

Técnicas de Realidades Virtual, Aumentada y Mixta Aplicadas a la Investigación y Docencia Universitaria en el ámbito de la Física.

José Daniel Sierra Murillo^a

^aUniversidad de La Rioja; Departamento de Química; Área de Física Aplicada; Complejo Científico-Tecnológico; C/ Madre de Dios 53; 26006-Logroño; daniel.sierra@unirioja.es.

Cdiut cev'

Vj g'kpeqtr qt cvkqp' qh'lj g'pgy "cwf kqxlwcn'vgej pqrqi { "vq'vj g'equgw'uqekn'lkgrf "cnqy u" { qw'vq'wug" { qwt "lc o kktct kf" cpf "gcuf "ceegui" vq" vj g"t guctej "cpf "vgej kpi "f kuekr kpgu" qh'rgct pki "kp" vj g" wpxgt ukf' O'Kp "rct vkwrcr. "k'ku' qh'wo quw'ko rqt vpep' lqt "vj g"Vgej kpi "Kp qxcvkp" Rt ql gev' VR+ " cfft guugf "kp" vj ku' f gwo gpv' ÷ Xk wcn" Cwi o gpvgf "cpf "O k zgf "T gcrkkgu" Vgej pks wgu" Cr r kgrf "vq" Wp kxgt ukf' "T guctej " cpf " Vgej kpi " kp" vj g" lkgf " qh' Rj { ukeuö' K' j cu" i t gcv' cf xcpwi gu" lqt " vt cklpi lrgct pki " gur gekn' " lqt "vj g"rcu" i gpgt cvkpu. "uq" lc o kktct " y kj " cni' nkp u' qh' cwf kqxlwcn' vgej pqrqi { O'Qdxkqur. "kvt qf vewt { "eqo r rgo gpv' vq' vj g' lkgf " qh'ur gekte " eqo r gvpeku' ct g' pggf gf " uq' vj cv'lj g' hwpf co gpwrl' vt cklpi " cpf " o gcpki hwlrgct pki " qd' lgevkxg' eqo gu' vq' " l' wklkp O' Hqt " vj ku' k'ku' pgeguict { "vq" j cxg' c" i qaf " kplqt o cvkqp' dcug' qp" Rj { ukeu' vt gcvf " vj tqwi j " Xk wcn" Cwi o gpvgf " cpf " O k zgf " T gcrkkgu" Vgej pks wgu. "kp" qf gt "vq' dg' c dng' vq' ugrgev' vj g' cr r t qrt kvg' kplqt o cvkqp' cpf " r xgn' kp" gcej " qh'lj g' VR' lnci gu' Vj ku' dcug' ku' l' wuegr vdrng' vq' g' xqmwkqp' cpf " ko r t qxgo gpv' h' l' wlkkgpv' vq' qu' " cpf " npqy rgi g' ct g' cxc kcdng' O' Kp' c' f f k kqp. "k' y kn' d' g' r quakng' vq' i gpgt cvg' pgy " r t qegf wt gu' dcugf " qp' vj g' ut gpi vj u' cpf " y gcnpguug' cr r t gekvfg " kp' vj ku' VR O'

Mg' y qf u' Xk wcn' Cwi o gpvgf " cpf " O k zgf " T gcrkkgu" Vgej pks wgu = Wp kxgt ukf' T guctej " cpf " Vgej kpi = Vj gqt { " cpf " Gzr gt ko gpv' vkp' kp' Rj { ukeu = O g' j qf qrqi { " Hkr r gf " Ngct pki \$ = Xk wcn' Ur ceg' 5 Q O'

Tguwo gp''

Nc' kpeqtr qt cekp' f g' r' pwxg' vgepqrqi " cwf kqxlwcn' n' o dkq' uqekn' o " u' egtcpq' r gto kv' wkl' ct " uw' lc o kktct kf cf " { " l' eki' ceeguq' c " r u' f kuekr kpcu' kpxgwki cf qt cu' { " f qegpvu' f g' n' crt gpf k' clg' gp' r " wpxgt ukf' cf O'Gp " rct vkwrcr. " gu' f g' iwo c " ko rqt vpep' rct c " g' n' Rt qf gev' f g' " Kp qxcvkp " F qegpv' " RKF + " swg' ug' cdqf c " gp' g' n' r t gupvg' f g' wgo gpv' < ÷ V² epkecu' f g' " T gcrkf cf gu' Xk wcn' " Cwo gpvcf c " { " O k zc " Cr ikecf cu' c " r " Kp xgwki cekp' " { " F qegpek " Wp kxgt ukct k " gp' g' n' o dkq' f g' r " H' l' kcc ö O' V kpgg' i t c p f gu' xgpwlcu' rct c " r " lqt o cekp' krt gpf k' clg' uqdt g' vqf q' rct c " r u' " Anko cu' i gpgt cekp' gu. " vcp " lc o kktct kf cf cu' eqp' vqf q' vkr q' f g' vgepqrqi " cwf kqxlwcn' O' Gxlf gpvgo gpv. " ug' pgeguicp' eqo r rgo gpvqu' kvt qf vewt kqu' c n' o dkq' f g' r u' eqo r gvpeku' gur ge' l' kecu' rct c " s' w' g' n' l' d' l' g' kvxq' hwpf co gpwrl' hto o cvkxq' { " f g' crt gpf k' clg' uki p' h' kcc v' kxq' n' gi w' c " dwgp' r wgt vq' O' Rct c " guq. " gu' pgeguict kq' eqpvt " eqp' wpc' dwgpc " dcug' f g' " kplqt o cekp' uqdt g' " H' l' kcc " vt cvf c " o g' f kcpvg' V² epkecu' f g' " T gcrkf cf gu' Xk wcn' " Cwo gpvcf c " { " O k zc. " eqp' g' n' qd' l' g' v' f g' r qf gt " ugrgeekpct " r " kplqt o cekp' " { " p' k' g' n' c' f g' w' c' f q' u' gp' ecf c " wpc' f g' r u' g' v' c' u' f g' n' RKF O' F lej c " dcug' gu' l' wuegr vdrng' f g' g' xqmwkqp' " { " o glqt c " uk' ug' ewgpc' eqp' j gt t c o kgpvcu' " eqp' qeko kgpvqu' wlkkgpvu' O' C f go " u. " ugt " r quakng' i gpgt c t " pwxqu' r t qegf ko kgpvqu' dcuf qu' gp' r u' lqt vrgl' cu' { " f g' d' k' kf cf gu' crt gekf cu' gp' gw' RKF O'

