

Original

Los Juegos Serios, su aplicación en la Seguridad y Salud de los Trabajadores

Serious Games, their Application in the Health and Safety of Workers

Ciro Martínez¹, Ricardo Montero¹, Giovanni Arias¹, Mayra Alejandra Salcedo²

1. Universidad Autónoma de Occidente, Departamento de Operaciones y Sistemas. Colombia.

2. Centro de Biotecnología Industrial SENA – Palmira. Valle del Cauca. Colombia.

Recibido: 10-01-2019

Aceptado: 20-05-2019

Correspondencia

Ciro Martínez

Universidad Autónoma de Occidente, Departamento de Operaciones y Sistemas

Calle 25 #115-85. Cali, Colombia.

Teléfono: 57(2) 3188000

Correo electrónico: cmartinezo@uao.edu.co

Resumen

Introducción: La Seguridad Industrial es una de las áreas multidisciplinarias que más herramientas, técnicas y modelos poseen para intervenir las actuaciones o comportamientos humanos ante el riesgo y para ello de forma estratégica utiliza como fundamento la capacitación, el entrenamiento y aprendizaje permanente de las experiencias vividas. Uno de los aspectos esenciales para mejorar la efectividad de estas acciones es la introducción de tecnología virtual e inmersiva, como un recurso que permite mejorar la rapidez, ubicación y creación de escenarios complejos en los cuales se simulen situaciones muy peligrosas. Dentro de este contexto los juegos serios (SG) han ido ocupando importantes espacios en los procesos asociados con la inducción, la capacitación y el entrenamiento en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Objetivo: Revelar la amplia y versátil aplicación que vienen obteniendo los juegos serios en los diversos campos y enfoques que configuran el alcance de la Seguridad y Salud en el trabajo, resaltando sus beneficios y potencialidades.

Material y método: Revisión descriptiva y narrativa de la información que ha sido publicada a través de textos, revistas y congresos, sobre juegos serios entre los años 2005 y 2018, discriminado por los siguientes enfoques o campos del conocimiento: Seguridad y salud en el trabajo, juegos serios, multimedia, simulación y computación.

Resultados y conclusión: La aplicación de juegos serios se erige como una forma novedosa y efectiva para transformar y reemplazar de manera progresiva la formación tradicional de cumplir los procesos de inducción y entrenamiento, siendo de gran interés para industrias con procesos peligrosos, en especial del sector de la construcción y la industria química.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Una gran parte de los juegos serios aplicados a la Seguridad y Salud en el trabajo se han desarrollado entre los años 2005-2017, aunque es necesario mejorar la forma de evaluar la efectividad en la aplicación a mayor escala, entendiendo el proceso de aplicación con todos los recursos que deben comprometer los entrenamientos.

Med Segur Trab (Internet). 2019;65(255):87-100

Palabras clave: juegos serio, seguridad en el trabajo, gestión de riesgos, trabajo peligroso.

Abstract

Introduction: Industrial Safety is one of the multidisciplinary areas that have the most tools, techniques and models to intervene in actions or human behaviors against risk, using for this purpose strategically training and permanent learning as a basis for life experiences. One of the most essential aspects to improve the effectiveness of these actions is the introduction of virtual and immersive technology, allowing a speed increase, location and creation of complex scenarios in which very dangerous situations are simulated. Within this context, Serious Games (SG) have occupied important spaces in those processes associated with induction, training and coaching in Health and Safety at Work.

Aim: To reveal the wide and versatile application that Serious Games are being obtained in different fields and approaches that make up the scope of Health and Safety at Work highlighting their benefits and potentialities.

Material and methods: A descriptive and narrative review of the information published in texts, journals and conferences between 2005 and 2018 has been carried out on the following topics: Safety at Work, serious games, multimedia, simulation and computing.

Results and conclusions: The application of Serious Games in the processes of induction and training stands as a novel and effective way to transform and gradually replace the traditional training, being of great interest for industries with dangerous processes, especially of the construction sector and the chemical industry.

Although it is necessary to improve the effectiveness evaluation on a large-scale application understanding the application process with all the resources that must compromise the trainings, a large part of the Serious Games applied to Occupational Health and Safety have already been developed between the years 2005-2017.

Med Segur Trab (Internet). 2019;65(255):87-100

Keywords: serious game; safety at work; risk management; hazardous work.

Según la Organización Internacional del Trabajo¹ cada 15 segundos 153 trabajadores sufren un accidente laboral y uno de ellos muere. Esto representa 317 millones de accidentes anuales y una carga del 4 por ciento del producto interno bruto global anual.

Dentro del amplio número de estrategias que adoptan las compañías en el mundo para disminuir esta dramática situación, la capacitación es uno de los recursos clave para disminuir la siniestralidad producida por los riesgos relacionados con la Seguridad y Salud en el trabajo.

La búsqueda de nuevos modelos y herramientas para mejorar la efectividad de los procesos de inducción, entrenamiento y reentrenamiento de los empleados para un mejor desempeño de la Seguridad y Salud en el trabajo, como una forma de reemplazar la formación tradicional, atrae el interés y dedicación de ingenieros dedicados a la gestión de estos procesos. Sin embargo los desarrollos actuales en este campo se limitan en la mayoría de los casos al uso de lúdicas y juegos.

De acuerdo a Slavick et al.² consideran que “la enseñanza transformadora implica crear relaciones dinámicas entre profesores y estudiantes y un conjunto de conocimientos compartidos para promover el aprendizaje y el crecimiento personal de los estudiantes. Desde esta perspectiva, los instructores logran estos objetivos estableciendo una visión compartida para un curso, brindando experiencias de modelado y dominio, desafiando y animando a los estudiantes, personalizando la atención y la retroalimentación, creando lecciones experienciales que trascienden los límites del aula y promueven amplias oportunidades para la perfección y la reflexión”.

