest grup, els participants tenen una opinió neutra i moderada sobre l'autonomia. No expressen un alt nivell d'autonomia, però tampoc la consideren baixa. Són capaços de seguir el seu ritme i sentir-se autònoms en certa mesura.
- “Igual que abans, he sentit que podia anar al ritme que jo marqués, sense pressa ni temps d’espera”
- **Grup d'experiència positiva amb els recursos i la correcció (20%):** Els membres d'aquest grup destaquen la utilitat dels recursos i la correcció proporcionats. Consideren que aquests recursos els han ajudat a organitzar-se, comprendre millor els conceptes i resoldre els dubtes de manera autònoma. Valoren positivament el fet de tenir a disposició els materials adequats per a l'aprenentatge.
- “M’ha facilitat l’organització dels conceptes i m'ha ajudat a resoldre els dubtes de manera autònoma”
 - “Aquesta eina m'ha permès fer les activitats de classe al ritme que jo necessitava i em proporcionava tota la informació que desconeixia o havia oblidat”
- **Grup d'experiència amb aspectes positius i negatius (5%):** Aquests participants tenen una opinió mixta, ja que destaquen aspectes positius i negatius de l'autonomia. Per una banda, se senten lliures per treballar al seu ritme, comprovar els resultats i aprendre dels errors. No obstant això, també experimenten pressió a causa de la supervisió del professor, el que els genera certa preocupació.
- “He tingut més autonomia per treballar pel meu compte, però també he experimentat pressió perquè el professor podia veure tot el que feia”

Gestió emocional

	Promig (sobre 7)	Desviació estàndard
M’he sentit més tranquil/a	5,96	0,91
He sentit que he reduït el meu nivell d’estrès i preocupació per l’assignatura i entendre bé els conceptes	5,71	1,12
M’he sentit més motivat/da per aprendre	6,04	1,33
Utilitzar una IA m’ha fet sentir més motivat/da	5,88	1,36

Taula 8. Resultats sobre la Gestió emocional de l'enquesta dels alumnes després de fer la Situació d'Aprenentatge

- Anàlisi de les respostes lliures dels alumnes (3 grups) a la pregunta *En general, en referència a la gestió de les teves emocions com t'has sentit?*:

- **Grup d'experiència positiva i tranquil·litat (79,2%):** Els alumnes d'aquest grup han experimentat una sensació de tranquil·litat i confort utilitzant PhysIAcs. Han valorat positivament la facilitat d'accés a la informació i la comoditat en el treball i l'aprenentatge.
 - “M'he sentit tranquil·la al saber que tenia una eina que podia utilitzar per repassar els conceptes de classe”
 - “Molt més tranquil·la i animada”

- “Molt tranquil·la ja que la informació la tenia fàcilment al meu abast”
- “M'he sentit molt més eficient”
- **Grup d'experiència neutra (8,3%):** Aquests alumnes no han expressat una opinió clarament positiva ni negativa. Han tingut una experiència neutra en la gestió de les seves emocions amb PhysiAcs.
 - “Bé”
 - “Igual que abans”
- **Grup d'experiència positiva amb menor preocupació (12,5%):** Els alumnes d'aquest grup han experimentat una disminució de la preocupació en comparació amb les classes tradicionals. Han valorat positivament la seva eficiència i la capacitat de resoldre els dubtes ràpidament.
 - “Han estat unes setmanes difícils per a mi, però aquesta eina m'ha servit per no estar tan estressat a l'hora de fer els exercicis i aprendre en aquest tema”
 - “Era molt més fàcil per mi posar-me a fer exercicis i crec que he estat menys estressada ja que podia contestar els meus dubtes al moment i accedir fàcilment a la teoria en cas de no haver entès alguna cosa en classe”
 - “Menys preocupada en comparació amb les classes tradicionals”

Gestió del temps i del material

	Promig (sobre 7)	Desviació estàndard
El contingut estava ben organitzat i era fàcil de navegar	6,54	0,78
Poder buscar el contingut dintre de la plataforma m'ha servit per guanyar temps	6,50	0,66
Tenir accés directe a fragments de vídeo amb el contingut m'ha permès guanyar temps	6,25	0,90
L'accés al contingut a través d'aquesta eina em resulta més útil que el moodle	6,46	0,83
Tenir disponibilitat de mirar el material en qualsevol moment d'una manera fàcil dintre i fora de l'aula m'ha fet consultar més que de costum aquest material	6,21	1,35