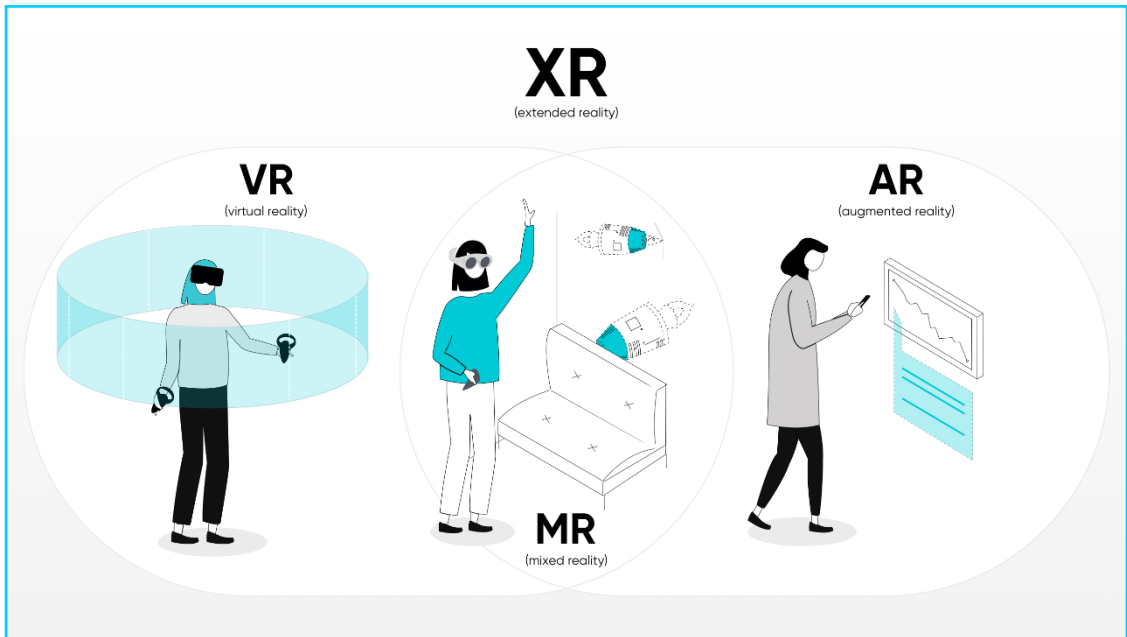
Rc' rdt cu' er' xg' < V² epkecu' f g' " T gcrkf cf gu' Xk wcn' " Cwo gpvcf c " { " O k zc = Kp xgwki cekp' " { " F qegpek " Wp kxgt ukct k = Vgqt " f " { " Gzr gt ko gpv' ekp' gp' " H' l' kcc = O g' vqf qrqi " f " ö Hkr r gf " Ngct pki ö = Gur cekq' Xk wcn' 5 Q O'

Introducción

El ámbito de la investigación y la docencia universitaria en el tiempo que nos ha tocado vivir necesita imperiosamente herramientas visuales/audiovisuales para utilizar/trasmitir/intercambiar información de manera significativa y eficiente. Porque las últimas generaciones, o *knppkcu* y *igpgtcek»p*\, están compuestas por personas acostumbradas a relacionarse cada vez más de manera visual/audiovisual. (Cabero, Barroso y Llorente, 2019; Lorenzo Lledó, 2019)

Esto no quiere decir que las herramientas tradicionales (documentación textual y/o codificada matemáticamente) sean menos útiles y eficientes. De hecho, seguiremos utilizándolas pues, entre otras cosas, siguen siendo muy eficientes en la programación de diversos sistemas con funcionamiento automatizado e incluso alguno, de manera autónoma.

Por ello, el propósito de este proyecto de innovación (Técnicas de Realidades Virtual, Aumentada y Mixta Aplicadas a la Investigación y Docencia Universitaria en el ámbito de la Física) (Figura 1) tiene como objetivo principal introducir las mencionadas Técnicas de Realidades Virtual, Aumentada y Mixta (TRVAM) a los procesos de formación para la Investigación Básica y Aplicada en Física, así como a otros procesos de impartición de Docencia Universitaria relacionada con la Física Esta metodología puede contribuir a un mejor aprendizaje significativo del comportamiento de los sistemas físicos, tan necesario, entre otras, para las personas relacionadas con la aplicación tecnológica de los conocimientos básicos/fundamentales relacionados con ella, la Física. (Cabero, Barroso y Llorente, 2019; Lorenzo Lledó, 2019)



Hli wt c'30Xkuk»p'gus wgo "wec'f g'hqu'wr qu'f g'Tgcnkf cf gu'Xk wcn'Cwo gpwfc' l' 'Okw'OGrléqplwpvq'f g'vqf cu'gnr u'ug'f gpqo kpc"
Tgcnkf cf 'Gzvqpf kf c0'Hwgvq <Ncwt c' 'O qt crgu'F' g| +'

En la actualidad es muy habitual la utilización de diferentes técnicas relacionadas con las Realidades “Virtual”, “Aumentada” y “Mixta”, así como con el concepto “Inmersión” en dichas realidades, aunque no siempre todos estos conceptos son bien entendidos. La “Inmersión” (I) es un término procedente de la industria del cine y significa introducirse por completo en otro mundo de manera virtual. En el contexto de la realidad virtual, la inmersión se produce cuando el usuario se olvida de que está en un mundo artificial e interactúa con el mencionado entorno virtual. Con el término “Realidad Virtual” (RV) es un concepto

genérico que hace referencia a contenidos que puedan reproducirse mediante dispositivos digitales, gafas de realidad virtual, smartphones, etc. Por ejemplo, películas grabadas con cámaras de 360° o simulaciones interactivas en 3D, como las incluidas en diversos juegos, son ejemplos de esta tecnología que permite al usuario sumergirse en una RV. La “Realidad Aumentada” (RA) es una tecnología que permite aprovechar contenidos virtuales como complementos al mundo físico real. A diferencia de la actualidad, las primeras aplicaciones ejecutadas en smartphones simplemente mejoraban la imagen de la cámara con una capa de información. Sin embargo, ya en 2016, el proyecto *Vcpi q de I qqi ng combinó jctfyctg y uqhyctg* en los nuevos *uoctrvj qpgu*, con sensores adicionales (emisor y cámara de infrarrojos, GPS, brújula, giroscopio, cámara, etc.) que permitían captar y procesar, por ejemplo, la posición exacta dentro de un espacio 3D. Aquí se abre una puerta a su aplicación en el ámbito de la Física. En cuanto a la “Realidad Mixta” (RM), se hace referencia a vídeos en los que se combinan y superponen secuencias en tiempo real dentro del contenido de realidad virtual. Este resultado se consigue mediante la grabación del objeto y/o persona, etc. reales que deban estar dentro de un entorno imaginario mediante la “tecnología de pantalla verde”. La cámara real se complementa/conecta con la cámara virtual, de tal forma que las personas que están en el espacio físico real pueden observar lo acontecido en la realidad virtual paralela. (Akçayır, 2017)

