



Serie Proyectos de Investigación e Innovación

Superintendencia de Seguridad Social
Santiago - Chile

INFORME FINAL

**Desarrollo, implementación y evaluación de herramienta de realidad virtual
en capacitaciones preventivas de trabajadores expuestos a accidentes por
atrapamientos o corte de extremidades**

Juan Alfonso Reyes López
2019





SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD SOCIAL

SUPERINTENDENCE OF SOCIAL SECURITY

La serie Proyectos de Investigación e Innovación corresponde a una línea de publicaciones de la Superintendencia de Seguridad Social, que tiene por objetivo divulgar los trabajos de investigación e innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades del Trabajo financiados por los recursos del Seguro Social de la Ley 16.744.

Los trabajos aquí publicados son los informes finales y están disponibles para su conocimiento y uso. Los contenidos, análisis y conclusiones expresados son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente la opinión de la Superintendencia de Seguridad Social.

Si requiere de mayor información, sobre el estudio o proyecto escriba a: investigaciones@suseso.cl.

Si desea conocer otras publicaciones, artículos de investigación y proyectos de la Superintendencia de Seguridad Social, visite nuestro sitio web: www.suseso.cl.

The Research and Innovation Projects series corresponds to a line of publications of the Superintendence of Social Security, which aims to disseminate the research and innovation work in the Prevention of Occupational Accidents and Illnesses financed by the resources of Law Insurance 16,744.

The papers published here are the final reports and are available for your knowledge and use. The content, analysis and conclusions are solely the responsibility of the author (s), and do not necessarily reflect the opinion of the Superintendence of Social Security.

For further information, please write to: investigaciones@suseso.cl.

For other publications, research papers and projects of the Superintendence of Social Security, please visit our website: www.suseso.cl.

Superintendencia de Seguridad Social
Huérfanos 1376
Santiago, Chile.



Informe Final Proyecto

DESARROLLO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE HERRAMIENTA DE REALIDAD VIRTUAL EN CAPACITACIONES PREVENTIVAS DE TRABAJADORES EXPUESTOS A ACCIDENTES POR ATRAPAMIENTOS O CORTE DE EXTREMIDADES

Código: 215-2018

ASOCIACIÓN CHILENA DE SEGURIDAD

Yoy SpA

Juan Alfonso Reyes López
Diego Andrés Acevedo Giglio

Santiago, Chile Mayo-2019

Este trabajo fue seleccionado en la Convocatoria de Proyectos de Investigación e Innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades Profesionales 2018 de la Superintendencia de Seguridad Social (Chile) y fue financiado por la Asociación Chilena de Seguridad, a través de la Fundación Científica y Tecnológica (FUCYT-ACHS), con recursos del Seguro Social de la Ley N°16.744 de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales.

CONTENIDO

CONTENIDO	2
A. ANTECEDENTES DEL INNOVADOR	3
B. RESUMEN DEL PROYECTO.....	4
C. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	5
D. DEFINICIÓN DE PROBLEMA O DESAFÍO	7
E. MASA CRÍTICA PARA VIABILIDAD DE LA SOLUCIÓN	8
F. REVISIÓN DE LA LITERATURA O EXPERIENCIAS RELEVANTES.....	9
G. ETAPAS DEL DISEÑO DE LA INNOVACIÓN	10
H. DESARROLLO DE LA INNOVACIÓN	11
I. IMPLEMENTACIÓN Y PILOTOS	14
J. RESULTADOS PRELIMINARES.....	15
K. CONCLUSIONES.....	28
A. REFERENCIAS.....	30

A. ANTECEDENTES DEL INNOVADOR

Fundada el año 2013, Yoy es una empresa de Valparaíso que desarrolla sistemas, software y contenido para las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada, aplicado a la seguridad industrial, educación y capacitación. Actualmente nuestros productos son utilizados por grandes empresas, destacando Collahuasi, BHP SGO Project, Codelco División El Teniente, Chilquinta Energía y Melón S.A. Además de centros de educación como la Universidad Técnica Federico Santa María, AIEP, CFT UCE Valpo, entre otros. De estos productos destacan simuladores de maquinaria pesada, tales como el de grúa horquilla, grúa móvil, puente grúa, conducción de camión minero y variados proyectos de desarrollo a medida.

Por su destacado nivel de innovación, la empresa ha sido finalista de los premios Avonni 2015 y el 2017 fue en representación de nuestro país al evento “Saskatchewan Mining Supply Chain Forum”, realizado en Canadá.

Juan Reyes (juan.reyes@yoy.cl) es ingeniero Civil en Informática Magíster en Ciencias de la Ingeniería Informática Universidad Técnica Federico Santa María (2015). Es cofundador y gerente general de la empresa Yoy SpA , donde ha tenido experiencia recolectando requerimientos y conectando las necesidades del cliente con el equipo técnico para crear soluciones tecnológicas avanzadas, estando involucrado en decenas de proyectos relacionados con realidad virtual y aumentada. Ayudando a definir los alcances de los proyectos y realizando el seguimiento adecuado. Posee experiencia como desarrollador de software de simulación e investigador en áreas relacionadas con análisis automatizado imágenes digitales, permitiéndole aportar con una visión integral a proyectos de innovación.

Diego Andrés Acevedo Giglio (diego.acevedo@yoy.cl), Ingeniero Civil en Telemática y Magíster en Ciencias de la Ingeniería Telemática Universidad Técnica Federico Santa María (2011). Es cofundador de la empresa Yoy SpA e integrante clave del área técnica, ha tenido experiencia trabajando en decenas de proyectos relacionados con realidad virtual y aumentada, junto a grandes clientes tales como mineras, empresas de construcción, universidades y centros de capacitación. Tiene habilidades avanzadas en desarrollo de software, siendo parte del equipo que construye el entorno de desarrollo Yoy Engine, que ha permitido generar más de 6 simuladores de maquinaria pesada completamente creados en Chile y que aplican realidad virtual. Tiene experiencia en investigación en el área de redes ópticas con publicaciones en conferencias internacionales.

B. RESUMEN DEL PROYECTO

El diagnóstico del perfil epidemiológico de los accidentes laborales fatales en el periodo 2010-2017, señala que la tasa promedio de mortalidad en la Región Metropolitana es de 2,2 fallecidos por cada 100.000 trabajadores, con un 25 % de los casos de accidentes del trabajo ocurridos por atrapamientos y contacto con algún elemento.

