



# **Serie Proyectos de Investigación e Innovación**

Superintendencia de Seguridad Social  
Santiago - Chile

## **INFORME FINAL**

Efectividad de Programas de Realidad Virtual para Favorecer la Prevención de Riesgos

DIP Think SpA  
2020





## **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](mailto: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](http://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](mailto:investigaciones@suseso.cl).

For other publications, research papers and projects of the Superintendence of Social Security, please visit our website: [www.suseso.cl](http://www.suseso.cl).

Superintendencia de Seguridad Social  
Huérfanos 1376  
Santiago, Chile.



## **INFORME FINAL PROYECTO DE CONTINUIDAD EN INNOVACIÓN**

**“Efectividad de Programas de Realidad Virtual para Favorecer la Prevención de Riesgos”**

(código 241- 2019)

Este trabajo fue seleccionado en la Convocatoria de Proyectos de Investigación e Innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades Profesionales (2019) de la Superintendencia de Seguridad Social (Chile) y fue financiado por la Asociación Chilena de Seguridad, con recursos del Seguro Social de la Ley N°16.744 de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales.



Ejecutor: YOY Simulators SpA

Autores del Informe: DIP Think SpA

Junio 2020

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.- Resumen Ejecutivo</b>	<b>4</b>
<b>2.- Introducción</b>	<b>6</b>
<b>3.- Marco Teórico y Metodología</b>	<b>11</b>
<b>3.1.- Marco Teórico</b>	<b>11</b>
<b>3.2.- Metodología</b>	<b>18</b>
<b>4.- Análisis de Resultados</b>	<b>22</b>
<b>4.1.- Estadística Descriptiva</b>	<b>22</b>
<b>4.2.- Análisis Estadístico</b>	<b>30</b>
4.2.1.- Análisis estadístico de los instrumentos de evaluación utilizados (Alfa de Cronbach)	30
4.2.2.- Análisis de Correlaciones entre las variables y los resultados obtenidos	31
4.2.3.- Modelamiento Estadístico	34
a) Prueba de Normalidad (Test Shapiro Wilk)	34
b) Modelamiento con Regresión Lineal Múltiple	35
c) Modelamiento con Regresión Logística para la variable nota prueba de conocimiento en modalidad (Aprobado/Reprobado)	36
d) Modelo Lineal Generalizado, Familia Binomial (aplicado sólo a la nota de la prueba de conocimiento)	37
e) Regresión Beta (aplicado sólo a la evaluación de la encuesta de satisfacción)	37
4.2.4.- Resultados de los comentarios de Valoración y Mejoras	38
<b>4.3. Resultados del Análisis de la Segunda Prueba de Conocimientos</b>	<b>44</b>
a) Diseño de la Implementación de la Segunda Prueba de Conocimientos	44
b) Implementación y Cambios	45
c) Análisis de Resultados	46
d) Consideraciones relevantes	54
<b>5.- Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>55</b>
<b>6.- Anexos</b>	<b>63</b>
<b>6.1. Herramienta de Evaluación de Satisfacción (ajustada)</b>	<b>63</b>
<b>6.2. Herramienta de Evaluación del Conocimiento (ajustada)</b>	<b>64</b>
<b>6.6 Prueba de Normalidad (Shapiro Wilk)</b>	<b>69</b>
<b>6.7. Prueba No Paramétrica Kruskal Wallis (Nota de la prueba de conocimientos)</b>	<b>70</b>
<b>6.8. Prueba No Paramétrica Kruskal Wallis (Nota de la encuesta de satisfacción)</b>	<b>70</b>
<b>6.9. Regresión Lineal Múltiple, Modelo Saturado (Nota prueba de conocimiento)</b>	<b>71</b>
<b>6.10. Regresión Lineal Múltiple, Modelo Optimizado (Nota prueba de conocimiento)</b>	<b>71</b>
<b>6.11. Regresión Lineal Múltiple, Modelo Saturado (Evaluaciones encuesta de satisfacción)</b>	<b>72</b>
<b>6.12. Regresión Lineal Múltiple, Modelo Optimizado (Evaluaciones encuesta de satisfacción)</b>	<b>72</b>
<b>6.13. Regresión Logística Variable dependiente Aprobado/Reprobado, Modelo Saturado</b>	<b>73</b>
<b>6.14. Regresión Logística Variable dependiente Aprobado/Reprobado, Modelo Optimizado</b>	<b>74</b>