A lo largo de la Historia de la Humanidad, la Experimentación Científico-Tecnológica ha demostrado su beneficio para la mejora del Progreso Científico-Tecnológico de la Sociedad Humana. Ya desde el siglo XVII, se venían efectuando en diversos ámbitos como academias, sociedades científicas e, incluso, espacios de acceso a todo tipo de personas. Por supuesto, ha sido de gran utilidad por su carácter instructivo y de aproximación a la senda de la experimentación básica y aplicada. Instituciones como la universidad, institutos de investigación, etc. pueden encontrar en ella una herramienta de gran interés docente, investigador y, por qué no, a la de su aplicación científico-tecnológica. Sin embargo, aunque existen países de nuestro entorno que han visto en ella su gran interés (González y Wagenaar, 2003; Wagenaar, 2018), en nuestro país el Proyecto Tuning de Física necesita un mayor acercamiento a la práctica docente generalizada, incluso con una perspectiva de iniciación a la experimentación científica y su aplicación tecnológica. No obstante, debe valorarse el trabajo realizado en diversos entornos universitarios españoles, entre los que cabe destacar el llevado a cabo en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universitat de València (Ferrer, 2018). En este proyecto vinculado con la Física, hay involucrada una vasta comunidad universitaria entre profesores y alumnos, incluidos alumnos de Máster.

Aunque cada vez ocurre menos en nuestro país, sigue sucediendo que cierto alumnado universitario de grados relacionados con Ciencia Fundamental y su Aplicación Tecnológica llegan por vías curriculares en las que su formación en Física es muy mejorable. Sucede, sobre todo, en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria, pero también en los cursos de Bachillerato. A veces, una inadecuada elección de asignaturas, condiciona negativamente la capacitación del mencionado alumnado para abordar los estudios universitarios antes mencionados. Conviene también remarcar lo conveniente de aconsejar al alumnado de Institutos de Enseñanza Secundaria (IES) sobre la matriculación en ciertas asignaturas indispensables en ciencia y tecnología. Aunque no siempre sea posible dicha adecuada selección de asignaturas en todos los IES españoles, siempre conviene realizarla dentro de una cierta flexibilidad dada la incertidumbre que a veces vive el alumnado e, incluso, el profesorado e instituciones públicas y privadas. En muchos casos, a esto se une la imposibilidad de plasmar de manera experimental lo poco o mucho aprendido desde una perspectiva teórica muy necesaria en el laboratorio de su IES. El que el mencionado alumnado pueda diseñar un experimento, más o menos sencillo, relacionado con la materia tratada de manera teórica, le abre puertas, no solo a un mejor entendimiento de los fundamentos de la citada materia, sino de posibles mejoras y nuevos retos relacionados, en mayor o menor medida, con el primer experimento. No solo tiene que ver con la mejora del aprendizaje, sino con una nueva *ōo kcf c"j cek "cf grpvg" *K F- kō*, también con una mejora de *"Nc'Rgtur gevkc'Ekgpvftec"* (Russell, 1981). Desde una perspectiva constructivista e intelectual,

la utilización de Experiencias en Física permite edificar todo un proceso cognitivo de observación racional, en la que es de gran interés que el alumnado pueda sacar conclusiones teórico-experimentales asociadas a los diferentes sistemas físicos estudiados inicialmente en el ámbito teórico. Todo esto es muy importante en la comprensión de la gran utilidad histórica del Método Científico. Sobre decir que este importante e histórico método utilizado en la investigación y el desarrollo de nuestra sociedad facilita al alumnado una gran mejora cualitativa en su formación. Sobre todo, por su participación de manera activa en su propio proceso de aprendizaje. Estas mejoras cualitativas se traducirán en sustanciales progresos en sus ámbitos profesionales, sea en la Investigación Básica y/o Aplicada, en el Emprendimiento Tecnológico, como en la Empresa, todos ellos fundamentales en una Sociedad del Siglo XXI. (Becerra, Ierache y Abasolo, 2019)

Como ya ha sido indicado arriba, las Técnicas de Realidades Virtual, Aumentada y Mixta pueden aplicarse en la Investigación Básica y Aplicada, el Desarrollo Tecnológico y la Formación relacionada con la Ciencia y la Tecnología. Todo ello, desde niveles iniciáticos hasta los más elevados como, por ejemplo, Trabajos Fin de Grado (TFG), Máster (TFM) y/o Doctorado. (Garay, Tejada y Maiz, 2017)

En la sociedad actual, en pleno siglo XXI, las herramientas de carácter virtual son cada vez más fácilmente accesibles para una gran mayoría de personas interesadas en ellas. Sobre todo, porque los medios (*uo'ct'w'j'q'p'g'u, w'd'g'w'u, etc.*) que permiten acceder a la mencionada realidad virtual cada vez son de más fácil disponibilidad. Además, porque disponen de características técnicas 5G que mejoran muy sustancialmente el manejo de la mencionada realidad virtual. La citada tecnología 5G permite acceder a dicha realidad virtual de manera cuasi-instantánea, con tiempos de latencia insignificantes en comparación con las tecnologías previas (4G, etc.).

No obstante, es importante/conveniente mantener y complementarla con la perspectiva científica tradicional, con la que la componente básica/fundamental de los principios y leyes científicas tratadas con la nueva tecnología pueda contrastarse la mejora de su comprensión. Más aún, una adecuada utilización de las TRVAM puede facilitar un mayor acercamiento a los sistemas físicos reales que nos rodean, pero a los que es complicado acercarse por el alejamiento de nuestras percepciones sensoriales habituales de un ser humano. Estas limitaciones sensoriales de cualquier ser humano pueden minimizarse y/o salvarse mediante un adecuado uso de estas TRVAM, teniendo cuidado de no perder en su utilización la calidad de correlación entre la realidad virtual y la realidad.

Se conoce suficientemente que la calidad docente en la universidad, sean enseñanzas científicas, técnicas, etc., así como la mejora del proceso de aprendizaje por parte del alumnado, se puede obtener mediante métodos activos. (Alba, J., Torregrosa, C. y Del Rey, R., 2015) Queda claro en lo expuesto anteriormente que la propia naturaleza de la experimentación física posibilita y facilita la participación activa del alumnado, así como su participación individual y/o como miembro de un grupo de trabajo con el que colaborar en todo el proceso de aprendizaje. En este punto conviene recordar que se está trasladando una parte de la responsabilidad de su aprendizaje desde el profesor al alumno: Metodología "*H'k'r'g'f'N'g'e't'p'k'i*" (MFL), (Prieto, 2017 y 2019). Por experiencia del que suscribe, muy interesante cuando se complementa con el manejo de las TIC dentro de un Espacio Virtual 3.0 (EV-3.0). Las Webs 3.0 también se han venido a denominar *Y'g'd'u* semánticas (W3C, 2013). (Figura 2)



Hki wt c "40Xlulop'gus vgo " vkec'f'g'rc'Y gd'5Q0*Hwgpvg<I qqi rg'Y gd'5Q+ "

Este EV-3.0 se utiliza cada vez más en nuestra sociedad. Es como una autopista dentro de *κpvt pgv* que proporciona una serie de herramientas de gran interés científico-tecnológico para el alumnado del que se habla en este proyecto. También para que instituciones, empresas, etc. puedan compartir información muy diversa. (Mora H., Azorín, J., Jimeno, A., Sánchez, J. L., Pujol, F., García, J., Serra, J. A., Morell, V., Rives, M. F., Saval, M., García, A. y Orts, S., 2016) Este concepto de *Y gd* semántica constituye un complemento de la *Y gd* tradicional. En él, la información se dispone de manera estructurada para permitir una ágil y eficiente consulta y acceso, tanto por humanos como por máquinas (Silva, J. M., Mahfujur, A. S. Md. y El Saddik, A., 2008; Nacer y Aissani, 2014).