Por otra parte, de los accidentes graves en el periodo 2010-2017 (sólo compendio del seguro de la Ley 16.744), la tasa promedio de accidentabilidad en la Región Metropolitana es de 36 accidentes graves por cada 100.000 trabajadores, concluyendo que el 38 % están relacionados con atrapamientos y contacto con algún elemento, donde en muchos casos los trabajadores sufren amputaciones. La capacitación tradicional (clase teórica) de temáticas de seguridad y salud en el trabajo, presenta importantes oportunidades de mejora, particularmente cuando va dirigida a trabajadores de áreas operativas. Actualmente cuando la persona observa una pantalla tradicional o una presentación en el formato de clase convencional, en todo momento puede desviar su atención, ya sea observando su celular, a su colega o simplemente mirando hacia cualquier otra dirección. En esta modalidad tradicional hay mucha información que no se logra transmitir de manera efectiva, lo que puede reducir la efectividad de las charlas o cursos, más aún cuando éstos tienen un fuerte contenido práctico. Dado lo anterior, para fortalecer la prevención de accidentes como los mencionados, se requiere probar nuevas herramientas, particularmente en trabajadores operadores de máquinas de empresas donde se concentran las amputaciones traumáticas. Las nuevas tecnologías como la realidad virtual empiezan a tomar más importancia que nunca en lo que respecta a la capacitación o entrenamiento del personal en diversas industrias; un entrenamiento en un escenario simulado y controlado puede reducir considerablemente el costo de los errores que podría cometer una persona al estar siendo capacitada para un trabajo, más aún cuando éste implica la exposición a peligros relevantes. En esta línea, la realidad virtual se perfila como una nueva forma de transmitir conocimiento vivencial, determinando qué es lo que el usuario observa y escucha, obteniendo una inmersión que permite evitar distracciones y focalizar la atención de las personas en las temáticas y acciones que se quiere enseñar; por esta razón ya se está utilizando en diversos ámbitos laborales (transporte, seguridad, construcción, minería, etc) y ha sido validada su efectividad en diversos estudios. Dado esto, la realidad virtual resulta una herramienta interesante de probar para el ámbito de la prevención de riesgos laborales, pues a través de ella podemos vivir –de manera simulada- accidentes y otras experiencias de alto impacto (como el corte, atrapamiento y/o amputación de alguna extremidad, a causa de la manipulación indebida de maquinaria), que permiten aprender y potenciar una conducta segura de los trabajadores, sin exponer a las personas a los riesgos reales.

Dado lo anterior, este proyecto busca mejorar la efectividad de las capacitaciones de SST, a través de la incorporación de herramientas de RV en los cursos definidos, favoreciendo la prevención de riesgos de los trabajadores expuestos. Lo anterior se realizará a través del diseño, desarrollo, implementación y evaluación de un curso de capacitación en SST donde se incorporan herramientas de realidad virtual.

En este contexto y en conjunto al organismo administrador, ACHS, se desarrolló una capacitación que incluye la inserción de una herramienta realidad virtual, que se integra a un curso tradicional. El curso se denominó “Principios de Seguridad en Maquina” que contiene los siguientes elementos:

- Etapa inicial introductoria: Apunta generar una primera toma de conciencia del trabajador respecto al tema.
- Primera simulación en realidad virtual: posiciona al trabajador en un entorno virtual simulado y 100% inmersivo, en donde se ubica al usuario a su primer día de trabajo a una planta industrial y que a causa de un acto inseguro, sufre la amputación parcial traumática en su extremidad superior. Luego de esta experiencia el trabajador adquiere un mayor nivel de conciencia y además empatiza viviendo él mismo la situación, generándose una emoción que es la que se espera, el trabajador recuerde.

- Continuación teórica: Repasa las 10 reglas de oro de seguridad en máquina
- Segunda simulación: realiza la misma actividad de la primera simulación pero ahora siguiendo todos los procedimientos para actuar de manera segura en la operación de la máquina, en este apartado se busca reforzar los contenidos del curso.
- Cierre del curso. En esta instancia se ejecutan dos evaluaciones:
 - Evaluación de Satisfacción: los asistentes evalúan la experiencia de la capacitación.
 - Evaluación de Aprendizaje: se evalúan los conocimientos adquiridos por los trabajadores en la capacitación.

El proyecto fue piloteado en 3 empresas, 4 plantas en total de las cuales tenemos a 2 Plantas de CMPC, Buin y Tilti, una planta de CCU y una de IMPERIAL, todas ellas, empresas que presentan una alta probabilidad de sufrir accidentes del trabajo ocurridos por atrapamientos y/o contacto con algún elemento.

C. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Las nuevas tecnologías abren opciones diversas que deben ser exploradas para aumentar la efectividad de la capacitación. Hoy en día, la realidad virtual empieza a tomar más importancia que nunca en lo que respecta a la capacitación o entrenamiento del personal en diversas industrias. Actualmente, estudios que relacionen esta tecnología de capacitación con la prevención de accidentes del trabajo son escasos. Esto abre la posibilidad de medir la efectividad de una herramienta de realidad virtual para la prevención de accidentes típicos de la industria, como es el corte, atrapamiento y/o amputación de alguna extremidad, a causa de la manipulación indebida de máquinas.

¿Qué es la realidad virtual?

La realidad virtual es una tecnología que se perfila como la nueva forma de transmitir conocimiento vivencial; puesto que determina por medio de un software desarrollado previamente, qué observará y escuchará el usuario, esto se logra a través de un visor especial que contiene pequeñas pantallas que permiten cubrir todo el campo visual del usuario, adicionalmente consta de un casco que lo sostiene y que viene integrado con audífonos. El dispositivo se conecta también con unos controles que en su conjunto permiten al usuario interactuar de manera natural en un entorno 100% virtual creado a medida, el usuario puede desplazarse, mirar a su alrededor e incluso utilizar sus manos para realizar actividades.

Cuando la persona observa una pantalla tradicional o una presentación, en todo momento puede desviar su atención, ya sea observando su celular, a su colega o simplemente mirando hacia cualquier otra dirección. Esta facilidad para huir del contenido presentando, podría tener un importante impacto en los resultados de todo curso o capacitación, reduciendo la efectividad de las charlas o cursos de seguridad.

Existen estudios que evidencian una mayor efectividad de las capacitaciones con RV al compararlas con las capacitaciones en formato tradicional. Una breve evidencia de ello aparece en la investigación titulada: Effectiveness of Virtual Reality in the Motivational Processes of Learners, donde se compara la capacidad para resolver un problema espacial con figuras geométricas de madera en el mundo real y una experiencia virtual inmersiva que plantea el mismo problema. Un estudio a mayor escala titulado: Effectiveness of virtual reality-based instruction on students learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis, revisa la efectividad de herramientas de

simulación y software en educación, concluyendo también su alta efectividad en comparación a los métodos tradicionales.

Cuando las personas son expuestas a un determinado contenido mediante realidad virtual, se eliminan completamente los distractores. Esto aumenta las probabilidades de que la persona efectivamente reciba la información. Adicionalmente, gracias al alto nivel de realismo que presentan actualmente los sistemas de visualización 3D, la persona incluso puede sentir como si estuviese en otro lugar e involucrarse con tal intensidad en la experiencia, que incluso puede sentir miedo u otras emociones, dependiendo del contenido desplegado.

En este tipo de capacitación podemos involucrar al trabajador en un entorno virtual donde, por ejemplo, pueda utilizar equipamiento de seguridad y explorar escenarios interactivos, con maquinarias y otros elementos, sin moverse de la sala de capacitación.