<b>6.15. Modelo de regresión Beta Saturado (evaluación de la encuesta de satisfacción)</b>	<b>75</b>
<b>6.16. Modelo de regresión Beta Optimizado (evaluación de la encuesta de satisfacción)</b>	<b>76</b>
<b>7.- Bibliografía</b>	<b>77</b>

## **1.- Resumen Ejecutivo**

El presente documento corresponde al informe final del proyecto de continuidad en innovación “Efectividad de programas de realidad virtual para favorecer la prevención de riesgos”. El proyecto consiste en probar si existe evidencia acerca de un impacto positivo de los módulos de realidad virtual incorporados en las capacitaciones, en los resultados de ellas, los cuales se miden a través de una prueba de conocimiento y de una encuesta de satisfacción aplicada a los trabajadores participantes. Lo anterior se realizó a través del diseño y la ejecución de una serie de capacitaciones para trabajadores de empresas de manufactura; un grupo fue capacitado con el formato de realidad virtual y el otro grupo con el formato tradicional, para luego analizar, mediante pruebas estadísticas, las diferencias en los resultados obtenidos por ambos grupos; En una primera fase se analizaron las herramientas existentes y a través de un trabajo colaborativo se identificaron espacios de mejora para el diseño y ejecución de las capacitaciones; los cambios ejecutados corresponden a ajustes en los instrumentos de evaluación de los trabajadores (conocimiento y satisfacción) y ajustes al software de realidad virtual, además de incorporar un instrumento que permitió obtener información estadística acerca de los trabajadores participantes. En una segunda fase se involucró a seis empresas en las cuales se ejecutaron las capacitaciones tanto en el formato tradicional como en el formato de realidad virtual para grupos diferentes de trabajadores, donde cada capacitación incluyó las evaluaciones mencionadas. En una tercera fase se desarrollaron análisis estadísticos con toda la información recopilada, apuntando a determinar si las variables asociadas a los trabajadores participantes, a las condiciones en que se desarrollaron las capacitaciones (ruido, iluminación, ventilación, etc.) y el tipo de capacitación (tradicional o realidad virtual) lograban explicar los resultados obtenidos. El análisis estadístico ejecutado demostró que no existe una diferencia significativa entre las medias de los resultados de la prueba de conocimiento al comparar las capacitaciones en formato tradicional con el de realidad virtual. Por otra parte se observa que sí existe diferencia significativa en la satisfacción de los trabajadores al comparar ambos formatos de capacitación, siendo la capacitación con

realidad virtual la que presenta una mejor evaluación de satisfacción por parte de los trabajadores. Posteriormente se realizó por segunda vez la prueba de conocimientos con el objetivo de determinar si habían cambios relevantes en los resultados, transcurrido un tiempo entre la capacitación y esta segunda prueba. Los participantes en la segunda prueba correspondieron sólo a cerca del 19% del universo original (24% del universo del formato tradicional y 14% del universo del formato de realidad virtual respectivamente) y ejecutadas las pruebas estadísticas correspondientes, se determinó que esta nueva muestra no permitía generar resultados concluyentes acerca de las diferencias en los resultados de la prueba de conocimientos para el formato de realidad virtual y el formato tradicional. Por lo anterior el proyecto concluye con los resultados obtenidos en el primer análisis, que indican que las capacitaciones con formato de realidad virtual generan una satisfacción mayor que el formato tradicional, diferencia que resultó estadísticamente significativa. Por otra parte las capacitaciones con formato de realidad virtual presentaron mejores resultados en la prueba de conocimientos, que el formato tradicional, sin embargo dicha diferencia no resultó estadísticamente significativa.