En cuanto a la educación superior, ésta ha evolucionado hacia objetivos presentes y futuros dentro de un sistema formativo de una sociedad moderna y cambiante en muchos y diversos ámbitos (González Mariño, 2008; Ortega, 2018):

- Evolucionan los procesos de aprendizaje, desde los entornos presenciales tradicionales hacia otros más actuales y diversos.
- Existe una creciente demanda de mayor diversidad en las competencias específicas y transversales (Bolonia, 2009), así como de que se amplíe la oferta de formación continua sobre diferentes tipos de habilidades (informáticas, etc.) necesarias en los mencionados procesos de aprendizaje.

Los espacios de aprendizaje han evolucionado y las instituciones educativas también. Todo ello ha hecho que deban reajustar sus sistemas de intercambio de información y su comunicación con la comunidad educativa. Cambios que traen consigo nuevas estructuras organizativas, con características modulares, flexibilidad y mayor capacidad de intercambio de información sobre entornos reales y virtuales. Entre otras, flexibilidad en sus procedimientos y en su estructura administrativa, de acuerdo a las necesidades de una nueva sociedad. (Ortega, 2018) En la actualidad, estas instituciones tienen que responder a este desafío. Deben revisar sus referentes y promover experiencias innovadoras. Pueden apoyarse en las TIC, modernizar las estrategias docentes del profesorado y alumnado, entre otras cosas, para poder buscar, acceder, gestionar y compartir cada vez más información más o menos afín a las diferentes materias objeto de estudio, aprendizaje y experimentación. Todo esto forma parte de los procesos de mejora e innovación docente, investigadora, así como de su aplicación tecnológica y empresarial. (Mora H., Signes, M. T., De Miguel, G. y Gilart, V., 2015)

La universidad y su profesorado disponen de una experiencia en el ámbito de la enseñanza virtual en la que ha sido necesaria la participación activa de toda la comunidad universitaria. Además del correspondiente compromiso institucional con la Innovación Docente (ID) (Ramírez, 2018) y su puesta en valor al mismo nivel que la Investigación Específica (IE) tradicional en diversos ámbitos llevada a cabo por los mismos actores principales: Personal Docente-Investigador (PDI) y alumnado en sus diferentes etapas universitarias y/o empresariales. En la universidad actual se trabaja muy intensamente por y para dicha IE, algunas veces incluso en detrimento de la docencia y su innovación. Las razones parecen obvias: su ejercicio es más valorado en la mayoría de los ámbitos institucionales. Parecería más aconsejable una valoración más equilibrada de una y otra, más cuando dichos procesos de ID implican habitualmente una mejora de toda actividad universitaria. Tanto en la docente (enseñanza-aprendizaje) como en la futura investigación básica y/o aplicada, así como en las mejoras metodológicas, relativas a competencias y a diversas habilidades, de interés para las empresas en las que el mencionado alumnado desarrollará todo su potencial. También es importante recordar y valorar la formación fundamental en los primeros cursos de los diferentes grados. Ésta forma parte de una necesaria, amplia y sólida base para un afianzado crecimiento del aprendizaje/conocimiento de un alumnado del Siglo XXI. Formación fundamental con competencias específicas y transversales, así como habilidades, necesarias y relacionadas con el necesario afán de mejora profesional de los actores implicados: PDI, alumnado, empresariado, etc.

“Nqu'guw f kcpvgu' 'pq' uqrq' f g dgp' ugt' dwgpqu' eqp qegf qt gu' f g' ecf c' wpc' f g' r' u' b' cvgt kcu' ukpq' w' o dkp' f g dgp' f gur' ngi ct' q' t' cu' ewc n' kf cf gu' eqo q' r' r' et gc' w' x' kf cf. "gn' gur' f' kw' et' f' kēq' { "r' r' ecr cēkf cf "rct c' gn' crt gpf k' clg' eqpvkpwq' s' w' g' gu' c' u' qēkf cf "gp' r' r' ngp q' Uki r' q' ZZK' r' gu' u' q' n' kēkē": F ger' t' cēk»p' O w' p' f' k' n' r' c' t' c' r' "Gf wecēk»p' Uw' gt' k' q' t' gp' gn' Uki r' q' ZZK' (Granados, 2011) y F ger' t' cēk»p' f' g' D' q' r' p' k' 4242 (Bolonia, 2009).

Objetivos

Como ya se mencionó en la introducción de este PID, la investigación y la docencia universitaria actual precisa herramientas visuales/audiovisuales con el objeto de transmitir información de forma significativa y eficiente, sobre todo por el uso y costumbres de las nuevas generaciones. Éstas, *o kngppkēnu y/o i gpgt cēk»p' *, acostumbradas a relacionarse habitualmente mediante medios visuales/audiovisual, serán más fácilmente accesibles a través de estos medios de comunicación.

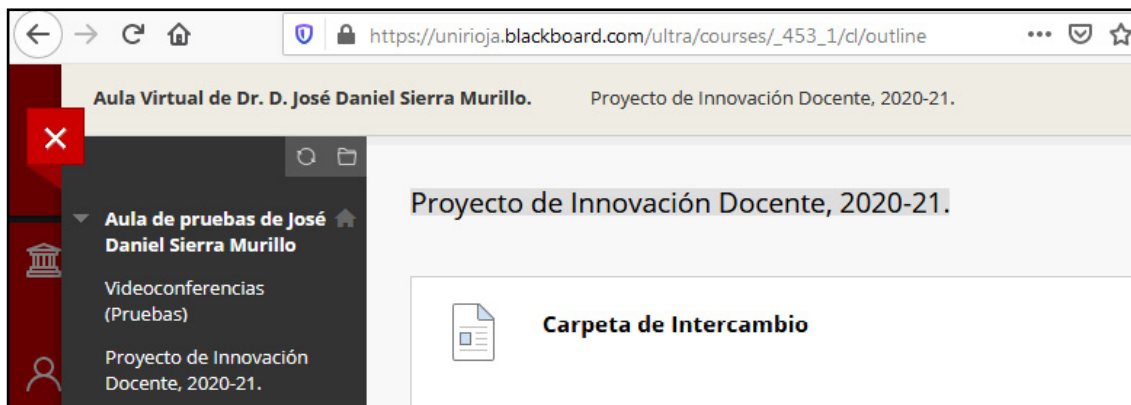
No obstante, los medios de comunicación tradicionales (documentación textual y/o codificada matemáticamente) debemos seguir considerándolos, sobre todo porque han sido, son y serán muy útiles en la transmisión pormenorizada de información de todo tipo. Por ejemplo, en la programación de autómatas.