Las compañías y centros de investigación vienen desarrollando Juegos Serios aplicados a la Salud y Seguridad en el trabajo con el objetivo de superar las brechas de aprendizaje y limitaciones de los procesos cognitivos de las personas que se entrenan.

En el artículo se revisan los más recientes enfoques y tipología de Juegos Serios, construidos con tecnología Sandbox, con encapsulación de 4D (3D + tiempo) y los más tradicionales desarrollados con Motor de juegos 3D y escenarios Led, soportados en controladores de hardware y HMD (Oculus Rift).

LOS JUEGOS SERIOS

Según Graafland et al.³ los Juegos Serios se definen como “*aplicaciones informáticas interactivas... que tienen un objetivo desafiante, es divertido y atractivo, incorpora algún mecanismo de puntuación y proporciona al usuario habilidades, conocimientos o actitudes útiles en la realidad*”. El objetivo principal es el aprendizaje deliberado de nuevas habilidades y conocimientos: que mediante la repetición, permite a los jugadores convertirse en expertos.

Abordando este término de forma actualizada Zyda⁴ define primero «juego» y continúa desarrollando el concepto:

- Juego: una prueba física o mental, llevada a cabo de acuerdo con unas reglas específicas, cuyo objetivo es divertir o recompensar al participante.
- Videojuego: una prueba mental, llevada a cabo frente a una computadora de acuerdo con ciertas reglas, cuyo fin es la diversión o esparcimiento, o ganar una apuesta.
- Juego serio: una prueba mental, de acuerdo con unas reglas específicas, que usa la diversión como modo de formación gubernamental o corporativa, con objetivos en el ámbito de la educación, sanidad, política pública y comunicación estratégica.

Deterding et al.⁵ plantean que el concepto de “Gamificación” como término se origina en la industria de los medios digitales, y aunque su primera documentación se referencia desde el año 2008, empieza a ser reconocido de manera significativa a partir

del año 2010 como el uso de elementos de juego en contextos ajenos a los tradicionalmente relacionados con estas temáticas.

Existe cierto debate sobre si el término “Juego Serio” se puede usar de manera más amplia que la definición brindada por Clark Abt, para incluir los juegos utilizados para la educación sin estar diseñados para ese fin, como el uso de Juegos Comerciales o COTS (Commercial-Off-The-Shelf). Estos juegos son producidos con fines meramente recreativos, pero en ocasiones ofrecen un potencial valor educativo⁶.

En una redefinición de los Juegos Serios Ben Sawyer⁷, los consideró “*Cualquier uso significativo de los recursos de la industria de juegos computarizados cuya misión principal no fuera el entretenimiento*”.

Serious Games (SGs) juegos diseñados para un objetivo principal diferente del entretenimiento puro⁸ están recibiendo un interés creciente por la educación. Aprovechando las últimas tecnologías de simulación y visualización, los SG pueden contextualizar la experiencia del jugador en entornos desafiantes y realistas, apoyando la cognición situada⁹.

Enmarcados en el campo de los sistemas de información, los juegos serios se pueden abordar de una manera interdisciplinaria¹⁰. Al tratarse los Juegos Serios con un enfoque interdisciplinario, se pueden aplicar en ellos teorías de psicología, biología, ciencia cognitiva y sociología¹¹.

En resumen, los Juegos Serios son juegos que educan y entrenan a los jugadores para cambiar sus comportamientos¹², representando una combinación de “métodos y conceptos basados en juegos y tecnología de juegos (que) se combinan con tecnologías de la información y las comunicaciones, y otras áreas de investigación”¹³. De acuerdo a Mitgutsch¹⁴ se distinguen tres etapas de aprendizaje a través de juegos serios, la primera: en, la segunda: a través y, por último: más allá del juego.

ORIGEN Y APLICACIÓN DE LOS JUEGOS SERIOS

Dos cambios importantes contribuyeron al surgimiento de los Juegos Serios. En primer lugar, los rápidos desarrollos en el campo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y la evolución de la realidad virtual. En segundo lugar, la educación como práctica del siglo XXI en el contexto de una empresa centrada en el alumno y en el marco de una activa competencia e interactividad¹⁵.

El lanzamiento del juego America’s Army en 2002 por parte del ejército de EE. UU. fue considerado como el punto de partida en la evolución de los Juegos Serios.

El concepto de juegos con “intención seria” se está aplicando hoy dentro de un amplio conjunto de industrias, que incluyen la salud, defensa, educación, política, capacitación y ecología, con una gama muy diversa de enfoques. De acuerdo a De Wit-Zuurendonk et al.¹⁵ los Juegos Serios además de las aplicaciones anteriores se utilizan en las corporaciones, la aviación, el gobierno, la educación, la planificación urbana y sanidad. De acuerdo a Göbel et al.¹³. También en los simuladores para aprender el manejo de los trenes, o para aprender a manejar las grúas pórticos utilizadas en los puertos para el manejo de los contenedores de cargas. Los Juegos Serios se aplican a un amplio espectro de dominios que van desde la formación, la simulación, hasta la educación.

Como una de las consecuencias de lo anterior, se han utilizado una gran variedad de términos para describir algunas de estas intervenciones, que incluyen aprendizaje basado en juegos digitales, juegos de propósitos alternativos, juegos de diversión¹⁶ y juegos educativos y no hay definiciones o dominios específicos, los límites han sido acordados entre los profesionales de la industria o en la literatura académica¹⁷.

Otra área de aplicación de los Juegos Serios que en la última década ha comenzado a generar un importante atractivo para algunas compañías es la Seguridad y Salud en el

Trabajo, con un enfoque esencialmente dirigido a la educación y el entrenamiento en seguridad.