Taula 9. Resultats sobre la Gestió del temps i del material de l'enquesta dels alumnes després de fer la Situació d'Aprenentatge

- Anàlisi de les respostes lliures dels alumnes (3 grups) a la pregunta *En general, en referència a la gestió del temps i material com t'has sentit? Quina opinió en tens?*:

- **Grup d'experiència positiva i eficiència en la gestió del temps i el material (52,6%):** Aquests alumnes han tingut una experiència positiva i han trobat que l'ús de PhysiAcs els ha ajudat a gestionar millor el temps i el material d'aprenentatge. Han valorat la seva capacitat d'autogestió i l'eficiència en l'adquisició de coneixements.
 - “Molt dinàmic, he adquirit coneixements de manera més ràpida, senzilla i amb més alegria”
 - “Crec que el sistema utilitzat fa que sigui molt més fàcil accedir al material i resoldre dubtes”
 - “He estalviat molt de temps a l'estudi abans de l'examen”
- **Grup d'experiència positiva amb èmfasi en la facilitat d'accés al material (36,8%):** Els alumnes d'aquest grup han valorat positivament la facilitat d'accés al material d'estudi i la comoditat en l'ús de PhysiAcs. Han trobat que l'eina és més pràctica i ràpida en comparació amb altres plataformes com Moodle.

- “El fet de poder trobar el contingut amb més facilitat que el Moodle feia que el busqués més”
 - “Considero que ha estat una millor forma de treballar que amb el Moodle
 - “És molt més còmode i eficient, a més de ser molt més útil i ràpid que el Moodle”
 - “Podia anar molt més ràpid a l'hora de consultar materials i corregir activitats”
- **Grup d'experiència positiva amb més temps disponible per a explicacions i aclarir dubtes (10,5%):**
Aquests alumnes han notat que l'ús de PhysIacs els ha proporcionat més temps a classe per a explicacions i aclarir dubtes, ja que podien consultar el material i verificar solucions després de fer els exercicis.
- “Crec que aprofitàvem temps a classe per preguntar els dubtes”
 - “Havia més temps a classe per a explicacions i a l'hora de comprovar les solucions directament a casa”

4.2. Anàlisi de resultats de l'activitat dels usuaris a la plataforma PhysIacs

4.2.1. Distribució de notes

A continuació es mostra la distribució de notes dels alumnes que surten de fer la mitja ponderada d'un exercici puntuable de classe (25%) que consistia en un xoc en una dimensió, i una prova final (75%), la qual consistia amb tres exercicis numèrics del tema de xocs. Un on havien d'aplicar la conservació del moment lineal en un xoc en 1 dimensió, una altra on havien de fer uns càlculs en un xoc en dues dimensions i un tercer exercici que consistia en calcular l'impuls i el coeficient de restitució d'un xoc en una dimensió. Aquest examen es va fer utilitzant exercicis que la professora de referència havia fet servir altres anys per avaluar el mateix temari.

Podem observar en la Figura 3 que es mostra a continuació que el 76% dels alumnes han aprovat. Més concretament, 8 alumnes han estat per sobre del 9, mentre que a la distribució de les notes mitjanes del curs, només una persona estava per sobre del 9. Aquesta observació indica que amb PhysIacs hi ha un número gran d'alumnes que aconsegueix millorar el seu rendiment acadèmic.

Per altre banda, es pot veure que el número de suspesos ha sigut pràcticament el mateix, tot i que hi ha hagut una petita millora, ja que s'ha passat de 7 alumnes suspesos a 6.