Si bien, el objetivo fundamental de este PID es utilizar las Técnicas de Realidades Virtual, Aumentada y Mixta para aplicarlas a los procesos de Investigación Básica y Aplicada de la Física, así como a los correspondientes a la Formación Universitaria relacionada con la Física. En el caso que nos ocupa, para estudiantes de Ingeniería Industrial.

El mencionado uso de las TRVAM contribuiría a una importante mejora del aprendizaje mediante una comprensión más significativa de los sistemas físicos reales aplicados a la ingeniería. Esta mejora de los mencionados conocimientos fundamentales es muy importante para todas aquellas personas relacionadas con diversos ámbitos, científico y tecnológico, así como su utilización tecnológico-empresarial.

En el desarrollo del proyecto, se genera diverso material en el seguimiento del trabajo de preparación, previo a la utilización de las diferentes herramientas relacionadas con las mencionadas TRVAM: guías metodológicas, guiones adaptados a los diferentes experimentos físicos planteados, material audiovisual almacenado por los grupos de trabajo teórico-experimentales. Aunque dicho material, por razones obvias,

no es de acceso público, sí se puede indicar que su ingente y prolija cantidad y variedad necesitó de una Plataforma de Intercambio/Desarrollo Docente (*Drxendlqctf*) como la que se dispone en la Universidad de La Rioja: <https://unirioja.blackboard.com> (Figura 3). Todo esto permite al profesorado realizar un mejor seguimiento del trabajo individual y colaborativo, de tal forma que pueda efectuarse una mejor valoración del nivel de aprendizaje competencial de cada uno de los miembros de cada grupo de trabajo experimental, así como del grado de colaboración dentro de cada grupo.



Hki wtc '50Ecrwtc"fg"r cpcwnc"fg"rc"lqpc"fg"kpvgteco dlq"fg"grlCwnc"Xkt wcr10'

Debido al carácter multidisciplinar del proyecto, también se pretende como objetivo cercano conseguir adherir un número creciente de profesores afines a estas metodologías. A este objetivo puede ayudar el hecho de que la Física es una materia necesaria en todo tipo de disciplinas científicas y tecnológicas.

Como ya puede presuponerse de lo expuesto anteriormente, dentro del conjunto de objetivos de este proyecto es importante recordar la mejora de las competencias del trabajo individual y colaborativo del alumnado, así como de estos con el profesorado (Mazur, 1997). Sin olvidar el valioso apoyo de la mencionada MFL, y dentro del EV-3.0, metodología y espacio virtual muy utilizado por el autor del proyecto. Para un óptimo progreso del mismo, es muy interesante que el alumnado disponga/adquiera algunas habilidades informáticas complementarias a las de comunicación audiovisual ya expuestas, y que son de gran importancia en los entornos científicos, tecnológicos y empresariales modernos en pleno Siglo XXI. (Karpicke y Blunt, 2011; Deslauriers, L., Schelew, E. y Wieman C., 2011; Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith M. K., Okoroafor N., Jordt, H. y Wenderoth, M. P., 2014)

Finalmente, asociados a los objetivos previos, se alcanzan otros no menos importantes. Por ejemplo, la demostración de lo fundamental que resulta el uso de las TIC, no sólo en ambientes de ocio, sino también en otros vinculados con la formación y el aprendizaje universitario, aquí en un EV-3.0. Debe ponerse en valor también la puesta en práctica de una de las filosofías del proyecto Bolonia 2020, como es la evolución y mejora de los procesos de formación y aprendizaje.

Desarrollo de la innovación

Metodología

Dados los objetivos previstos, la metodología utilizada habrá de adaptarse a los mismos. Se comienza con la creación de pequeños grupos de trabajo, de 3-5 personas, con objeto de favorecer el trabajo colaborativo y cooperativo, sin olvidar la importancia de la responsabilidad individual dentro de dichos grupos de trabajo. Una vez generados los mencionados grupos de trabajo, se repartirían responsabilidades dentro de los mismos: 1) responsable principal para la organización de la gestión dentro del grupo, 2) responsable/es de la búsqueda de información relativa a cada temática a tratar, 3) responsable/es de la adaptación de esta información a la nueva tecnología utilizada en este PID. En este ámbito del PID, es conveniente una revisión periódica (p.e., cada semana) del trabajo realizado por cada grupo mediante la exposición del mencionado trabajo al resto de los grupos de trabajo. Esa información inicial y la adaptada a las TRVAM se compartirá con el profesor a través del EV-3.0. Dada la versatilidad de este entorno virtual, puede utilizarse un Aula Virtual de la universidad a la que pertenecen los profesores y el alumnado participantes en el proyecto, sobre todo, porque para poder llevar a cabo el desarrollo de este proyecto innovador es de gran interés un entorno virtual de acceso compartido. (Figura 3) Esta zona de intercambio administrada por el profesor permite intercambiar con cada uno de los grupos de trabajo el material necesario inicialmente, además del obtenido y adaptado por cada uno de ellos en el PID. Además, facilita posibles mejoras de los procesos *kpkel'vtequ*, ya que, al poder supervisar en detalle y compartir todo el proceso de preparación por los diferentes profesores y miembros de cada grupo de trabajo sin tener que reunirse de manera presencial, se agilizan y optimizan todas las Fases del PID que se indican más adelante. Debe recordarse que, como ya se indicó anteriormente, el alumnado al que va dirigido, Ingeniería Industrial, facilita la incorporación y utilización de este tipo de herramientas: TRVAM. Además, aunque el número de estudiantes era numeroso, la realización del trabajo teórico-práctico y del experimental en grupos reducidos, facilitó mucho la tarea.

También se puede estandarizar el proceso de intercambio, para que se permita generalizar y extender el uso de diversas plataformas informáticas, con el objetivo de compatibilizar los trabajos autónomos y colaborativo del alumnado en el proceso de preparación del trabajo previo mediante la arriba mencionada MFL sobre el EV-3.0, metodología y espacio virtual muy utilizado por el autor del proyecto con excelentes resultados. Como ya se ha indicado arriba, todo lo anterior debe conllevar una mayor facilidad de intercambio comunicativo entre los profesores implicados en este PID y el alumnado implicado en el mismo. Parte de ese entorno virtual podría estar formado por la Plataforma Virtual de la Universidad de La Rioja (Figura 3). También podría formar parte de dicho EV-3.0 cualquier sistema de intercambio de información virtual actual o que pueda surgir en cualquier momento: *YjcuCrr* (foros, grupos, etc.), diversas redes sociales, etc.