En este formato podemos reducir los costos, el tiempo requerido para la ejecución de la actividad y a la vez aumentar la calidad del proceso de aprendizaje. Hacer esto sin realidad virtual, requiere el acceso a equipamiento real o a la fabricación escenarios recreados, con un alto costo y un mayor riesgo. Por otra parte, si el entrenamiento ocurre en el trabajo, es más probable que existan daños materiales y accidentes laborales.

La realidad virtual es una tecnología sumamente intuitiva de utilizar, las actividades se realizan de forma similar al mundo real: usando manos, cuerpo, desplazándose, etc. Se disminuyen las barreras que pueda encontrar una persona que no tenga experiencia previa con tecnología y se aumenta la probabilidad de que variedad de personas puedan internalizar conocimiento mediante aprendizaje vivencial.

D. DEFINICIÓN DE PROBLEMA O DESAFÍO

Accidentes con lesiones graves o menos graves en manos

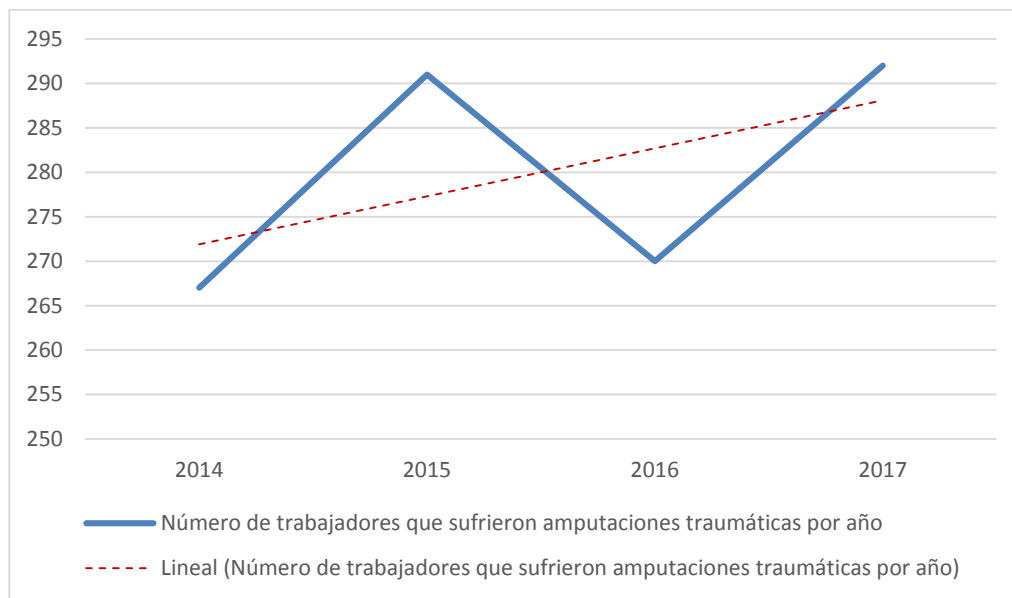
Las manos son la parte del cuerpo más expuesta a recibir lesiones en entornos industriales, es habitual que las personas sufran lesiones graves en sus manos por no respetar los protocolos de seguridad en los procesos de mantención o interacción con los equipos. Por ejemplo: realizar limpieza en los componentes sin adoptar los protocolos establecidos por el manual de fabricante; bloqueo de equipo, aislamiento del entorno, etc.

Los informes de accidentes confeccionados por ACHS, demuestran que los sectores industrial junto con comercio y retail, poseen los más elevados casos de amputaciones traumáticas.

En promedio, casi la mitad de estos accidentes ocurren por la intervención de los equipos con partes en movimientos, siendo los dedos de las manos las extremidades con mayor cantidad de lesiones.

En el siguiente gráfico es posible visualizar el comportamiento del número de accidentes laborales totales con resultado de amputaciones traumáticas durante los años. No se aprecia tendencia a disminución.

Número de trabajadores que sufrieron amputaciones traumáticas por año.



Fuente:: www.achs.cl

Existe una urgente necesidad de educar a los trabajadores acerca de los riesgos a los que están expuestos y cómo se debería actuar con el fin de reducir este tipo de accidentes.

Debido a la problemática detallada anteriormente, surge el presente proyecto de innovación que contempla el diseño, desarrollo e implementación de una experiencia en realidad virtual en donde el trabajador se ve inmerso en un escenario industrial y debe realizar una operación relacionada con tópicos relativos a la manipulación de elementos situados en una máquina. El sistema simula un accidente, para luego explicar sus causas y la forma de prevenirlo.

E. MASA CRÍTICA PARA VIABILIDAD DE LA SOLUCIÓN

Según información de ACHS (2017-2018), desde el 2016 hasta el 2018 se ha observado una clara tendencia al alza de los casos de amputados traumáticos (con 278 casos en 2016, 304 casos en 2017 y 351 casos en 2018). Según los datos de 2018 se observan las siguientes estadísticas:

- Aproximadamente el 85% de los casos se concentra en 5 sectores económicos: Industrial, Retail, Forestal maderero, Construcción y Agrícola.
- El 80% de los casos se concentra en 5 regiones: Región Metropolitana (RM), VIII, VI, V y X, siendo la RM la que aporta con el 47% de los casos.
- Las 6 clases de agentes que generan los accidentes contribuyen aproximadamente con el 82% de los amputados traumáticos; 55% de los casos se originan por el manejo de maquinarias y equipos, seguido por un 13% de los casos generados por objetos cuyo forma y peso producen aplastamiento, golpes, cortes.

Según su memoria anual integrada de 2017 (ver imagen siguiente), la ACHS tiene más de sesenta y cinco mil empresas asociadas, siendo más de veintinueve mil del sector Retail y más de diez mil trescientos del sector Manufactura; sólo en estos dos sectores económicos se contabilizan más de un millón de trabajadores. Si consideramos que los sectores en donde también está presente el problema de los accidentes con amputación traumática son, Agricultura, Construcción y Forestal, tenemos en total más de cuarenta y cinco mil empresas y más de un millón quinientos mil trabajadores. Con lo anterior, existe un interesante universo de empresas y trabajadores en que podría aplicar la solución de capacitación con RV, inclusive considerando (por ejemplo) que sólo un tercio de ellos podrían trabajar en áreas operativas y estar realmente expuestos a la problemática.

Empresas y trabajadores asociados a ACHS y desagregación por actividades económica



Fuente: Memoria integrada ACHS 2017.

F. REVISIÓN DE LA LITERATURA O EXPERIENCIAS RELEVANTES

Uso industrial de la realidad virtual

Según un [artículo](#) publicado en Forbes, las compañías de seguridad privada estadounidenses, utilizan simuladores de alto realismo para entrenar a su personal, añadiendo a la simulación factores que podrían ser imprevistos y motivo de distracción al momento de, por ejemplo, hacer una detención con armas de fuego. Un peatón histérico o ruidos ambientales son algunos de los posibles distractores, que se pueden incluir en la simulación en diferentes escenarios. Estas sesiones de entrenamiento previo alcanzan un mayor realismo que una sesión en un campo de tiros interior, según los mismos trabajadores, provocando incluso que el ritmo cardíaco se acelere.