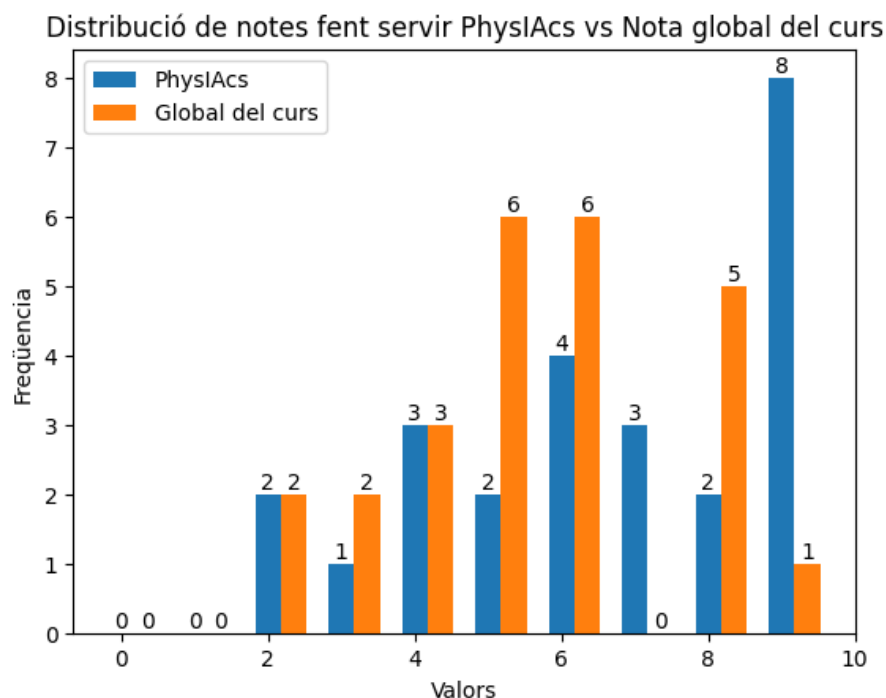


Figura 3. Distribució de notes dels alumnes al fer servir l'eina PhysIAcs en comparació amb la nota global del curs (mitjana entre el primer i el segon trimestre)

4.2.2. Anàlisi del registre de l'activitat dels alumnes

Gràcies al fet de que s'ha registrat tota l'activitat dels alumnes, es pot estudiar com estan relacionades aquestes variables entre elles i es poden buscar correlacions o patrons. En primer lloc es farà un estudi de correlacions. A continuació es buscaran patrons per veure comportaments d'alumnes que els hagin fet diferenciar-se d'altres alumnes i aconseguir millors resultats. Si aquests patrons s'identifiquen, serà més fàcil indicar als estudiants que han de fer en un futur perquè ho puguin replicar.

4.2.2.1. Correlacions entre variables

A continuació es mostra una taula amb totes les variables registrades i la seva correlació amb la nota final.

Variable	Correlació amb la nota final
Nº d'exercicis vistos	0,41
Nº d'exercicis bàsics (conservació del moment) vistos	0,26
Nº d'exercicis de nivell entremig (impuls) vistos	0,35
Nº d'exercicis de xocs en 2 dimensions vistos	0,27
Nº de solucions vistos	0,42
Nº de solucions detallades vistes	0,34
Nº de pistes per saber com fer els càlculs vistos	-0,03
Nº de pistes per interpretar l'enunciat vistes	0,01
Nº d'elements de teoria vistos	0,42
Nº de cerques realitzades	0,04
Nº d'elements de context vistos	0,05
Temps entre veure l'enunciat i la solució	0,18
Temps entre veure l'enunciat i la pista per interpretar l'enunciat	-0,13
Temps entre veure l'enunciat i la pista per saber com fer els càlculs	0,11
Temps entre veure l'enunciat i la solució detallada	0,25

Podem observar que els elements amb una correlació més elevada són el número d'exercicis vistos amb 0,41; el número de solucions vistes amb 0,42 i el nº d'elements de teoria vistos amb 0,42. Si bé aquestes dades poden mostrar certs indicis les seves correlacions son massa baixes per ser significatives, a més, el resultat que s'està obtenint és bastant obvi (com més teoria es mirin els alumnes, més exercicis facin i s'autocorregixin, millor).

4.2.2.2. Estudi de patrons (arbres de decisions)

Donat que l'anàlisi de correlacions no aporta cap informació rellevant, és d'encara més interès buscar patrons combinant varies variables. Més concretament es busquen combinacions numèriques entre variables que permetin extreure patrons.

Per fer-ho s'han classificat els alumnes en tres grups en funció de la seva nota final:

- No assolit: Aquells alumnes que estan entre el 0 i el 4,9
- Assoliment satisfactori: Aquells alumnes que estan entre el 5 i el 7,2
- Assoliment notable o excel·lent: Aquells alumnes que estan entre el 7,2 i el 10

Fer un anàlisi d'aquestes característiques on tenim 15 variables i 3 grups d'alumnes on a priori qualsevol combinació de variables és vàlida, requereix d'una quantitat de temps enorme per ser processat. No obstant, es poden fer servir tècniques de la ciència de dades per automatitzar aquest procés.

Concretament la ciència de dades compta amb un algoritme anomenat *decision tree* que precisament s'encarrega d'analitzar totes les possibles combinacions entre variables (seleccionant aquelles més rellevants) per poder classificar un conjunt de dades (en aquest cas tres grups d'alumnes en funció de la seva nota) i extreure patrons (de cada variable surt una bifurcació que indica els possibles camins que segueixen les dades per classificar-se en un grup o en un altre).