Planificación y cronograma del proyecto

La metodología empleada en este tipo de aprendizaje se va a basar en la distribución del proceso en varias fases: Fase 1, correspondiente a la introducción de la metodología que se empleará en el proceso de aprendizaje a través de las TRVAM. Fase 2, en la que se pondrá en práctica estas TRVAM en el proceso de aprendizaje seleccionado: Física desde diversas perspectivas como, por ejemplo, investigación básica y/o aplicada, innovación docente, etc. Fase 3, que servirá para obtener conclusiones sobre los resultados del aprendizaje descrito anteriormente, pero mediante la utilización de las TRVAM.

Hcug³ <Kpm qf wcek>p'vgepqrni kec lo gvxf qnri kecO'

Durante el comienzo del proceso de aprendizaje, se utilizarán varias sesiones de introducción a la tecnología vinculada con las TRVAM que tengan previsto utilizarse más adelante. Esta introducción tecnológica/metodológica irá acompañada de casos prácticos relacionados con alguna temática propia del tipo de aprendizaje específico relacionado las diversas perspectivas de la Física aplicada a la ingeniería.

Conviene recordar también que esta fase es importante, no solo para introducir al alumnado en los aspectos vinculados con la tecnológica/metodológica de trabajo en el desarrollo del PID. De hecho, durante los primeros días de la impartición de la disciplina de Física correspondiente (investigación básica y/o aplicada, innovación docente, etc.), el profesor propondrá a cada grupo de trabajo teórico/experimental una tipología de experiencias para su estudio y preparación mediante la MFL. Cada grupo, a través del EV-3.0, podrá acceder a la información relativa a la materia a tratar: diversa documentación, referencias, etc. Es sumamente interesante que cada grupo de trabajo teórico/experimental complemente la citada información con otra obtenida por ellos. Esto les puede ser de gran utilidad en el aprendizaje de las búsquedas bibliográficas contrastadas de forma autónoma (competencia transversal), colaborativa y, también, con ayuda del profesor.

Hcug⁴ <Kpewt uk>p'gp'gn'crt gpf k c lg'gur ge'fkeq'f g'rc'H'fkec'c'it cx² u'f g'rcu"TRVAMO'

Una vez adquiridos los conocimientos necesarios para el adecuado manejo de la tecnología de acceso a la Realidad Virtual y/o Aumentada, se pasa a su aplicación para el aprendizaje de las diferentes temáticas de la Física que se pretende abordar. En función de la tipología temática y del nivel de profundización en los mismos (Grado, Máster, Doctorado, etc.), es conveniente disponer de diferentes niveles dentro de las herramientas de Realidad Virtual y/o Aumentada. Además de la correspondiente tecnología informática y audiovisual adecuada a las mencionadas necesidades demandadas, todo ello, para una mejor disponibilidad y ágil manejo de las mencionadas TRVAM. En la actualidad, un claro ejemplo de mejora lo proporciona la tecnología 5G, cada vez más accesible para casi todo el mundo.

A lo largo de esta segunda fase, cada grupo de trabajo teórico/experimental podrá seguir consultando cualquier duda (específica de la materia, metodológica, etc.) con el profesor mediante consultas presenciales/virtuales, y, por supuesto, con sus compañeros. El objetivo fundamental de esta fase es, a través de la aplicación de las TRVAM, poder transmitir de manera más cercana al espacio físico real un mejor conocimiento significativo relativo a la Física específica tratada en los diversos ámbitos de aprendizaje en los que pueda ser de utilidad: Investigación Básica y/o Aplicada, Innovación Docente, etc. Asimismo, poder detectar más fácilmente defectos y fortalezas teórico/experimentales en el alumnado, como individuos y/o como miembros de un grupo de trabajo teórico/experimental. De esta manera, aumenta significativamente la eficacia y la calidad en el trabajo individual y en grupo, así como el aprendizaje específico de la Física de los sistemas físicos reales.

Hcug⁵ <Grc dqt cek>p'f g"wpc"O go qt kc"eqp"nqu" T guwncf qu'f grl' Crt gpf k c lg" Gur ge'fkeq"eqp"rc" Pwgcx" Vgepqrni f' IO gvxf qnri f' O'

En la elaboración de la memoria de resultados del aprendizaje específico con la nueva Tecnología/ Metodología en Realidad Virtual es de gran interés realizar una comparativa con la Tecnología/ Metodología Tradicional. No solo en lo relativo a aspectos cuantitativos (p.e., calificaciones), sino, sobre todo, a aquellos aspectos cualitativos relacionados con la calidad del aprendizaje significativo

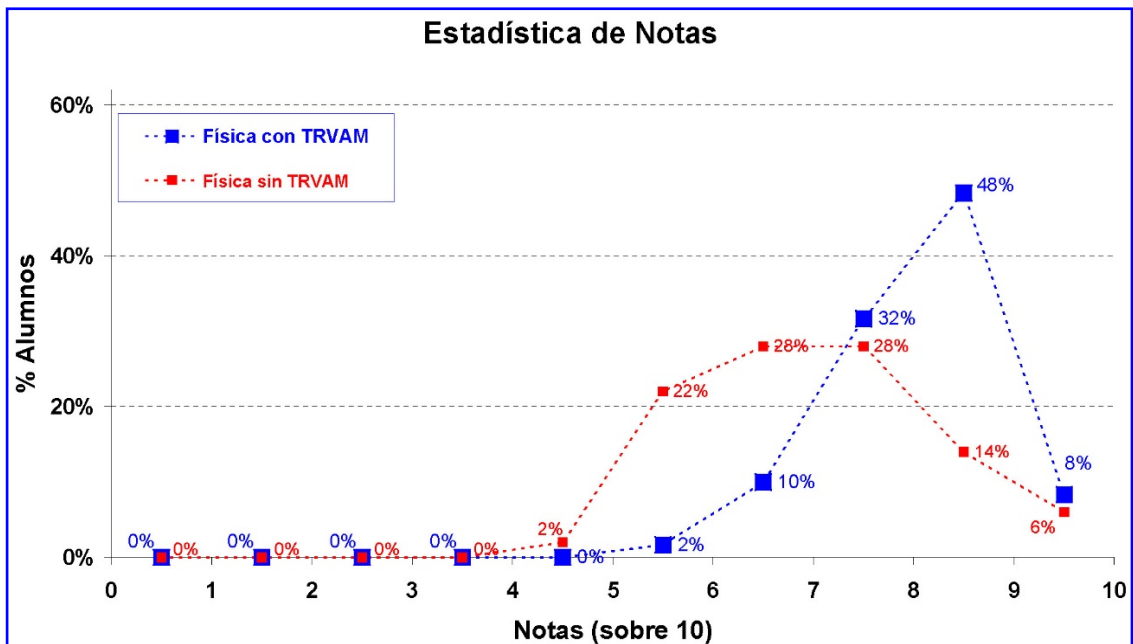
que, obviamente, estará relacionado íntimamente con los mencionados resultados académicos. A la memoria tradicional es importante complementarla con el correspondiente fichero audiovisual: mini-vídeo y/o vídeo, mezcla de realidad virtual y real, compuesto de un conjunto de los momentos más significativos de cada una de las Fases previas, con el objeto de poder comprobar la calidad y eficiencia de cada una de las etapas que dan lugar a la evolución adecuada del PID.