CARACTERÍSTICAS DE LOS JUEGOS SERIOS

Los Juegos Serios están diseñados para enseñar a los jugadores las habilidades cognitivas y psicomotoras que necesitarán dependiendo del campo. Las habilidades y el conocimiento son la esencia del juego, y los jugadores necesitan usar el conocimiento recién aprendido para completar el juego. Tome en consideración un simulador de vuelo, las aerolíneas comerciales tienen a todos sus pilotos entrenando miles de horas en simuladores de vuelo antes de que puedan volar un verdadero avión de pasajeros¹⁸.

Los juegos en general son óptimos para educar, entrenar y provocar un cambio en los comportamientos. Los Juegos Serios apelan a los aspectos que hacen efectivo el aprendizaje, como la repetición, el refuerzo, la asociación y el uso de los sentidos múltiples¹⁵.

En los Juegos Serios, la aplicación de habilidades y conocimientos aprendidos es un elemento clave. Los juegos tienen el potencial de hacer que el contenido académico y aprendizajes estén más centrado en el estudiante, sean más fáciles, agradables, interesantes y, por ende, el proceso más efectivo.

En el trabajo de Faria et al.¹⁹ se puede describir el desarrollo de los juegos, aunque su principal interés se centrara en los juegos de negocios. En la primera fase, se usaron juegos anotados a mano para transferir conocimiento y habilidades. En la segunda y tercera fases, se usaron más variables. En la cuarta fase, los juegos se ofrecieron a través de computadoras personales. Hoy en día, en la quinta fase, los juegos son ubicados en la web con opciones de tercerizar su propiedad, con formas comunes de ofrecer aplicaciones de aprendizaje.

Según Egenfeldt-Nielsen²⁰, el desarrollo de juegos de computadora desde la primera generación hasta las ciencias posmodernas, han estado definidos por juegos de tercera generación para la educación que se comportan como Juegos Serios y emplean realidades tridimensionales. En la primera generación, el maestro disponía de total autoridad y el alumno solo escuchaba. A medida que el aprendizaje se democratizaba, el docente se convertía en un facilitador del aprendizaje. Los estudiantes en el contexto educativo posmoderno construyen y rehacen el conocimiento por sí mismos.

De acuerdo a De Wit-Zuurendonk et al.¹⁵ la competencia, la incertidumbre de la información y la variedad de modos de entrenamiento, fueron las características del juego que permitieron involucrar a los jugadores, fomentando el aprendizaje y mejorando la motivación. El flujo, el compromiso y el atractivo del juego los hacen agradable. En términos más específicos, los aspectos competitivos, de entretenimiento y retroalimentación de los Juegos Serios permiten un aprendizaje efectivo. En comparación con el método tradicional de simulación, los Juegos Serios resultan más agradables y flexibles, móviles, baratos para distribuir en Internet, almacenables, escalables individualmente en relación con el desarrollo de habilidades y la creación de entornos de prueba rentables.

BENEFICIOS DE LOS JUEGOS SERIOS

De acuerdo a la teoría moderna del aprendizaje Connolly et al.²¹ los juegos en general son adecuados para el aprendizaje si estos se corresponden con los aspectos “*activo, experiencial, situacional, aprendizaje de problemas y (...) retroalimentación inmediata*” de aprendizaje.

Según revisión de diversas publicaciones Connolly et al.²¹ clasifica los principales resultados positivos de la aplicación de los Juegos Serios a partir de las siguientes dimensiones:

- aprendizaje y comportamiento y cambio de comportamiento;
- adquisición de conocimiento y comprensión de contenidos;
- habilidades perceptivas y cognitivas;
- habilidades motrices;
- habilidades sociales y psicológicas (afectivas y motivacionales);
- resultados fisiológicos;
- resultados (no) previstos.

Según Connolly et al.²¹ hasta en juegos que no han sido diseñados deliberadamente para mejorar el aprendizaje, se logró ese objetivo.

LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

La seguridad constituye una de las necesidades humanas esenciales, como postuló Abraham Maslow en su teoría de la jerarquía de necesidades. En el trabajo, la seguridad es la ausencia de lesiones debido a la interacción del empleado, el trabajo y el medio ambiente²². En un intento de satisfacer esta necesidad y presionados por la presión que ejercen las regulaciones nacionales e internacionales en el cumplimiento de las responsabilidades que atañen a los empleadores en este sentido, las compañías diseñan políticas y cumplen estrategias orientadas a garantizar el trabajo seguro de las personas dentro de un contexto de mejoras permanentes de las condiciones físicas, mentales y emocionales de las personas.

La Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) debe ser una de las grandes preocupaciones para cualquier compañía, en especial aquellas que desarrollan procesos peligrosos o con un elevado potencial de provocar accidentes mayores. En todos los casos la capacitación se puede convertir en una de las estrategias clave para gestionar los riesgos en el trabajo, siempre que esta sea bien gestionada, con la garantía de una notable efectividad y coherencia con los requerimientos de conocimientos y habilidades que los sistemas de gestión de la SST demanden. Para conocer los resultados obtenidos a partir de las acciones de capacitación, se realizan evaluaciones a dichas acciones que permiten decidir si estas deberían continuar, si deberían modificarse y si están generando valor²³.

Hay que reconocer que con independencia a las limitaciones actuales para una evaluación efectiva de los procesos de capacitación cuando se trata del uso de juegos serios, existen algunos estudiosos del tema que aseguran que en muchos de estos procesos se ha adoptado un enfoque científico / cuantitativo, como lo definen²⁴.

Un concepto generalizado y de amplia aceptación fue el que aportó el modelo de 4 niveles desarrollado por Kirkpatrick²⁵.