En la industria del transporte público interurbano en Alemania, por medio de capacitaciones de realidad virtual, se han preparado más de 4000 trabajadores/conductores que se desempeñarán en diversas tareas operativas. La empresa a cargo, Siemens, admitió en entrevista publicada en la revista Forbes que se trata de una solución reducida en costos y segura, que permite a los operarios vivir en primera persona, escenarios realistas que podrían experimentar durante la operación en la vida real.

Estudios que respaldan la realidad virtual aplicada a prevención

Un estudio realizado en el año 2008, “Validation of virtual reality as a tool to understand and prevent child pedestrian injury”, valida una herramienta para concienciar a menores de edad sobre los riesgos en la vía pública como peatón y concluye que un entorno de realidad virtual inmersivo e interactivo, puede ser una metodología apropiada de investigación tanto etiológica (sobre la causa de accidentes peatonales), como de intervención, utilizándose para entrenar aspectos de salud y seguridad en peatones. Más recientemente, una investigación del año 2016 titulada “Using Immersive Virtual Reality to Reduce Work Accidents in Developing Countries”, estudia la aplicación de realidad virtual a la prevención de accidentes en el trabajo y concluye su positivo impacto en el comportamiento de las personas.

G. ETAPAS DEL DISEÑO DE LA INNOVACIÓN

Esta innovación se planteó conociendo los beneficios que ofrece aplicar realidad virtual al entrenamiento de personal. Primero se buscó una problemática de alta ocurrencia e importancia, para ello se discutió con experto de ACHS y se revisaron estadísticas. La temática de atrapamiento o corte de extremidades resultó ser la más adecuada. Luego se discutió acerca de cómo se podría crear una experiencia que genere un impacto en el usuario y la vez le deje una enseñanza. Se discutió una idea general, para la que posteriormente se generó un guion detallado que fue generado entre Yoy y ACHS en el cual se alinean las actividades, por un lado la parte teórica y por otro el desarrollo del software, luego pasar al diseño conceptual de la experiencia y posteriormente concretar su desarrollo.

- 1) **Fase 1** : Corresponde al desarrollo, diseño y elaboración de software propuesto. Se considera un proceso iterativo donde el software será validado internamente por la ACHS de manera tal de estar alineado al contenido teórico del curso.
 - Propuesta y validación de guion con ACHS.
 - Desarrollo de situación en realidad virtual.
 - Testeo de producto: prueba interna con personal de ACHS.
 - Ajustes: corrección de software acorde a resultados de pruebas internas.

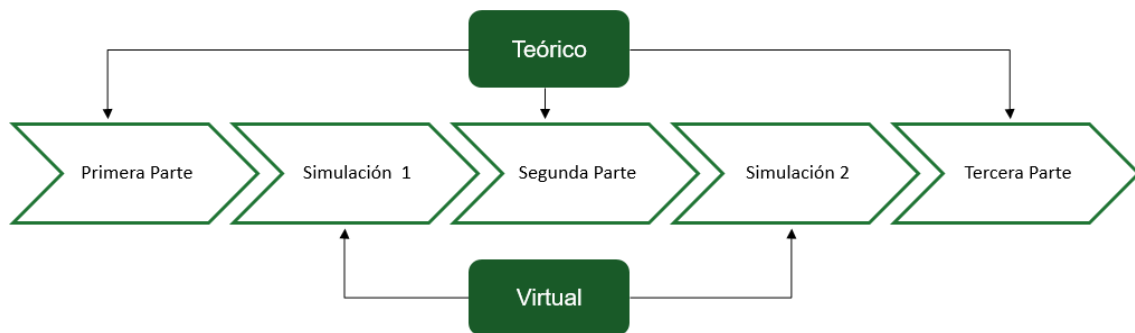
- 2) **Fase 2**: Corresponde al piloteo del curso, para ello se diseñaron 2 cursos en paralelo, por un lado el con realidad virtual y por otro el teórico, de tal forma que al final de la aplicación de ambos se puedan sacar conclusiones en base al contraste de ambos. El curso fue piloteado en 3 empresas, 4 plantas específicamente, considerando una muestra de 97 participantes.
 - Planificación actividad de capacitación.
 - Habilitación de software: instalación y prueba en equipos a ser utilizados en terreno, a cargo de OTECNYA, empresa partner del proyecto.
 - Implementación de la herramienta con alumnos reales.

- 3) **Fase 3**: Corresponde a la fase de comparar los resultados obtenidos en los pilotos, para ello se definió implementar una evaluación que persiga determinar los objetivos de aprendizaje del curso, se consideró una encuesta de evaluación online que se enfoca en la satisfacción y finalmente un tercer instrumento para evaluar efectos actitudinales frente al riesgo.
 - Diseño de instrumentos.
 - Aplicación de instrumentos de evaluación.
 - Análisis de resultados.

H. DESARROLLO DE LA INNOVACIÓN

La innovación de este proyecto radica en la integración de la tecnología de realidad virtual dentro de un curso sobre prevención y medidas de seguridad (específicamente, accidentes de amputaciones en el ámbito laboral), además de ver cómo esta integración genera un cambio tanto en la evaluación de la satisfacción de los trabajadores como en la evaluación del aprendizaje de ellos. Si bien el curso consta de 5 partes, 2 de ellas corresponden específicamente a la intervención de la realidad virtual, que busca por un lado generar la emoción en el colaborador y el reforzamiento de contenidos.

Diagrama de proceso del curso con realidad virtual.



Fuente: Elaboración Propia.

- 1) **Primera parte del curso:** La primera parte se enfoca en entregar contenido teórico con apoyo audiovisual que busca concientizar a los participantes de la gravedad de los accidentes de este tipo, así como demostrar lo cerca que se encuentran de esta realidad.
- 2) **Simulación 1:** La primera parte de la simulación considera un tutorial, en donde se le explica al usuario cómo usar el equipo de realidad virtual, recomendaciones de seguridad y el cómo interactuar con el mundo virtual usando sus manos. Luego del tutorial, se posiciona al trabajador en un primer día de trabajo en una planta industrial, donde van siguiendo las instrucciones de su jefe, quien le indica paso a paso las actividades a realizar en su primer día de trabajo. Es precisamente en esta secuencia de instrucciones donde se le indica al trabajador que debe retirar todas las cajas de una cinta transportadora, sin utilizar ni seguir de manera correcta todos los protocolos de seguridad, al hacerlo con la máquina en funcionamiento, el trabajador debe retirar cajas que se encuentran en un sector complicado de la máquina, donde finalmente sufre un accidente, perdiendo así parte de la mano que utilizó para dicha actividad.
- 3) **Segunda parte del curso:** En esta segunda parte se presenta el contenido teórico fuerte, específicamente las 10 reglas de oro para la manipulación de maquinaria.
- 4) **Simulación 2:** Esta etapa, luego de revisar el contenido teórico, la simulación se enfoca en reforzarlos, para ello le indica al trabajador cual es el proceso paso a paso que debe realizar previamente, para operar la máquina de manera correcta, como primera parte se insta a que el trabajador corte energía de la máquina en el caso de tener que operarla bajo condiciones peligrosas, como la de sacar una caja de un sector complicado de la máquina. Luego se le enseña la importancia de bloquear la máquina, pasándole adicionalmente el bloqueo para aplicarlo a la máquina.