- ✓ Sucinta explicación eminentemente significativa de cada una de las etapas del proceso correspondiente al PID.
- ✓ Composición audiovisual mezcla de las actividades reales que dan como resultado al proceso del PID antes mencionado y las herramientas de realidad VIRTUAL utilizadas durante el proceso de aprendizaje.

La distribución temporal del proceso correspondiente al PID, o cronograma del desarrollo del mismo, se prorrateará de tal manera que cada una de las etapas temáticas quede repartida homogéneamente durante el semestre de desarrollo del PID. Es decir, en intervalos temporales aproximados de dos semanas, justo a la finalización de cada temática específica relacionada con Física tratada en el PID.

Resultados

Uno de los resultados emanados del proceso llevado a cabo en el presente PID, basado en Técnicas de Realidades Virtual, Aumentada y Mixta, es el hecho de la importancia de la utilización de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje y, en particular, en el ámbito universitario. No puede olvidarse aquí la ayuda eminentemente positiva para el autor, a lo largo de su trabajo en la universidad, de la MFL y de entornos tan fundamentales como, por ejemplo, los basados en el EV-3.0. Al mismo tiempo, el perfil del presente PID conecta con la filosofía del proceso Bolonia 2020.



Hli wtc'60Guxcf f'fkec'f g'Pqwu'eqo rctcf c<H'fkec'0'eqp'VTXCO ö'xu0ö'ukp'VTXCO ö'0'

Como ya se indicó arriba, el alumnado al que va dirigido, Ingeniería Industrial, ha facilitado la incorporación y utilización de este tipo de herramientas: TRVAM. Aunque el número de estudiantes era numeroso, la realización del trabajo teórico-práctico y del experimental en grupos reducidos, facilitó mucho la tarea, dado que, al ser primeros cursos, el alumnado necesitaba más asesoramiento por parte del profesorado. Además, la cooperación en pequeños grupos de 2-3 personas ha sido (es) sumamente importante en el desenvolvimiento ágil y colaborativo entre personas desconocidas hasta entonces. Aquí debo recordar que las TIC son muy útiles, pero el contacto personal (con los 5 sentidos) hemos comprobado durante la Pandemia Covid-19 que es esencial: somos seres racionales con sentimientos humanísticos fundamentales en nuestra vida.

Por otra parte, y no menos importante, es muy interesante poner de manifiesto la mejora de los resultados (Figura 4), cualitativos: mejora del aprendizaje significativo; y cuantitativos: incremento significativo de sus resultados académicos; además de sus resultados en el ámbito colaborativo/grupal, resultados vinculados al hecho de su corresponsabilidad compartida entre los miembros de cada grupo de trabajo teórico/experimental. Todo ello, sobre cada una de las fases del proceso de aprendizaje, y que crea un efecto sumamente beneficioso en el grado de satisfacción del alumnado sobre las competencias específicas y transversales adquiridas en cada una de las etapas del PID, así como todas aquellas habilidades (por ejemplo, tecnológicas e informáticas) vinculadas al desarrollo del mismo.

Un importantísimo resultado del PID presente es el arriba mencionado material audiovisual, que pueda utilizarse en un futuro como testigo de la calidad y eficiencia del presente PID. A partir del cual, generar nuevos procesos de mejora basados en las fortalezas y debilidades apreciadas en este PID. Por todo ello, es muy interesante la gestación y desarrollo de una base logística de información audiovisual organizada sobre la base de los diferentes procesos evolutivos de los procesos de aprendizaje mediante las TRVAM de diversos trabajos Teórico-Experimentales en Física. Como ya se puso de manifiesto, aunque dicho material, por razones obvias, no es de acceso público, sí se puede recordar que su ingente y prolija cantidad y variedad necesitó de una Plataforma de Intercambio/Desarrollo Docente (*Dxvmdqctf*) como la que se dispone en la Universidad de La Rioja: <https://unirioja.blackboard.com> (Figura 3).

Conclusiones

Con base en lo anteriormente expuesto y los resultados obtenidos, se concluye que el presente PID produce:

- ✓ Una mejora significativa en la adquisición de conocimientos significativos en Física mediante las nuevas TRVAM. Como consecuencia, una clara mejoría de los correspondientes resultados académicos (Figura 4), en cantidad y, sobre todo, en calidad.
- ✓ Una estimable mejora del trabajo autónomo (responsabilidad personal) y colaborativo (corresponsabilidad) entre el alumnado y entre alumnado-profesor a través del EV-3.0. Las TIC son de suma utilidad... pero hemos podido comprobar también, que la componente personal/humana, más en las actuales circunstancias de Pandemia Covid-19, ha resurgido como un gran geiser, y ha puesto de manifiesto la importancia vital de dicha componente humanística en cualquier tipo de proyecto de colaboración entre personas de diferentes culturas, niveles económicos, mujer-hombre, etc.
- ✓ Un evidente progreso del alumnado en la utilización de:
 - La conexión entre plataformas informáticas (*jctfyctg* y *uqhyctg*) con sistemas audiovisuales.
 - Diversos sistemas audiovisuales utilizados para la transmitir y compartir la información relativa al proceso de preparación del posterior trabajo teórico/experimental en Física.

- ✓ Y, sobre todo, una clara mejora cualitativa/significativa del proceso de preparación/formación en Física (competencias específicas), y, como consecuencia, una mayor capacitación para asumir el reto del emprendimiento y la innovación en el ámbito de su dedicación profesional por parte del alumnado egresado: I+D+i, Empresa, etc.