- a) reacción (respuestas iniciales al entrenamiento en términos de utilidad percibida y satisfacción),
- b) aprendizaje (el conocimiento adquirido por los participantes);
- c) comportamiento (adaptando los contenidos de capacitación a los contextos organizacionales); y,
- d) resultados (las consecuencias que la capacitación podría tener en los trabajadores y, por lo tanto, en la organización, en el negocio).

Con relación a la seguridad un importante número de ingenieros vienen dedicando esfuerzos notables en diseñar atractivos procesos de aprendizaje por medio de los juegos serios, así como sistemas dedicados a evaluar la efectividad del proceso, tratando de

alcanzar el mayor nivel de impactos posible en cada una de las intervenciones organizacionales relacionadas con la SST.

Considerando que en la mayoría de las situaciones, es mejor ofrecer la capacitación fuera del sitio de trabajo para evitar exponer al trabajador a los riesgos existentes en el mismo, muchas veces es deseable una simulación de las situaciones reales que sirva como método en una capacitación de SST²⁶.

El objetivo de la investigación consiste en revelar la amplia y versátil aplicación que vienen obteniendo los Juegos Serios en los diversos campos y enfoques que configuran el alcance de la Seguridad y Salud en el trabajo, resaltando sus beneficios y potencialidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha realizado una revisión descriptiva y narrativa de la información que ha sido publicada a través de textos, revistas y congresos, entre los años 2005 y 2018.

Entre los eventos más importantes donde se abordaron diversos alcances y desarrollos sobre los Juegos Serios, resaltan: 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, CONVR (2013). The International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (2014). The Conference of the Canadian Society for Civil Engineering (ICSC). The European Conference on Modelling and Simulation (2012) and the Conference on Construction Applications of Virtual Reality, CONVR (2006).

Algunas de las revistas más destacadas en las cuales han sido publicados avances y aplicaciones de los Juegos Serios en los más diversos campos tienen que ver con los títulos siguientes: Multimedia and Hypermedia, Simulation & Gaming, Computers & Education, Automation in Construction, Entertainment Computing, Advanced Engineering Informatics, Journal of Obstetrics & Gynaecology, Accident Analysis and Prevention and the British Journal of Surgery.

Para el desarrollo de la búsqueda se consultaron bases de datos contenidas en:

<http://www.scirp.org/journal/home.aspx?IssueID=4891>

<http://www.scirp.org/Conference/PreviousConferences.aspx>

<http://www.uao.edu.co/biblio-revistas-electronicas>

De igual manera se adquirieron algunos artículos por concepto de préstamos interbibliotecas y gestión de compras que permitieron profundizar aspectos esenciales sobre las aplicaciones más reciente en los Juegos Serios, sus dimensiones y el amplio potencial de desarrollo en la SST.

Las palabras claves que guiaron la búsqueda fueron: Juegos Serios, y su asociación a los diversos alcances y campos de acción de la Seguridad y Salud en el trabajo, tales como:

- Identificación de peligros y evaluación de riesgos.
- Entrenamiento en prácticas de trabajo seguras.
- Simulacros de evacuación.
- Inducción en seguridad.
- Seguridad industrial y actividad de construcción.

Entre los criterios de inclusión y exclusión aplicados a las revisiones bibliográficas se incluyeron los que identificaban las mismas con los temas enunciados, con el soporte de juegos serios, se excluyeron sin embargo la asociación de estos temas con lúdicas, juegos y prácticas que se demarcaban del uso de videos o ambientes de trabajo virtuales.

Entre los criterios que crearon la diferencia o forma de discriminar las referencias encontradas, resaltaron los que asociaban las publicaciones a las revistas con un mejor

ranking o eventos de carácter internacional con un énfasis más especializado en los campos de multimedia, simulación y realidad virtual.

La exploración según especialización de las fuentes consultadas se inició por Juegos Serio, sus características de diseño y asociación con cada uno de los creadores, en no pocos casos hubo que buscar y contrastar información en más de un artículo o evento internacional donde había sido publicado el juego por primera vez.

De la bibliografía revisada la cual supera los 122 artículos, 21 textos diferentes a artículos y al menos 8 resúmenes de publicaciones realizadas en eventos, se pudo concluir que existen al menos 30 tipos de Juegos Serios aplicados a la SST que han sido terminados y publicados en revistas, textos y eventos de carácter internacional. Hubo más de 34 publicaciones que fueron necesarias excluirlas por su énfasis específico en temas de capacitación y entrenamiento referidos a la salud pública y no a la salud en el trabajo.

En la revisión no siempre se encontró información detallada de los Juegos Serios con aplicaciones a la SST, como son los casos de aquellos que se han desarrollado entre los años 2016 y 2017, en los que se aplica realidad virtual para el entrenamiento en tareas donde se requiere una buena comunicación y predominan demandas de procesos cognitivos como: la atención, el aprendizaje, la percepción, la metacognición, entre otras.

La información encontrada se ha logrado organizar en una tabla donde se le ha dado una prioridad respecto a la fecha en que fue publicada y se ha asociado en cada caso con la tecnología empleada para su desarrollo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aplicaciones de Juegos Serios en la Seguridad y Salud en el trabajo

La aplicación de juegos serios en los procesos de inducción y entrenamiento debe asimilarse como una de las formas más renovadoras para transformar la formación tradicional, y en tal sentido al generalizarse viene despertando un gran interés en los últimos años, en especial dentro del sector de la construcción y la industria química.