Un dels elements més interessants d'utilitzar aquest algoritme és que es pot decidir quantes variables es fan servir (poden ser totes, com el cas de la Figura 4 o només dos, com el cas de la Figura 5) i el nivell de profunditat al que s'arriba, és a dir, quantes variables es tenen en compte per classificar. En el cas de la Figura 4 es veu que la profunditat és de 3, mentre que la Figura 5 és de 2.

Una qüestió important és que quan es planteja aquest tipus d'algoritme s'accepta que no s'obté un 100% de precisió en totes les classificacions de les notes dels alumnes en funció de les variables analitzades. El que s'intenta és maximitzar la precisió des de un punt de vista genèric. Això significa que és possible que l'algoritme determini, per exemple, que si el número de pistes vistes és superior a 3 i el número d'elements de teoria és superior a 6, aleshores un alumne tindrà un assoliment satisfactori. És possible que hi hagi 4 alumnes que compleixin amb aquestes dues condicions, però només 3 hagin obtingut un assoliment satisfactori. Això significarà que la precisió en aquest patró en concret és del 75%. La precisió total d'un arbre de decisions es fa tenint en compte totes les classificacions possibles.

A continuació s'indicarà el percentatge de ben classificats de cada patró i el percentatge global de l'arbre de decisions. També s'indicaran els valors absoluts dels números.

A la Figura 4 s'han analitzat totes les variables de les quals en l'arbre de decisions han quedat només el Nº d'exercicis bàsics, el Nº de pistes per interpretar l'enunciat, el temps entre veure l'enunciat i la solució, el nº d'elements de teoria i el nº d'exercicis en 2 dimensions.

Hi ha 6 possibles rutes per classificar el rendiment acadèmic d'un alumne. És a dir, a través d'aquest esquema es pot predir que un alumne obtindrà un:

- No Assolit:
 - Si ha fet un nº d'exercicis bàsics inferior o igual a 6, ha mirat més de 3 pistes per interpretar l'enunciat i menys de 9 elements de teoria.
Hi ha 4 alumnes que compleixen aquestes condicions i tres d'ells han obtingut efectivament un No assolit. És a dir, el 75% dels alumnes que han complert aquestes tres condicions han obtingut una qualificació de No assolit.
 - Si ha fet un nº d'exercicis bàsics superior a 6, ha dedicat més de 3'30'' de temps entre veure l'enunciat i la solució i ha fet dos o menys exercicis de dues dimensions.
Dos alumnes compleixen amb aquestes condicions i només un d'ells ha obtingut una qualificació de no assolit, l'altre ha obtingut un assoliment satisfactori. Per tant, el 50% dels alumnes que han complert aquestes tres condicions han tret un no assolit.
- Assoliment satisfactori:
 - Si ha fet 6 o menys exercicis bàsics i ha mirat un nº de pistes per interpretar l'enunciat igual o inferior a 3.
Un total de 5 alumnes han complert amb aquestes característiques i tots 5 han obtingut una qualificació d'assoliment satisfactori. Per tant, el 100% d'alumnes que ha complert amb aquestes característiques ha obtingut una qualificació d'un assoliment satisfactori.
 - Si ha fet més de 6 exercicis bàsics i ha dedicat menys de 3'30'' de temps entre veure l'enunciat i la solució.
Dos alumnes compleixen aquestes condicions i tots dos han obtingut la nota d'assoliment satisfactori. Per tant, el 100% d'alumnes que han complert aquestes característiques han obtingut la qualificació d'assoliment satisfactori.
- Assoliment notable o excel·lent:
 - Si ha fet menys de 6 exercicis bàsics, ha mirat més de 3 pistes per interpretar l'enunciat i més de 9 elements de teoria.
Un alumne ha complert aquestes condicions i ha obtingut la nota d'assoliment excel·lent. Per tant, el 100% d'alumnes compleix aquesta condició.
 - Si ha fet més de 6 exercicis bàsics, ha dedicat un promig de més de 3'30'' de temps entre veure l'enunciat i la solució dels exercicis i ha fet un nº d'exercicis de dues dimensions superior a 2.
Un total de 9 alumnes compleixen aquestes condicions, 6 d'ells han obtingut una qualificació d'excel·lent, 2 de notable alt i un de satisfactori. En total el 89% dels alumnes que han complert amb aquestes condicions han obtingut una qualificació de notable o excel·lent.
- La precisió global d'aquest algoritme és d'un 88%, és a dir, si donades aquestes condicions, analitzem les dades dels alumnes (sense saber la seva nota final), encertàriem en un 88% del total dels alumnes.