Referencias

- AKÇAYIR, M. y AKÇAYIR, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Gf wecvkpcit' Tgugctej'' Tgxygy*, 20, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>.
- ALBA J., TORREGROSA C. y DEL REY R. (2015) Aprendizaje basado en proyectos: Primera experiencia en la asignatura de Física del Grado en Ingeniería de Telecomunicación, Sonido e Imagen. Universitat Politècnica de València, Congreso IN-RED 2015.
- BECERRA, M., IERACHE, J. y ABASOLO, M.J. (2019). Supervisión de sistemas mediante el uso de tecnologías de realidad aumentada en el contexto de industria 4.0. *ZZKY qtmij qr' f g' kpxguki cf qt gu' gp' Ekqpekcu' f g' r' Eqo r wcekp*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77052>.
- BOLONIA. (2009). The Bologna Process 2020 - The European Higher Education Area in the new decade. *Eqo o wplks w² qll'ij g' Eqplgt gpeg' qll' Gwt qr gcp' O' kplkwgt u' Tgur qpukdrg' lqt' J ki j gt' Cf wecvkqp*.
- CABERO, J., BARROSO, J. y LLORENTE, C. (2019). Augmented reality in university education. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 17(1), 105-118. <https://doi.org/10.4995/redu.2019.11256>.
- DESLAURIERS, L., SCHELEW, E. y WIEMAN C.. (2011). Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class, *Uekgpeg*, Vol. 332, pp. 862-864. DOI: 10.1126/science.1201783.
- FERRER, C. (Actualizado 2019) Demostraciones experimentales de Física para el aula. URL: http://fisicademos.blogs.uv.es/?page_id=29. Último acceso: 29/01/2020.
- FREEMAN, S., EDDY, S. L., MCDONOUGH, M., SMITH M. K., OKOROAFOR N., JORDT, H. y WENDEROTH, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics, *Rtqe' P' cvt' O' Cecf' O' Uek' WUC*, Vol. 111, pp. 8410-8415.
- GARAY, U., TEJADA, E. y MAIZ, I. (2017). Valoración de objetos educativos enriquecidos con realidad aumentada: una experiencia con alumnado de máster universitario. *Pixel-Bit. Tgxhac' f g' O' gf' kqu' l' Cf wecekp*, 50, 19-31. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2017.i50.01>
- GONZÁLEZ, J. y WAGENAAR, R. (2003): Tuning Educational Structures in Europe. Informe Final - Proyecto Piloto, Fase 1, Bilbao, Universidad de Deusto.
- GONZÁLEZ Mariño, J. C. (2008). TIC y la transformación de la práctica educativa en el contexto de las sociedades del conocimiento. *Tgxhac' f g' Wpkxgt ukctkc' f' Uekgkf cf' f' gn' Eqpqeko kgpvq* (RUSC). Vol. 5, n.º 2.
- GRANADOS, J. (2011). The Challenges of Higher Education in the 21st Century, *I WPK' Pgy urgwgt*, 5/11. <http://www.guninetwork.org/articles/challenges-higher-education-21st-century>
- KARPICKE, J. D. y BLUNT, J. R. (2011). Retrieval Practice Produces More Learning than Elaborative Studying with Concept Mapping, *Uekgpeg*, Vol. 331, pp. 772-775. DOI: 10.1126/science.1199327.
- LORENZO LLEDÓ, Alejandro y LORENZO LLEDÓ, Gonzalo. "Evolución de la aplicación de la realidad aumentada en educación". Roig-Vila, Rosabel (ed.). Investigación e innovación en la Enseñanza Superior. Nuevos contextos, nuevas ideas. Barcelona: Octaedro, 2019. ISBN 978-84-17667-23-8, pp. 1196-1207.
- MAZUR, E. (1997). *Rggt' k' p' ut' nev' k' p' < C' W' u' gt' ai' O' c' p' w' n* New York: Prentice Hall Series in Educational Innovation.
- MORA H., AZORÍN, J., JIMENO, A., SÁNCHEZ, J. L., PUJOL, F., GARCÍA, J., SERRA, J. A., MORELL, V., RIVES, M. F., SAVAL, M., GARCÍA, A. y ORTS, S. (2016). Nuevas tendencias *Y gd 3.0* para la mejora de los procesos docencia-aprendizaje. *k' p' q' x' c' e' k' p' p' g' u' o' gv' f' q' n' i' k' e' u' g' p' f' q' e' g' p' e' k' e' w' p' k' x' g' t' u' k' c' t' k' e' < t' g' u' m' n' c' f' q' u' f' g' k' p' x' g' u' k' i' c' e' k' p' p* (pp.1543-1558). Alicante: Universidad de Alicante, Vicerrectorado de Estudios, Formación y Calidad, ICE.
- MORA H., SIGNES, M. T., DE MIGUEL, G. y GILART, V. (2015). Management of social networks in the educational process, *Eqo r wgt u' l' p' J' w' o' c' p' D' g' i' c' x' k' q' t*, Vol. 51, Part B, pp. 890-895. DOI:10.1016/j.chb.2014.11.010.
- NACER, H. y AISSANI, D. (2014). Semantic web services: Standards, applications, challenges and solutions, *Lqwt' p' c' n' i' q' l' i' P' g' y' q' t' n' i' c' p' f' Eqo r wgt' C' r' r' i' k' e' c' v' k' p' u*, Vol. 44, pp. 134-151. DOI: 10.1016/j.jnca.2014.04.015.

- ORTEGA, J. A. (2018). Planificación de ambientes de aprendizaje interactivos *qp/vkpg*: Las aulas virtuales como espacios para la organización y el desarrollo del teletrabajo educativo. URL: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Antonio15. Último acceso: 29/01/2020.
- PRIETO MARTÍN, A. (2017-03-12). Decálogo de innovación metodológica para que los alumnos aprendan más y mejor en las asignaturas universitarias. <http://profesor3punto0.blogspot.com.es/2015/12/decalogo-de-innovacion-metodologica.html>. (2019-11-30) ¡La clase invertida funciona! <https://profesor3punto0.blogspot.com/2019/11/la-clase-invertida-funciona.html>. *Drqi "Rtq/hguqt "5Ø*. Último acceso: 29/01/2020.
- RAMÍREZ, M.S. (2018). *Oqf grqu"{"gwt cvgi kcu"fg"gpug° cp/cu"rctc"co dkgpvgu"lppqxcfq tgu*. Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey.
- RUSSELL, B. (1981, 6ª Ed.). *Nc "Rgtur gewxc "Ekgpv"kec*. Barcelona: Editorial Ariel.
- SILVA, J. M., RAHMAN, A. S. y EL SADDIK, A. (2008). Web 3.0: a vision for bridging the gap between real and virtual. *Rt qeggf kpi u"qh'j g"3w"CEO "Kpvt pcvkpcn"Y qtmij qr "qp"Eqo o wplecdkks" F giki p"cpf "Gxcnecvkqp"kp "Ewnwt cn" cpf "Geqni kecn"O wnko gf kc"U wgo u0*(pp. 9-14). New York: ACM.
- W3C. (2013). W3C Data Activity Building the Web of Data. URL: <https://www.w3.org/2013/data/>. Último acceso: 29/01/2020.
- WAGENAAR, R. (2018). Quality efforts at the discipline level: Bologna's Tuning process. En E. Hazelkorn, H. Coates and A.C. McCormick (Ed.), *Tgugctej "J cpf dqm'qp" S wcnk". "Rgt hqt o cpeg"cpf "Ceeqwpvc dkkk" "kp" J ki j gt "Gf wcnvkqp*, (pp. 275-289), Cheltenham, UK y Northampton, USA: Edward Elgar Publishing.