Según la revisión de los juegos existentes por los autores de este artículo, los logros actuales en esta área se han centrado principalmente en una capacitación estructurada por escenarios donde los alumnos interactúan dentro de un entorno dinámico, definido por opciones discretas para cada una de las secciones del juego. Es nuestra opinión que este enfoque puede presentar limitaciones en términos de variedad y cantidad de habilidades que los alumnos pueden aprender, así como en los enfoques limitados de los entornos donde se toman las diversas decisiones.

En la [tabla 1](#) se exponen las aplicaciones de juegos serios más significativas en el campo de la SST, que incluyen desde los proceso de identificación de peligros y evaluación de riesgos, hasta la planificación de respuestas para mitigar riesgos o impactos que ocasionan los accidentes.

Los Juegos Serios en lugar de centrarse en los resultados de la exposición a riesgos de accidentes relacionados con tareas específicas, han sido mayormente dirigidos a intervenir en el modelo mental que aplica un empleado para abordar tareas generales, entornos y situaciones donde debe tomar decisiones o desarrollar un comportamiento de trabajo específico, considerando que la investigación se centró principalmente en encontrar las soluciones virtuales caracterizadas por escenarios guiados (escenarios led).

Como se afirmara hace solo algunos años por algunos autores, “A pesar de la disponibilidad de una variedad de motores de juegos basados en 3D que permiten el desarrollo de juegos basados en Sandbox, los esfuerzos actuales todavía están enraizados en el diseño basado en escenarios”³⁴.

Tabla 1. Relación de Juegos Serios dirigidos a la SST

Alcance, sector y enfoque del Juego Serio	Tecnología	Fuente
Desarrollo de un sistema de entrenamiento virtual para operaciones de excavación en la construcción.	Motor de Juegos-Unity 3D	Wang et al. ²⁷
Desarrollo de realidad virtual basada en escenarios (SIMCON +) para investigar problemas de seguridad relacionados con la logística en los sitios de construcción, a saber: identificación de conflictos que pueden ocurrir en sitios de construcción entre instalaciones temporales, equipos, trabajadores y materiales.	Motor de Juegos-EON studio	Naji et al. ²⁸
Desarrollo de un juego serio para simulacros de evacuación en caso de incendios en edificios modernos.	Motor de Juegos-Source engine	Smith et al. ²⁹
Desarrollo de programas de capacitación en seguridad eléctrica en Virtual Environment, considerando las regulaciones de la Ley de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) y la práctica industrial.	Motor de Juegos-Torque 3D	Zhao et al. ³⁰
Desarrollo de un simulador para capacitación "ManuBuild Construction Site" para ser utilizado en la capacitación de gerentes de proyecto en nuevas habilidades basadas en las prácticas asociadas a Off-Site Production (OSP).	Cliente-servidor: base de datos relacional + Cortona VRMLclient	Petridis et al. ³¹
Desarrollo de un módulo de entrenamiento en el sitio de inducción para la integración de trabajadores en el trabajo de alturas en minas.	3D modelling packages 3D Studio Max and Maya.	Stothard et al. ³²
Desarrollo de un juego de seguridad de trincheras basado en un documento de capacitación sobre Seguridad de la Construcción de Ontario. Canadá.	Motor de Juegos-Microsoft XNA Studio	Dickinson et al. ³³
Desarrollo de un estudio piloto para la educación de la seguridad en la construcción.	Motor de Juegos-Torque 3D	Lin et al. ³⁴
Desarrollo de un juego de seguridad para la evacuación en casos de incendios, basado en datos BIM (desarrollado por Hartveld).	Motor de Juegos-Ogre 3D with Nvidia PhysX Module	Rüppel et al. ³⁵
Desarrollo de una solución prototipo en realidad virtual para la capacitación de profesionales de los Sectores de Arquitectura, Ingeniería y la Construcción, basada en prácticas Offsite production (OSP).	Entorno de entrenamiento de realidad virtual	Goulding et al. ³⁶
Propuesta de un sistema visual de evaluación de la seguridad para la identificación de peligros.	Motor de Juegos-Unity 3D	Li et al. ³⁷
Desarrollo de plataforma de entrenamiento en seguridad según tecnología a emplear en el Sector de la Construcción.	Dibujos en 2D para crear Simulaciones 3D	Guo et al. ²⁶
Entorno virtual multiusuario para capacitación y orientación sobre Salud y Seguridad a grupos de aprendices antes de ingresar al sitio de trabajo.	Motor de Juegos-Unity 4D (3D+time)	Miller et al. ³⁸
Simulacros de evacuación	Motor de juego Unity 3D	Ribeiro et al. ³⁹
Simulacros de evacuación	Motor de juego Unity 3D	Chittaro et al. ⁴⁰
Juego Serio para el entrenamiento en el proceso de inducción enfocado en la identificación de riesgos y la gestión de peligros a través de controles.	Unity 3D para iPad 2 a través de Internet y Apple AppStore.	Greuter, et al. ⁴¹
Simulacros de evacuación	Motor de juego Unity 3D	Maruejous et al. ⁴²
Simulacros de evacuación	Motor de juego Unity 3D	Silva et al. ⁴³