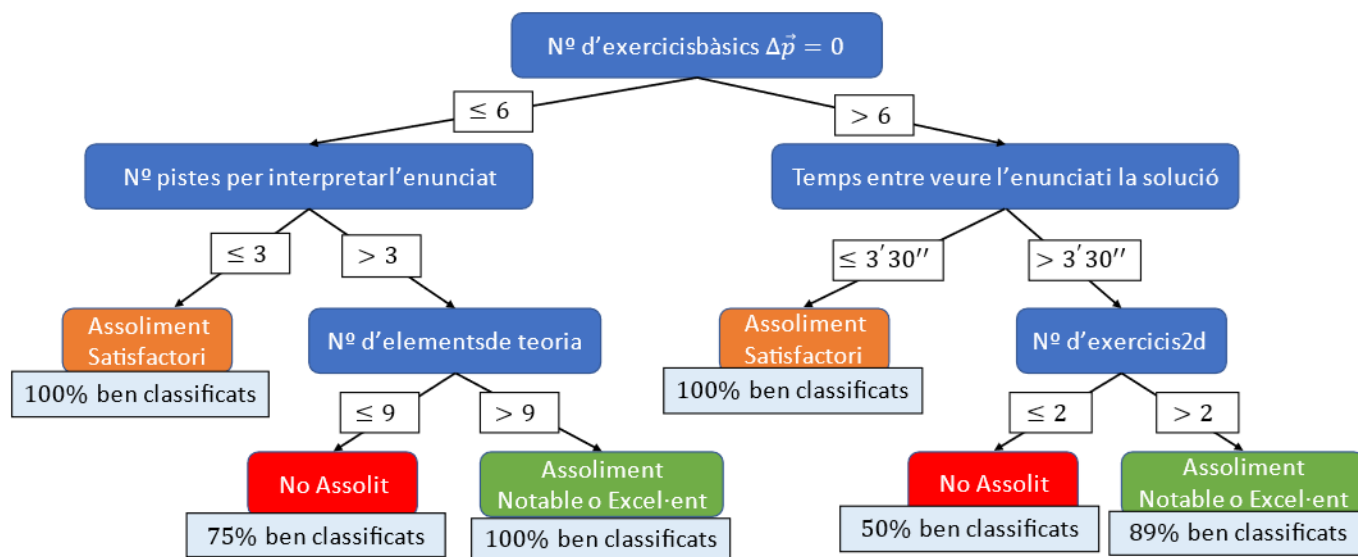


Figura 4. Patrons obtinguts fent servir l'algoritme Arbre de decisions. Es mostra la classificació dels estudiants en funció del nº d'exercicis bàsics, el nº de pistes per interpretar l'enunciat, el nº d'elements de teoria i el nº d'exercicis en 2d.

Com que a la Figura 4 es veu que els elements de teoria tenen un paper rellevant, a la Figura 5 s'han analitzat només dues variables: El número total d'exercicis vistos pels estudiants i el número total d'elements de teoria i s'ha analitzat amb una profunditat de 2, el que significa que tenint en compte molt poques variables es classifiquen els alumnes segons la seva nota. Aquest algoritme de classificació només té un 63% d'encert en general, però lo interessant són els percentatges d'encert particulars dels alumnes que han vist més de 10 elements de teoria.

En total s'han definit tres possibles rutes. És a dir, a través d'aquest esquema es pot predir que un alumne obtindrà un:

- Assoliment satisfactori:
 - o Si ha mirat 10 o menys elements de teoria i ha mirat 30 o menys exercicis
Hi ha un total de 13 alumnes que compleixen aquesta condició, 7 dels quals han obtingut una qualificació de assoliment satisfactori, per tant, un 53,8% han estat ben classificats.
- Assoliment notable o excel·lent:
 - o Si ha mirat més de 10 elements de teoria
Un total de 4 alumnes han mirat més de 4 elements de teoria, 3 d'ells han obtingut una nota final d'excel·lent i l'altre de notable alt (un 8,9). Per tant el 100% dels alumnes que han mirat més de 10 elements de teoria han obtingut un assoliment notable o excel·lent. Una altra dada interessant referent a aquests quatre alumnes és que no eren alumnes que partissin de l'excel·lent amb el que porten de curs. De fet, en promig han augmentat 3 punts la seva nota mitja.
 - o Si ha mirat 10 o menys elements de teoria i ha mirat més de 30 exercicis.
Un total de 8 alumnes compleixen aquestes condicions i 5 d'ells han obtingut una qualificació d'assoliment notable o excel·lent, el que suposo u 62,5% d'encert. Dels altres 3 alumnes, dos han obtingut un satisfactori i un no assolit.