Una vez realizadas todas las actividades se lleva al operador al sector donde anteriormente tuvo el accidente, mostrándole el cómo poder detectar partes peligrosas y como identificar

las protecciones, una vez aplicado todos los protocolos de seguridad, se solicita al trabajador que vuelva a realizar la actividad pero ahora, de una manera segura.

- 5) **Tercera parte del curso:** Finalmente la tercera parte nos sirve como un elemento pos-instruccional en donde se cierran y vinculan los contenidos revisados en el curso, tanto teóricos como de realidad virtual.

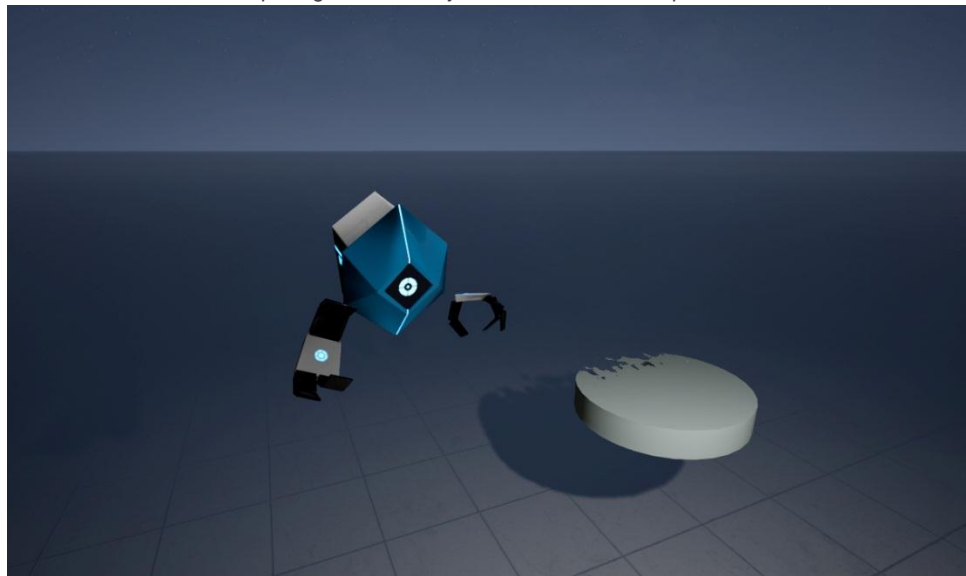
Algunas imágenes del desarrollo VR

Usuario probando la experiencia.



Fuente: Elaboración Propia.

Esta imagen corresponde al tutorial con un personaje ficticio, llamado Yoy-Bot, Es quien guiará al trabajador durante toda la experiencia.



Fuente: Elaboración Propia.

Sector donde comienza la etapa de "Primer día" en donde se inserta al trabajador para que comience su jornada laboral.



Fuente:

Propia.

Elaboración

Sector donde ocurre el accidente por manipular la caja que se encuentra cerca del motor.



Fuente:

Propia.

Elaboración

I. IMPLEMENTACIÓN Y PILOTOS

La herramienta de RV se implementó como piloto con empresas clientes de ACHS que están relacionadas con actividades industriales que tienen presentes los peligros identificados. La actividad se desarrolló en 3 empresas y 4 plantas industriales: CMPC Planta Buin y Planta Til-Til, Cervecería CCU Chile Ltda., Imperial S.A. En esas empresas se realizaron capacitaciones de seguridad y salud ocupacional relacionadas con las temáticas de atrapamiento o corte de extremidades superiores, en la operación de maquinaria industrial. Las capacitaciones se realizaron en dos formatos distintos:

- Formato tradicional (clase teórica que incluye videos): participan 56 trabajadores.
- Formato con herramienta de RV: participan 41 trabajadores (ver imagen N° 2).

Al terminar la ejecución de las capacitaciones, se realizaron evaluaciones del nuevo producto mediante dos instrumentos.

- Instrumento de evaluación del nivel de satisfacción de los trabajadores con la experiencia de RV
- Instrumento de evaluación de aprendizaje de las temáticas de SST tratadas en las capacitaciones

Trabajadores de CMPC y de CCU capacitándose con las herramientas de RV



Fuente: Elaboración Propia.

Trabajadores terminando la experiencia de capacitación con las herramientas de RV y comentando con sus compañeros



Fuente: Elaboración Propia.

J. RESULTADOS PRELIMINARES

Como primera parte de este proyecto, se desarrolló una experiencia de realidad virtual donde el usuario se convierte en el protagonista de un accidente y en un aprendiz al momento de recibir todos los instructivos necesarios para evitar repetir esta situación en la vida real. Se pueden apreciar algunas imágenes del resultado en los anexos, junto al link de un video de la experiencia.

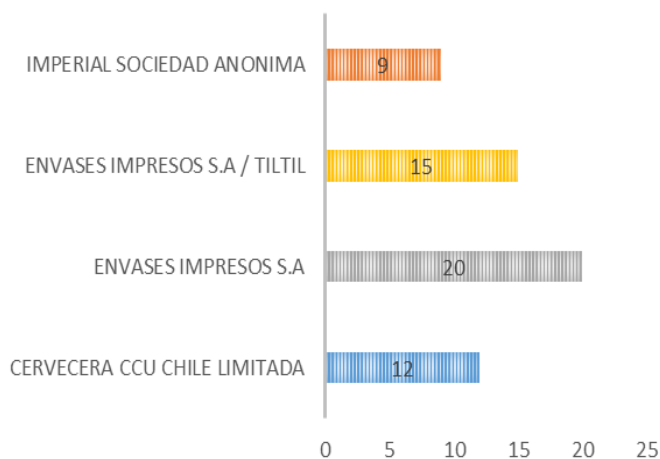
Para medir los resultados se diseñó un pilotaje que considero el desarrollo de 2 cursos paralelos siendo uno el curso que incorpora la realidad virtual y por otro lado un curso 100% teórico, logrando ser piloteado en 3 empresas, 4 plantas en total, de las cuales tenemos a 2 Plantas de CMPC, Buin y TiiTil, una planta de CCU y una de IMPERIAL, todas ellas, empresas que presentan una alta probabilidad de sufrir accidentes del trabajo ocurridos por atrapamientos y/o contacto con algún elemento debido a sus rubros particulares. Al término del curso, se ejecutó una evaluación de satisfacción de los trabajadores y una evaluación de aprendizaje.

El curso que se desarrolló en paralelo, denominado “Principios de Seguridad en Máquinas” considero como restricción un total de 2 hrs para realizarse con un máximo de 20 participantes por curso, su objetivo es el de “Aplicar las instrucciones de trabajo seguro durante la operación de máquinas y equipos, conforme a los criterios establecidos en el curso” enfocado principalmente en operarios, supervisores y jefaturas.