Alcance, sector y enfoque del Juego Serio	Tecnología	Fuente
Gafas de realidad virtual para entrenar a los trabajadores en la habilidad de identificar riesgos en el sitio de trabajo (sector construcción).	Combinación AR/VR	Carozza et al. ⁴⁴
Entorno de capacitación de seguridad para la identificación de peligros en la construcción y el reconocimiento de la gravedad, basado en escenarios de entrenamientos.	Combinación AR/VR	Chen et al. ⁴⁵
Intervención para reducir el estrés laboral y aumentar la participación en el trabajo	Combinación AR/VR	Wiezer et al. ⁴⁶
Reconocimiento de riesgos. Capacitar supervisores que trabajan en sitios de perforación de petróleo y gas.	Motor de juego simulación virtual 3D. Centro de entrenamiento Shell's	Mayer et al. ⁴⁷
Propuesta de una plataforma hiperinmersiva en ambiente de entrenamiento virtual de Sandbox para detectar peligros de Seguridad en entornos cada vez más complejos del sector de la construcción.	Ambiente de juego multiusuario – CryEngine.	Newton et al. ⁴⁸
Controladores de hardware y HMD (Oculus Rift). Plataforma OpenSim		
Entrenamiento de seguridad en la Construcción usando realidad virtual inmersiva.	Motor de juego Unity 3D, inmersivo en realidad virtual	Sacks et al. ⁴⁹
Metodología para el manejo del estrés laboral, enfocándose en la emoción, considerando las necesidades específicas de cada empleado.	Virtual and Augmented Reality (VR/AR) techniques Unity 3D	Lopes et al. ⁵⁰
Juégalgo de forma segura. Un Juego Serio enfocado en defensa de torres, que usa datos situacionales recopilados por los empleados, durante su trabajo diario, para impactar los parámetros del Video Juego.	Tableta táctil	Wartena et al. ⁵¹
Entrenamiento de seguridad en la construcción. Métodos para simular y visualizar escenarios de operación de construcción. V-SAFE.	Motor de juego simulación virtual 3D de alta fidelidad. Virtual Media	Ates et al. ⁵²
Empleo de realidad virtual para el aprendizaje de seguridad en actividades de la construcción e ingeniería, enfocados en la reducción de incidentes de seguridad asociados con factores humanos (comunicación) y de carácter cognitivos (distracción).	Motor de juego Unity 3D	Teizer ⁵³ Hilfert et al. ⁵⁴ Teizer et al. ⁵⁵ Ben-Alon et al. ⁵⁶

Fuente: Adaptada de Dawood et al.⁵⁷ & Kassem et al.⁵⁸

Los entornos de aprendizaje Sandbox, se basan en juegos no lineales, que determinan entornos virtuales interactivos donde los usuarios pueden participar en actividades que forman parte de la experiencia central de aprendizaje y en actividades secundarias que no tienen conexión directa con la experiencia central de aprendizaje y que contribuyen a mejorar la verosimilitud del entorno virtual desde la perspectiva del usuario. La amalgama del estilo de juego de Sandbox y el enfoque de modelado 4D es pertinente para proporcionar un juego serio en el que se considera el efecto del tiempo en la capacidad de los aprendices para detectar las debilidades del sistema en que se soporta el juego en lo relativo a la seguridad⁵⁷.

Las características y el uso de las aplicaciones de los Juegos Serios en el campo de la SST pueden resumirse en las siguientes:

- Entornos realistas para maximizar el impacto de la capacitación.

- Mejora de habilidades en operaciones poco frecuentes (es decir, paradas de emergencia o escenarios de accidentes).
- Evaluación de los procedimientos de operación y evaluación de los operadores.
- Ensayo de evacuación de instalaciones en situaciones de emergencia.
- Disminución del riesgo laboral.
- Posibilidad de integrarse en plataformas corporativas de capacitación (e-learning).
- Entrenamiento en un ambiente inmersivo con libertad de movimiento y simulación de acción.

Los alcances de los Juegos Serios en el campo de la Seguridad y Salud en el trabajo han estado limitados a:

- Entrenamiento en operaciones poco frecuentes o peligrosas.
- Simulación de operaciones de mantenimiento en áreas de alta radiación dentro de las Instalaciones Nucleares.
- La capacitación conjunta del personal de turno, mejorando la labor de coordinación y las comunicaciones entre las salas de control y los operadores de campo.

Tendencias de Juegos Serios en su aplicación a problemáticas de la SST

Más que las propias características físicas de los personajes, sus apariencias, la caracterización de su personalidad o acciones individuales, los juegos deben direccionarse a futuro en las interacciones complejas que pueden plantearse en el mundo laboral, en los entornos que determinan las relaciones laborales y que en gran medida determinan muchas de las buenas y malas decisiones que se adoptan en el campo de la SST.

En esta misma dirección opinamos que los juegos serios requerirán integrar cada vez más, el juego y la narración de historias que superan los retos del propio juego, y que aumentarían su potencial de involucrar más continuamente a los jugadores en la narrativa, proporcionando así una experiencia de mayor potencial inmersivo y de atracción.

Creemos que tendrá gran influencia a futuro la forma en que se transfiere y socializa el conocimiento tácito a las personas que son entrenadas en nuevos métodos, prácticas y forma de trabajo segura, el conocimiento reflejado en los juegos por medio de preguntas, escenarios y situaciones a atender, recogerán la experiencia de muchos especialistas que han obtenido valiosas enseñanzas prácticas personales que se expresan por medio del juego, y se socializan a otras personas por medio del mismo, la creación de empatía, atractivo y la exigencia de una práctica constante que permitirá alcanzar el propósito de enseñanza aprendizaje.

En un proceso de aprendizaje y perfeccionamiento de habilidades o procesos cognitivos que se involucran en el desarrollo de un trabajo seguro por medio de un juego serio, es imprescindible que se logre ante todo un proceso de adiestramiento del jugador que le permita adaptarse a las nuevas exigencias y funcionalidad de cada elemento a operar en el desarrollo del juego.

CONCLUSIONES

Los Juegos Serios aplicados a la SST además de brindar un número infinito de opciones para su desarrollo y expansión a los extensos alcances de la prevención, el aprendizaje inmersivo, de forma activa y lúdica, la disminución de los errores humanos en la seguridad, la transformación de los comportamientos y actitudes, el reconocimiento del peligro y evaluación de riesgos, simulaciones prácticas y análisis de procedimientos prácticos u operacionales en escenarios de procesos, poseen un singular potencial para ir reemplazando algunas de las técnicas de entrenamiento que hoy adolecen de atractivo y confianza para especialistas y trabajadores.