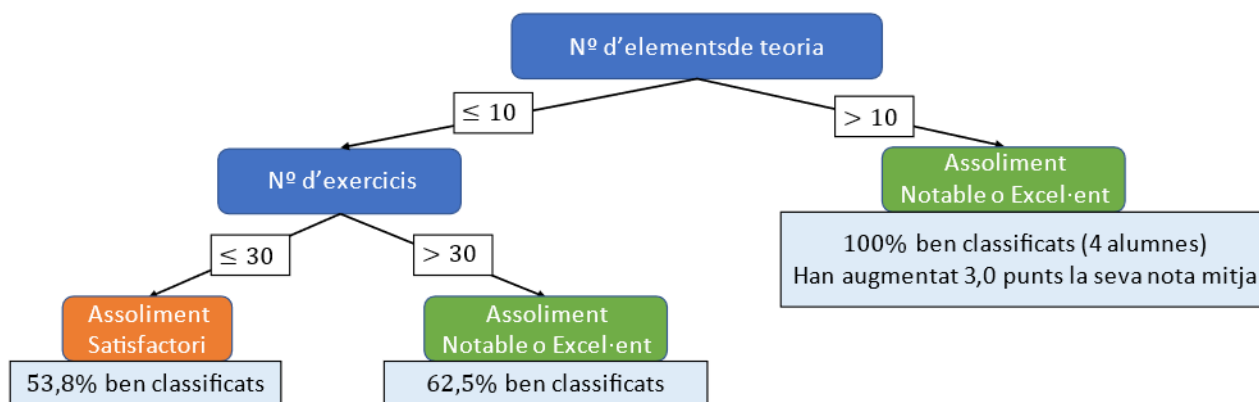


Figura 5. *ads* Patrons obtinguts fent servir l'algorisme Arbre de decisions. Es mostra la classificació dels estudiants en funció del nº d'elements de teoria i el nº total d'exercicis vistos.

4.2.3. Limitacions

Hi ha hagut algunes limitacions a l'hora de realitzar aquest estudi, les quals es comenten a continuació:

- Falta de temps: Amb més temps per analitzar les dades s'haurien pogut aplicar més tècniques de la ciència de dades i de l'anàlisi d'enquestes per obtenir més resultats
- Falta de tecnologia: L'eina PhysIacs només era capaç de recollir el nº d'exercicis vistos, pistes vistes, etc. i el temps entre veure dos elements. Si s'haguessin pogut capturar més dades, es podria obtenir més informació.
- Falta de dades pures: En algunes ocasions els alumnes compartien el mòbil o l'ordinador o la *tablet* fent servir PhysIacs, de manera que algunes interaccions no han quedat registrades. Tot i així, la major part de les interaccions de cada alumne, tenint en compte que a casa també feien servir l'eina, si que s'ha recollit.
- Biaix en l'examen realitzat: Amb la intenció de no cometre un biaix i posar un examen fàcil per obtenir bons resultats, és possible que l'examen que els hi vaig posar fos massa difícil en el sentit que el nivell estava lleugerament per sobre del que havíem fet a classe. Un exercici era un xoc de tres cossos (en el fons eren dos xocs de dos cossos en dos moments diferents), quan a classe sempre n'havíem vist de dos i un altre exercici era un xoc en dues dimensions però on no es donava la massa perquè es simplificava fent els càlculs. Això tampoc ho havíem vist a classe. A més de no voler cometre un biaix, jo tenia la idea errònia de que un examen ha d'estar lleugerament per sobre del contingut vist a classe, però comentant-ho amb professors del màster m'he adonat que no, que ha de ser exactament el mateix nivell que el que s'ha fet a l'aula.

5. Propostes de continuïtat en el centre

Donada les bones sensacions que han transmès els estudiants a través de les enquestes i que l'últim dia de classe la professora em va dir "tant de bo tenir això per tot el curs", penso que una proposta de continuïtat pel centre és tornar a fer servir PhysIacs quan s'ensenyin xocs l'any vinent i fins i tot col·laborar per crear més continguts interrelacionats que permetin dissenyar situacions d'aprenentatge interessants, ben estructurades i basades en una base de dades semàntica i algorismes de IA, el que facilita la navegació del contingut i la motivació dels estudiants.