CMPC Planta Buin = Envases Impresos S.A
CMPC Planta TiiTil = Envases Impresos S.A / Til Til
CCU = Cervecera CCU Chile Ltda.
IMPERIAL = Imperial S.A

Participación

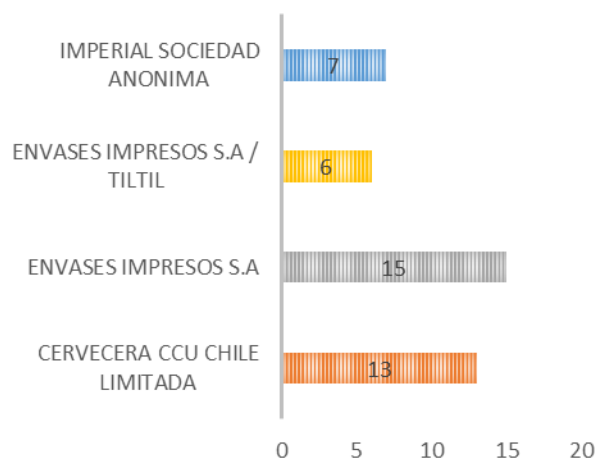
Cantidad de participantes por empresa para el curso teórico.



Fuente: Elaboración Propia.

Para los cursos 100% teóricos el total de participantes fue de 56, distribuyéndose según lo presentado en el gráfico por empresa.

Cantidad de participantes por empresa para el curso con realidad virtual.



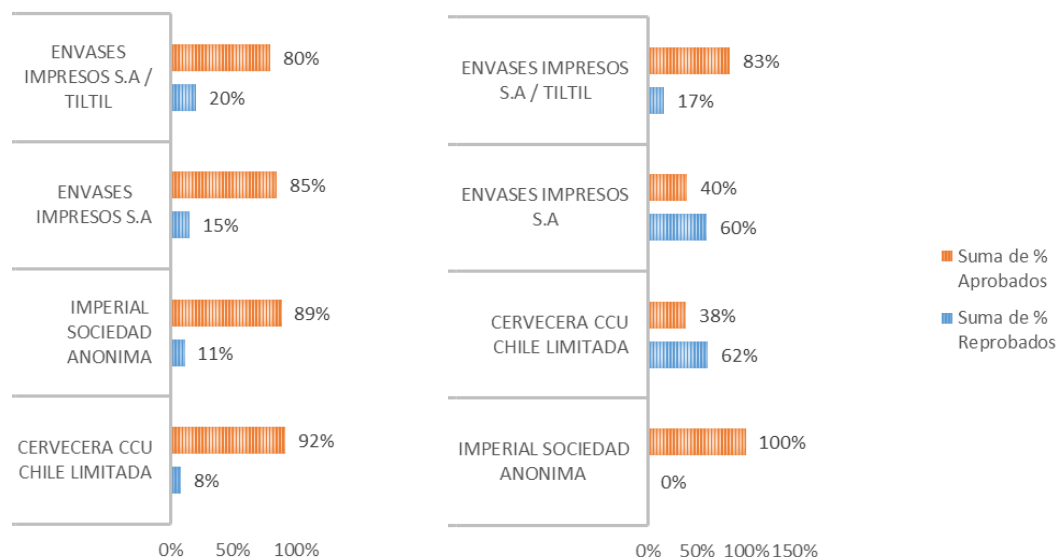
Fuente: Elaboración Propia.

Para los cursos con realidad virtual, el total de participantes fue de 41, distribuyéndose según lo presentado en el gráfico por empresa.

Evaluación

En total participaron 97 trabajadores en el piloto, distribuidos en estas 4 plantas, lo que generó los siguientes resultados:

Resultados de evaluación, Izq. curso teórico y a la Der. curso con realidad virtual.



Fuente: Elaboración Propia.

A la izquierda, los cursos 100% teóricos, presentan un total de aprobados que se mantuvo sobre el 80% variando según empresa, pero en general se ve un resultado similar en las 4 plantas. Por otra parte, a la derecha, los cursos con realidad virtual presentaron en 2 de las plantas, altas tasas de

reprobación que se contraponen a los resultados en las plantas restantes.

Tabla de resumen de contenidos.

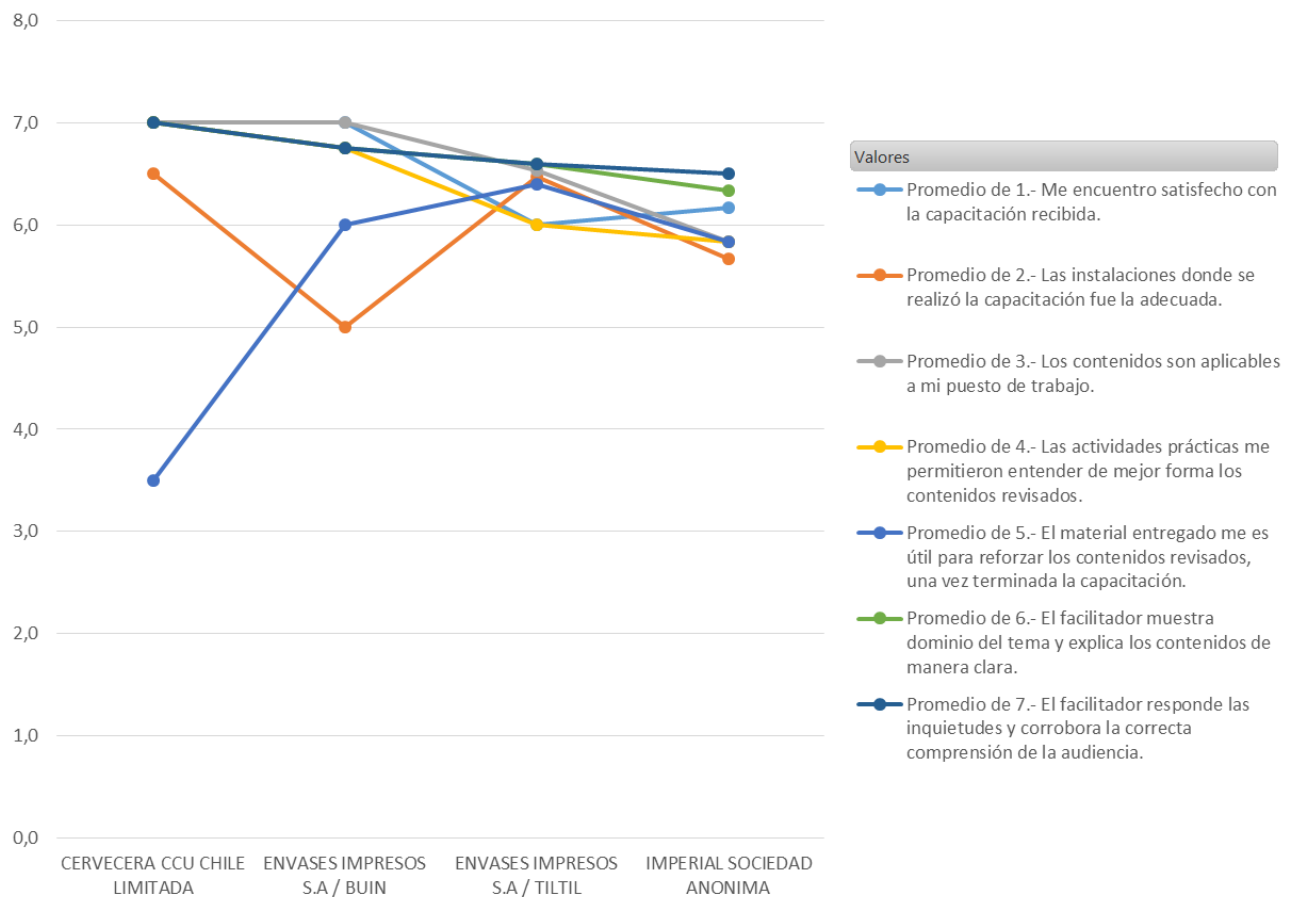
Tipo de Curso	Razón Social Empresa	Participantes	% Aprobados	% Reprobados	% Encuesta respondida
Teórico	CERVECERA CCU CHILE LIMITADA	12	92%	8%	17%
Realidad Virtual	IMPERIAL SOCIEDAD ANONIMA	7	100%	0%	14%
Realidad Virtual	CERVECERA CCU CHILE LIMITADA	13	38%	62%	77%
Teórico	IMPERIAL SOCIEDAD ANONIMA	9	89%	11%	67%
Teórico	ENVASES IMPRESOS S.A / BUIN	20	85%	15%	20%
Realidad Virtual	ENVASES IMPRESOS S.A / BUIN	15	40%	60%	60%
Realidad Virtual	ENVASES IMPRESOS S.A / TILTIL	6	83%	17%	83%
Teórico	ENVASES IMPRESOS S.A / TILTIL	15	80%	20%	100%