Diversos Juegos Serios aplicados a la SST se han desarrollado entre los años 2005-2017, pero hay necesidad de investigar sobre los procesos de evaluación de su efectividad en la aplicación a mayor escala, visto de forma integral con todos los recursos comprometidos en los entrenamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. International Labour Organization (OIT). Safety and Health at Work: 2018 [consultado 5 de Julio de 2018]; Disponible en: <http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang-es/index.htm>
2. Slavick G, Zimbardo P. "Transformational Teaching: The Theoretical Underpinnings, Basic Principles, and Core Methods." *Educational Psychology Review*. 2012; 24:569-608.
3. Graafland M, Schraagen J, Schijven M. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *British Journal of Surgery*. 2012; 99(10):1322-330.
4. Zyda M. From visual simulation to virtual reality to games, *Computer*. 2005; 38:25-32.
5. Deterding S, Dixon D, Khaled R, Nacke L. From game design elements to gamefulness: defining "gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments (MindTrek '11)*. ACM, New York, NY, USA; 2011. p. 9-15.
6. Fong G. Adapting COTS games for military experimentation. *Simulation & Gaming*. 2006; 37(4): 452-65.
7. Sawyer B. The "Serious Games" Landscape. Presented at the Instructional & Research Technology Symposium for Arts, Humanities and Social Sciences, Camden, USA; 2007.
8. Bellotti F, Berta R, De Gloria A. "Designing Effective Serious Games: Opportunities and Challenges for Research", *Intl Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, Special Issue: Creative Learning with Serious Games. 2010; 5(3):22-35.
9. Watkins R, Leigh D, Foshay R, Kaufman R. Kirkpatrick Plus: Evaluation and Continuous Improvement with a Community Focus. *Educational Technology Research & Development*. 1998; 46(4):90-96.
10. Webster J, Watson R. Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *Management Information Systems Quarterly*. 2002; 26(2):3.
11. Boyle E, Connolly T, Hainey T. The role of psychology in understanding the impact of computer games. *Entertainment Computing*. 2011; 2(2):69-74.
12. Thompson D, Baranowski T, Buday R, Baranowski J, Thompson V, Jago R, Griffith M. Serious Video Games for health: how behavioral science guided the design of a game on diabetes and obesity. *Simulation & Gaming*. 2010; 41(4):587-606.
13. Göbel S, Hardy S, Wendel V, Mehm F, Steinmetz R. Serious games for health: personalized exergames. In *Proceedings of the International Conference on Multimedia*; 2010. p. 1663-66.
14. Mitgutsch K. Serious learning in serious games. In *Serious games and edutainment applications*, London: Springer; 2011. p. 45-58.
15. De Wit-Zuurendonk L, Oei S. Serious gaming in women's health care. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*. 2011; 118 (3):17-21.
16. Sawyer B, Smith P. Serious Game Taxonomy. Paper presented at the Serious Game Summit. San Francisco, USA; 2008.
17. Djaouti D, Alvarez J, Jessel J, Methel G, Molinier PA. Gameplay Definition through Videogame Classification. *International Journal of Computer Game Technology*. 2008; (1): 1-7.
18. Crookall D. Serious Games, Debriefing, and Simulation/Gaming as a Discipline. *Simulation & Gaming*. 2010; 41(6):898-920.
19. Faria A, Hutchinson D, Wellington W, Gold S. Developments in Business Gaming A Review of the Past 40 Years. *Simulation & Gaming*. 2009; 40(4): 464-87.
20. Egenfeldt-Nielsen S. Third generation educational use of computer games. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*. 2007; 16(3):263-81.
21. Connolly T, Boyle E, MacArthur E, Hainey T, Boyle J. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*. 2012; 59(2): 661-86.
22. Lucas O. Health and safety policies. London: McGraw-Hill Inc.; 2001.
23. Mondy W. Administración de Recursos Humanos. México: Pearson Educación; 2010.
24. Fraccaroli F, Vergani A. Valutare gli interventi formativi. Carrocci Editore, Rome, Italy; 2004.