6. Conclusions

En conclusió es pot dir que pels resultats obtinguts l'eina PhyslAcs aporta una millora en la motivació dels estudiants ja que senten que poden construir la seva pròpia situació d'aprenentatge, també afavoreix la relació amb el professor i amb els companys ja que, probablement, al ser més interactiu facilita l'intercanvi d'informació i pel docent és més fàcil apropar-se a la taula de l'alumne i resoldre dubtes ja que troba el material de referència de seguida. Els alumnes també han valorat molt positivament l'organització del contingut, el que indica que l'ús d'una base de dades semàntica que permet enllaçar tots els continguts resulta d'utilitat.

Un altre element interessant és que els alumnes que han mirat més de 10 elements de teoria han obtingut molt bones qualificacions (entre l'excel·lent i el notable) i han millorat 3 punts la seva nota mitja. El que significa que el fet d'indagar i buscar els coneixements teòrics facilita la comprensió d'aquests. Instar als alumnes a fer-ho de manera més proactiva pot ser una bona practica si es fa servir PhyslAcs a l'aula. Mentre jo feia la situació d'aprenentatge els hi vaig dir sense insistir.

Des d'un punt de vista més global, és innegable que ens trobem en un moment de canvis a nivell mundial degut a les innovacions que hi estan havent en el camp de la intel·ligència artificial. L'educació no es pot quedar enrere ni a l'hora de fer-la servir per ensenyar millor ni a l'hora de preparar als alumnes per un futur on la tecnologia i la intel·ligència artificial juguen un paper molt rellevant en molts sectors. Aquest treball és el fruit d'un humil intent per començar a aportar aquestes tecnologies d'avantguarda al sistema educatiu. El futur treball que es pot fer a partir d'aquest pot ser o bé un anàlisi més profund dels resultats, o bé analitzar-ho amb una mostra d'alumnes més amplia, o amb un temari més gran o incorporant millores tecnològiques.

Bibliografía

Bibliografía

- Aguaded, I. (2011). Niños y adolescentes: Nuevas generaciones interactivas. *Comunicar*, 36, 7-8.
- Alcock, L. (2017). Mathematics rebooted: a first approach to understanding. *Oxford UP*.
- Alock, L. (2013). How to study for a mathematics degree. *Oxford UP*.
- Alqahtani, A. &. (2020). E-Learning Critical Success Factors during the COVID-19 Pandemic: A Comprehensive Analysis of E-Learning Managerial Perspectives. *Education Sciences* 10(9), 216.
- Atir, S., Rosenzweig, E., & Dunning, D. (2015). When knowledge knows no bounds: self-perceived expertise. *Psychological Science* 26, 1295-303.
- Baddeley, A. (2015). Working memory in second language learning. En *Working Memory in Second Language Acquisition and Processing* (págs. 17-28).
- Birnbaum, K. B. (2013). Why interleaving enhances inductive learning: the roles of discrimination and retrieval. *Memory and cognition*, 41, 392.
- Blomqvist, E., Öhgren, A., & Sandkuhl, K. (2006). *ICEIS* (3), 86-93.
- Bloom, B. (1984). The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring. *Educational Researcher*, Vol. 13, No. 6, 4-16.
- Canal, M., & Guitiérrez, Y. (2021). Tecnología de tutorización educativa basada en recursos multimedia semánticos. *Pendent de ser publicat*.
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*, 8, 75264-75278.