Fuente:

Elaboración Propia.

En cuanto a la evaluación de satisfacción se obtuvo una tasa de respuesta del 53,6%, en ella se consideraron 7 criterios con oscilaban entre un 1 y un 7, en donde 1 es muy en desacuerdo y 7 es muy de acuerdo, adicionalmente se dejó ventana abierta para comentarios:

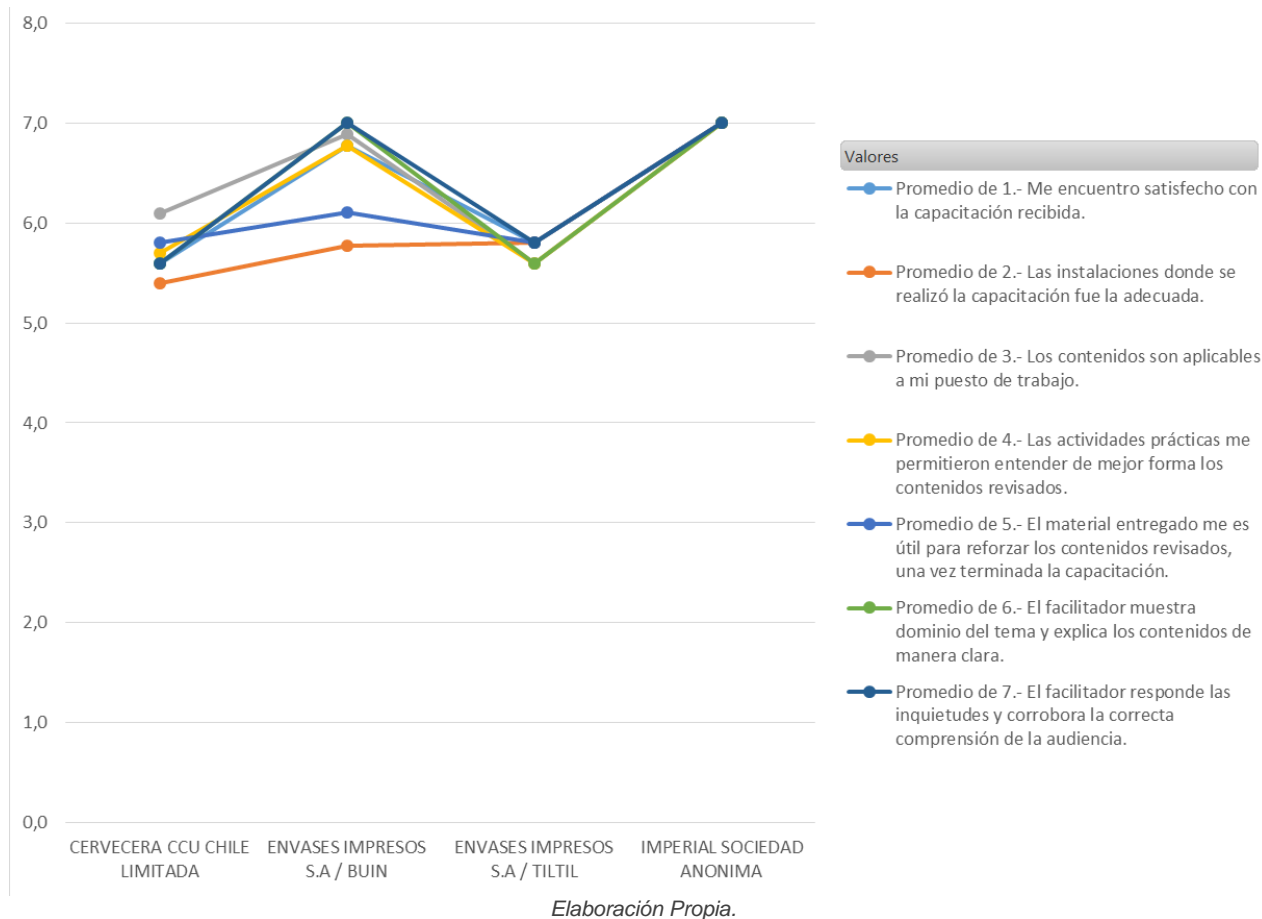
Resultados encuesta de satisfacción del curso teórico.



Elaboración Propia.

En el curso teórico, se puede apreciar un nivel de satisfacción generalmente alto, con algunas excepciones, consideradas bajo nota 6 como por ejemplo los materiales complementarios del curso y la infraestructura donde se realiza el curso, que es este caso dependía de cada planta.

Resultados encuesta de satisfacción del curso con realidad virtual.



En el curso con realidad virtual, se puede apreciar un nivel de satisfacción levemente más bajo que en el teórico, nuevamente consideradas las oportunidades de mejora sobre nota 6, volvemos a encontrarnos con la infraestructura y el material complementario del curso, adicionalmente también se encuentra el dominio del facilitador en relación al contenido y preguntas.