25. Kirkpatrick D. Techniques for evaluating training programs, *Journal of American Society of Training Directors*. 1959; 13(3): 21-26.
26. Guo H, Li H, Chan G, Skitmore M. Using game technologies to improve the safety of construction plant operations. *Accident Analysis and Prevention*. 2012; 48:204-13.
27. Wang X, Dunston PS. "Heavy Equipment Operator Training via Virtual Modeling Technologies", *Proceedings of the Construction Research Congress: Broadening Perspectives*, Iris D. Tommelein (Ed.), ASCE, San Diego, California, April 5-7; 2005. p. 618-22.
28. Naji K. New Trends in Construction Site Safety and Management Based on Virtual Environments, *Proceedings of the 6th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, CONVR 2006*, Orlando, Florida, USA; 2006.
29. Smith S, Trenholme D. Rapid prototyping a virtual fire drill environment using computer game technology, *Fire Safety Journal*. 2009; 44(4):559-69.
30. Zhao D, Lucas J, Thabet W. Using virtual environments to support electrical safety awareness in construction, *Winter Simulation Conference*, Austin, Texas; 2009. p. 2679-90.
31. Petridis P, Dunwell I, De Freitas S, Panzoli D. An engine selection methodology for high fidelity serious game. Paper presented at the games and virtual Worlds for serious applications (VS- games); *Second International Conference on*; 2010.
32. Stothard P, Van Den Hengel A. Development of serious computer game based training module and its integration into working at heights mine site induction-Part I. *Mining Technology*. 2010; 119(2):68-78.
33. Dickinson J, Woodard P, Canas R, Ahamed S, Lockston D. Game-based trench safety education: Development and lessons learned, In: *ITcon Vol. 16, Special Issue Use of Gaming Technology in Architecture, Engineering and Construction*; 2011. p. 119-34.
34. Lin K, Son J, Rojas E. A pilot study of a 3D game environment for construction safety education. In: *ITcon Vol. 16, Special Issue Use of Gaming Technology in Architecture, Engineering and Construction*; 2011. p. 69-84.
35. Rüppel U, Schatz K. Designing a BIM-based serious game for fire safety evacuation simulations. *Advanced Engineering Informatics*. 2011; 25:600-11.
36. Goulding J, Nadim W, Petridis P, Alshawi M. Construction industry offsite production: A virtual reality interactive training environment prototype, *Advanced Engineering Informatics*. 2012; 26(1):103-16.
37. Li H, Chan G, Skitmore M. Visualizing safety assessment by integrating the use of game technology, *Automation in Construction*. 2012; 22: 498-505.
38. Miller G, Dawood N, Kassem M. Building an Emergent Learning Environment for Construction Health and Safety by Merging Serious Games and 4D Planning. *International Conference Computing in Civil Engineering*; 2012. p. 129-36.
39. Ribeiro J, Almeida J, Rossetti R, Leca A, Coelho A. Towards a serious games evacuation simulator. *Proceedings 26th European Conference on Modelling and Simulation ©ECMS Klaus G. Troitzsch, Michael Möhring, Ulf Lotzmann (Editors)*; 2012.
40. Chittaro L. Passengers' safety in aircraft evacuations: Employing serious games to educate and persuade. In *Persuasive technology. Design for health and safety*. Heidelberg: Springer; 2012; p. 215-26.
41. Greuter S, Susanne T, Peterson JF, Boukamp F, d'Amazing K, Quigley K, et al. Designing a Game for Occupational Health and Safety in the Construction Industry IE '12 *Proceedings of The 8th Australasian Conference on Interactive Entertainment: Playing the System*. Auckland, New Zealand; July 21-22; 2012.
42. Maruejols S, Chopinaud C. IMOSHION: A simulation framework using virtual intelligent agents for workplace evacuation in case of emergency. In *Advances on practical applications of agents and multi-agent systems*. Heidelberg: Springer; 2013. p. 304-07.
43. Silva JF, Almeida JE, Rossetti RJ, Coelho AL. Gamifying evacuation drills. In *8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (p. 1-6). IEEE; 2013.
44. Carozza L, Bosché F, Abdel-Wahab M. Image-based location for an indoor VR-AR Construction training system, *Proceedings of the 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, CONVR 2013*. London, UK, 30-31 October; 2013; p. 363-72.
45. Chen A, Golparvar-Fard M, Kleiner B. SAVES: A safety training augmented virtuality environment for construction hazard recognition and severity identification, *Proceedings of the 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, CONVR 2013*. London, 30-31 October; 2013; p. 373-83.
46. Wiezer N, Roozeboom M, Oprins E. Serious gaming used as management intervention to prevent work-related stress and raise work-engagement among workers. In *Digital human modeling and applications in health, safety, ergonomics, and risk management. Human body modeling and ergonomics*, Heidelberg: Springer; 2013. p. 149-58.

47. Mayer I, Wolff A, Wenzler I. Learning efficacy of the 'hazard recognition' serious game. In *Serious games development and applications* (pp. 118-129). Heidelberg: Springer; 2013.
48. Newton S, Lowe R., Kember R, Wang R, Davey S. "The Situation Engine: A hyper-immersive platform for construction workspace simulation and learning", CONVR 2013. London, UK; 2013. p. 345-54.
49. Sacks R, Perlman A, Barak R. "Construction safety training using immersive virtual reality." *Construction Management and Economics*. 2013; 31(9):1005-17.
50. Lopes R, Cardoso A, Lamounier E, Lopes E. A Proposal for Stress Management Using Serious Games Associated to Virtual and Augmented Reality. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*. 2014; 12(3):01-07.
51. Wartena B, Kuipers D, Van Dijk H. *Play It Safe; A Situational Game for Occupational Safety*. Springer Science+Business Media Singapore; 2015.
52. Ates I, Comu S, Kavaklioglu C. 5th International/11th Construction Specialty Conference of the Canadian Society for Civil Engineering (ICSC) Vancouver, British Columbia; 2015.
53. Teizer J. Right-time vs. real-time pro-active construction safety and health system architecture. *Construction Innovation: Information, Process, Management*, Emerald; 2016. 16(3):253-80.
54. Hilfert T, König M. Low-cost virtual reality environment for engineering and construction, *Visualization in Engineering*. 2016; 4(2).
55. Teizer J, Green A, Hilfert T, Perschewski M, König M. Mobile point cloud assessment for trench safety audits. In *34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*. Taipei; 2017.
56. Ben-Alon L, Sacks R. Simulating the behavior of trade crews in construction using agents and building information modeling. *Automation in Construction*. 2017; 74:12-27.
57. Dawood N, Miller G, Patacas J, Kassem M. Combining Serious Games and 4D Modelling for Construction Health and Safety Training. Conference: 2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering; 2014.
58. Kassem M, Benomran L, Teizer J. Virtual environments for safety learning in construction and engineering: seeking evidence and identifying gaps for future research. *Visualization in Engineering*. 2017; 5(1):16.
59. International Labour Organization (OIT). *Safety and Health at Work: Hopes and challenges in development cooperation. The example of an EU-ILO joint project "Improving safety and health at work through a Decent Work Agenda"*. Geneva, Switzerland; 2013.