- Cowan, R. (2008). *The Teacher's Grammar of English: A Course Book and Reference Guide*. Cambridge University Press.
- Cross, V., & Pal, A. (2008). An ontology analysis tool. *Int. J. Gen. Syst.* 37 (1), 17-44.
- Devlin, J. C. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *ArXiv*, abs/1810.04805.
- Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., & Juristo, N. (1997). Methontology: From ontological art towards ontological engineering, in: *Proceedings of the Ontological Engineering. AAAI-97 Spring Symposium Series, American Association for Artificial Intelligence*, 33-40.
- Fletcher, J. (2016). Effectiveness of Intelligent Tutoring System: A Meta-Analytic Review. *Review of Educational Research*, 86(1), 42-78.
- Gallini, S. M., & Moely, B. E. (2003). Service-learning and engagement, academic challenge and retention. *Michigan Journal of Community Service Learning*, 5-14.
- Gascueña. (2006). Domain Ontology for Personalized E-Learning in Educational System. *Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*.
- Gathercole, S. (2007). Working memory abilities and children's performance in laboratory analogues of classroom activities. *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 22.8, 1019-1037.
- Gómez-Pérez, A. (2004). Ontology evaluation. En A. Gómez-Pérez, *Handbook on Ontologies* (págs. 251-273). Springer.
- Holmes. (2019). *Artificial Intelligence in Education*. Independent publication.
- IBM. (1990). Introduction to business system development method. *Tech. Rep. GE19-5387-01, International Business Machines Corporation*.
- KBSI. (1994). Knowledge based systems incorporated. *Tech. rep., Wright-Patterson Air Force Base, Ohio*.
- Kingsford, C., & Salzberg, S. (2008). What are decision trees? *Nature Biotechnology*, 26, 1011–1013.
- Kirschner, P., Sweller, J., & Clark, R. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychology*, 41, 75.
- Kulik, & Fletcher. (2015). Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems A Meta-Analytic Review. *Review of Educational Research*. 86.
- Le, B., A. Lawrie, G., & Wang, J. T. (2022). Student Self-perception on Digital Literacy in STEM Blended Learning Environments. *Journal of Science Education and Technology* (2022) 31, 303-321.
- Liu, T., Liang, J., Wang, H., Chan, T., & Wei, L. (2003). Embedding educlick in classroom to enhance interaction. *Proceedings international conference computers in education*, 117-125.
- MacGeorge, E. L., H. S., Dunning, J. B., Jr., E. D., Bodie, G. D., E. E., & al., e. (2008). The influence of learning characteristics on evaluation of audience response technology. *Journal of Computing in Higher Education*, 19, 25-46.
- Medlin, B., & Green, K. W. (2009). Enhancing performance through goal setting, engagement, and optimism. *Industrial Management & Data Systems*, 109(7), 943-956.

- Michelene. (2001). Learning from human tutoring. *Cognitive Science*, 471-533.
- Mighton, J. (2013). *The End of Ignorance*.
- Ocaña-Fernandez, Y., & Valenzuela-Fernandez, L. A. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 536-568.
- Owston, R., York, D., & Murtha, S. (2012). Student perceptions and achievement in a university blended learning strategic initiative. *Internet and Higher Education*, 18, 38-46.
- Ozam, O., & Ozarslan, Y. (2016). Video lecture watching behaviors of learners in online courses. *Educational Media International*, 27-41.
- Perry, C. T. (2005). *Constructivism: Theory, Perspectives, and Practice (Second Edition)*. Teachers College, Columbia University.
- Reimers, N., & Gurevych, I. (2019). Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks. *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*.
- Romero, E., & Hernández, M. (2019). Análisis de las causas endógenas y exógenas del abandono escolar temprano: una investigación cualitativa. *Educación XX1*, 22(1), 263-293.
- Ruiz, H. (2020). *¿Cómo Aprendemos?. Una Aproximación Científica Al Aprendizaje y La Enseñanza*. Graó.
- Schiff. (2021). Out of the laboratory and into the classroom: the future of artificial intelligence in education. *AI Society*.
- So, H.-J., & Brush, T. A. (2008). Students perceptions of collaborative learning, social presence and satisfaction in a blended learning environment: relationships and critical factors. *Computers & Education*, 51(1), 318-336.
- Squire, L. R. (1998). Episodic memory, semantic memory, and amnesia. *Hippocampus*, 205-211.
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: a brief history and current perspective. *National Library of Medicine*, 171-177.
- Tansley, D. &. (1993). Knowledge-Based Systems Analysis and Design: A Kads Developer's Handbook. *British Computer Society practitioner series*, Prentice Hall.
- Tartir, S., Arpinar, I., Moore, M., Sheth, A., & Aleman-Meza, B. (2005). OntoQA: Metric-Based Ontology Quality Analysis. *IEEE Workshop on Knowledge Acquisition from Distributed, Autonomous, Semantically Heterogeneous Data and Knowledge Sources*, 45-53.
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: from mind to brain. *Annu Rev Psychol*, 1-25.
- Ullman, M. T. (2016). The Declarative/Procedural Model. En *Neurobiology of Language* (págs. 953-968).
- VanLehn. (2011). The Relative Effectiveness of Human Tutoring, Intelligent Tutoring Systems, and Other Tutoring Systems. *Educational Psychologist*, 46:4, 197-221.
- Yao, H., Orme, A., & Etkorn, L. (2005). Cohesion metrics for ontology design and application. *J. Comput. Sci.* 1 (1), 107-113.