Comentarios

Comentarios para el Curso teórico

- “Bueno e interactivo”
- “Tal vez una tarjeta portables con las reglas de oro”
- “Algunas medidas de seguridad con respecto a la ACHS tenerlas más claras”
- “Muy buena capacitación ya que me da más experiencia en el tema y así estar más seguro día a día y poder llegar a casa tal cual salí de ella”
- “Todo excelente y muy concreto. Información necesaria para el trabajador”
- “Todo bien”
- “Gracias”
- “Buen curso da a entender los puntos claramente sin divagar ni salir a otros temas que no corresponden”

Comentarios para el Curso con realidad virtual

- “Excelente”
- “Bien educativo, para conocer más de la seguridad en el trabajo”
- “Muchas gracias por la capacitación, muy buena idea y una grata experiencia con la realidad virtual”
- “Capacitación muy didáctica y entretenida. Se mezcla la tecnología junto con nuestro cuidado” realizando simulaciones de nuestro trabajo diario
- “Muchas gracias”
- “Excelente curso que se repita”
- “Solo felicitarlos por esta iniciativa de capacitación en el lugar de trabajo, muchas gracias”

Al revisar los comentarios que realizaron los trabajadores en relación al formato de capacitación con RV, se evidencia una mejor evaluación en comparación al formato tradicional; llama la atención que esta mejor evaluación cualitativa, no es coherente con los resultados obtenidos en la evaluación de satisfacción.

Algunas imágenes del Piloto VR

CMPC Planta Buin / Envases Impresos S.A



















Con respecto a la medición de la satisfacción y el aprendizaje, comparando ambos cursos, los resultados dan pie para revisar una serie de aristas relacionadas con el diseño y la implementación de las capacitaciones con las herramientas de RV, como también con la identificación de información relevante acerca de los perfiles de los trabajadores participantes. Los resultados obtenidos pueden haber estado afectados por variables que no fueron consideradas en el análisis, a priori se identifica lo siguiente:

- Las herramientas de evaluación no estaban lo suficientemente ajustadas para evidenciar la diferencia entre lo experimentado en los dos tipos de capacitación.
- No se consideró si los trabajadores habían participado anteriormente en capacitaciones acerca de la temática.
- No se consideró si los trabajadores habían experimentado por sí mismos o por sus compañeros de trabajo un accidente con lesiones graves o fatales.

La disonancia entre lo observado en terreno y los resultados obtenidos en las evaluaciones, junto con la identificación de variables relevantes no consideradas para el análisis, indican que los resultados no parecen concluyentes y se debe abordar el tema con una mayor profundidad tanto en la integración de la herramienta de RV en la capacitación desarrollada, como en el diseño metodológico del piloto y sus evaluaciones.

K. CONCLUSIONES

En esta capacitación, el módulo de realidad virtual está enfocado en que la persona aprenda experimentando y sintiéndose totalmente inmerso en un entorno laboral industrial, donde podrá interactuar, ponerse a prueba, practicar todo lo que quiera sin exponerse ningún riesgo.

La principal característica de este desarrollo, es que es auto-contenida y sumamente inmersiva, donde el usuario no interviene en ningún momento con un instructor real durante la experiencia, más bien sigue los pasos del instructor virtual nunca desconectándose de la experiencia.

El objetivo final del módulo desarrollado es que ayude a potenciar una conducta segura de los trabajadores, de manera que al enfrentarse a una situación de riesgo, siempre los haga seguir los procedimientos de seguridad, siendo capaces de evitar exponerse a los peligros presentes en sus actividades, reduciendo la probabilidad de ocurrencia de accidentes laborales.

En relación al piloto se puede concluir que si bien la ejecución del mismo resultó un éxito, los resultados obtenidos, no alineados con las hipótesis previas, implican la necesidad de la realización de un análisis más profundo que el realizado en esta etapa. Dada la bibliografía revisada, previo al piloto se pensaba que el curso con realidad virtual tendría mejores indicadores de desempeño (evaluación de aprendizaje y de satisfacción) al compararlo con el curso con el formato tradicional, pero como se pudo apreciar en los resultados, esta hipótesis no se cumplió. Si bien repasamos varios documentos científicos que apuntaban a la efectividad de la herramienta, nos dimos cuenta que en la práctica existen diversos factores que inciden en una experiencia de este tipo, algunos de ellos relacionados con el diseño de la implementación y de la experiencia de capacitación, como otros relacionados con los trabajadores que participan en estas capacitaciones. La capacitación con formato tradicional lideró las evaluaciones teniendo una alta tasa de aprobados, sugiriendo que se cumplen de mejor manera los objetivos de aprendizaje esperados, por otro lado generó por poco, mayor satisfacción con respecto al otro formato.

¿Dónde fallamos si la revisión bibliográfica indica lo contrario a los resultados obtenidos? Con las implementaciones del piloto nos dimos cuenta que existen otros factores que podrían incidir en los resultados obtenidos; algunos de los que se identifican a priori son los siguientes:

- Infraestructura disponible para la implementación de la experiencia virtual.
- Cultura corporativa de seguridad y capacitaciones anteriores realizadas en relación a la temática específica. Evidentemente se esperaría que la participación de los trabajadores en instancias de capacitación anteriores (asociadas a la misma temática) afectara los resultados obtenidos.
- Experiencias de accidentes laborales vividas por los trabajadores del equipo participante en la capacitación de realidad virtual.
- Años de experiencia laboral en las actividades desempeñadas. Trabajadores experimentados podrían tener mayor conciencia acerca de los peligros presentes en sus actividades y dado esto, tener un comportamiento más seguro en ellas; de la misma forma, la experiencia podría generar un exceso de confianza y hacer que tengan un comportamiento arriesgado.
- Trabajadores con hijos: los trabajadores que tienen hijos podrían presentar un comportamiento menos arriesgado, con el objetivo de mantener seguro el sustento económico de sus familias. Es usual el desarrollo de campañas de SST que utilizan este principio para potenciar conductas seguras.

Dado lo expuesto, es necesario seguir avanzando hacia una nueva iteración para este proyecto de innovación; como elementos de mejora se debieran considerar en la planificación y ejecución del proyecto, algunos de los elementos expuestos, desde una identificación más profunda del perfil de los trabajadores participantes en las instancias de capacitación, hasta la realización de ajustes en las herramientas de evaluación (satisfacción y aprendizaje) que permitan identificar con claridad la diferencia entre los resultados obtenidos en los dos formatos de capacitación. Otro elemento relevante a considerar es la realización de un análisis que permita definir con claridad si las diferencias entre los formatos de capacitación son o no significativas. La realización de ajustes como los propuestos permitirán avanzar hacia una capacitación mejorada, para luego poder realizar una implementación masiva de la capacitación con realidad virtual.

A. REFERENCIAS

1. [Columna: el desafío de prevenir amputaciones](#) (05/07/2017), Medios ACHS.
2. [Ficha de alerta de seguridad N° 97](#) (15/01/2016), ACHS.
3. [Ficha aprende a prevenir](#) (2015), ACHS.
4. [VR Training Next Generation of Workers](#) (30/10/2017), Forbes.
5. [Validation of virtual reality as a tool to understand and prevent child pedestrian injury](#) (2008), Accident Analysis & Prevention, Elsevier.
6. [Using Immersive Virtual Reality to Reduce Work Accidents in Developing Countries](#) (2016), IEEE Computer Graphics and Applications, IEEE.