## 2.- Introducción

La capacitación es una de las herramientas que utilizan las empresas para educar a sus trabajadores acerca de los riesgos inherentes a sus funciones y también acerca de cómo pueden reducir o eliminar su exposición a éstos. Las nuevas tecnologías nos abren nuevas oportunidades y formas de entregar contenido para educar a los trabajadores, para mejorar la efectividad de estos cursos en la prevención de riesgos. Aquí es donde la realidad virtual (RV) se presenta como una alternativa, hoy en día muy utilizada para capacitar o entrenar a trabajadores en el uso de maquinarias o procedimientos propios de la operación, para mejorar la efectividad e impacto de estos cursos, ya que no sólo aprenden teoría, sino que viven una experiencia virtual, semejante a la realidad, donde pueden ejecutar lo aprendido, y donde es posible cometer errores sin los riesgos de una operación real. Así, en una experiencia inmersiva mucho mayor de la que aporta el modelo tradicional y en el “aprender haciendo”, se espera generar una experiencia de impacto para el trabajador, que favorezca el aprendizaje y genere un cambio conductual a mediano plazo.

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. Esta facilidad para huir del contenido presentando, tiene un enorme impacto en los resultados de todo curso o capacitación; en esta modalidad hay mucha información que no se logra transmitir de manera efectiva, lo que reduce enormemente 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; la realidad virtual permite distintos niveles de inmersión de una persona en el escenario simulado, en el caso de una inmersión del 100% (como es el caso de la tecnología utilizada en el presente proyecto) el usuario queda completamente sumergido en la experiencia y aislado de elementos externos que lo puedan distraer; 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 la nueva forma de transmitir conocimiento vivencial, determinando qué es lo que el usuario observa y escucha, a través de pequeñas pantallas y audífonos, que cubren todo el campo visual y sonoro del usuario. La persona tiene frente a sus ojos un visor especial que le permite explorar un entorno virtual, moviendo su cabeza de manera natural y mediante controles y otros dispositivos; junto con ello puede utilizar sus manos e incluso caminar, 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<sup>1</sup>. 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 cambiar nuestro comportamiento de una manera positiva sin exponer a las personas a los riesgos reales.

Dado lo anterior, el objetivo general del proyecto consiste en probar el impacto de las

---

<sup>1</sup> “Effectiveness of Virtual Reality in the Motivational Processes of Learners”, compara la capacidad para resolver un problema espacial con figuras geométricas de madera en el mundo real con una experiencia virtual inmersiva que plantea el mismo problema, obteniendo esta última mejores resultados; “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.

herramientas de realidad virtual (en adelante RV) en las capacitaciones de seguridad y salud en el trabajo (en adelante SST) y sus resultados en términos de satisfacción en los usuarios y en el nivel de conocimientos. 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 la etapa anterior del proyecto (iniciación en innovación), se testeó un curso de capacitación con RV, que fue piloteado y testeado en una muestra de empresas y trabajadores, en el marco de capacitaciones de SST que la ACHS realiza con sus empresas afiliadas.

Según el libro “Evaluación de impacto en la práctica”<sup>2</sup> se debe definir inicialmente cuáles son las preguntas claves que se busca responder con un proyecto de evaluación; para este caso puntual se observa que además de la pregunta central que apunta a identificar el impacto de las herramientas de RV en los resultados de las capacitaciones de SST, surgen preguntas acerca del impacto de otras variables que se relacionan directa o indirectamente con las capacitaciones y su implementación. Las implementaciones de las capacitaciones con RV en la etapa anterior de este proyecto, muestran que, de manera contraria a lo esperado, a lo observado en la implementación real y a los comentarios expresados por los trabajadores que asistieron a la capacitación, los resultados de la evaluación de satisfacción con la herramienta de RV no fueron mejores que los obtenidos en la capacitación con formato tradicional y los resultados de la evaluación de conocimientos tampoco fueron mejores al implementar la RV. En la línea de la bibliografía de evaluación de impacto, este punto permite plantear algunas preguntas acerca de la ejecución de los pilotos y tests realizados, y de cuáles variables (y cómo) podrían estar influyendo en los resultados de los pilotos, por ejemplo:

---

<sup>2</sup> “La evaluación de impacto en la práctica”; Paul J. Gertler, Sebastián Martínez, Patrick Premand, Laura B. Rawlings, Christel M. J. Vermeersch. Banco Mundial

- ¿Las características de las instalaciones en las que se realizan las capacitaciones podrían estar influyendo en los resultados obtenidos? (iluminación, temperatura, espacio, ventilación, etc.)
- ¿Las capacitaciones con RV se desarrollaron en las mismas condiciones que las capacitaciones con formato tradicional?
- ¿Los trabajadores participantes en ambos formatos de capacitación, tenían características similares? (edad, experiencia, nivel educacional, etc.)
- ¿Se evidencian diferencias relevantes en la experiencia de los trabajadores al ser capacitados en uno u otro formato de capacitación? ¿Esa experiencia tiene un impacto relevante sobre los resultados de las capacitaciones?

Las preguntas planteadas y los resultados de la etapa anterior, sugieren que los pilotos deben ser ajustados de manera que se consideren todas las variables que podrían afectar su desarrollo y resultados, además de incorporarlas de manera tal que sean parte del análisis. Junto con ello se evidencia que se requiere mejorar el diseño, la ejecución y la metodología de evaluación de aprendizaje y la encuesta de satisfacción de dichos pilotos, antes de pasar a una implementación masiva. Por lo tanto este proyecto se focaliza en el re-diseño y la ejecución de los pilotos de las capacitaciones con RV para la posterior evaluación de la efectividad de las herramientas de RV con el objetivo de identificar con claridad el impacto de estas herramientas en los resultados de las capacitaciones, considerando además el impacto de todas las variables involucradas (endógenas y exógenas) en ello.

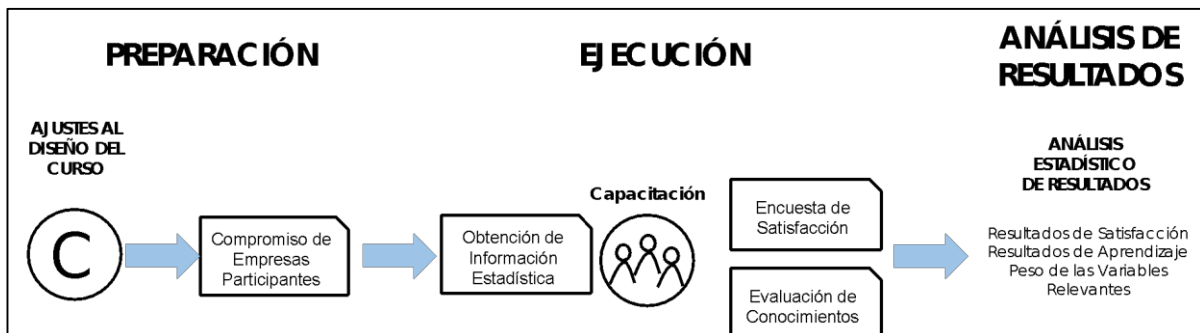
Desde un punto de vista de implementación, el proyecto tiene tres etapas:

- Preparación: consiste en la revisión de los resultados de la primera etapa del proyecto para la identificación de espacios de mejora, desde el punto de vista metodológico y de implementación del proyecto. Esta etapa incluye el mejoramiento de los aspectos identificados en la etapa anterior para asegurar mayor robustez en el

análisis y los resultados obtenidos.

- Ejecución: en esta etapa se ejecutan las capacitaciones con las herramientas y metodologías ajustadas y mejoradas.
- Análisis de Resultados: con toda la información recopilada en la etapa de ejecución de las capacitaciones, se realiza un análisis que incluye no sólo los resultados de la evaluación de conocimientos, sino también del “peso” o impacto de las variables endógenas y exógenas involucradas en el proceso. Esto permitirá entender con mayor claridad el impacto de las herramientas de realidad virtual en el proceso de capacitaciones.

Imagen 1: Proceso planificado para la ejecución del proyecto



### 3.- Marco Teórico y Metodología

#### 3.1.- Marco Teórico

Siguiendo la lógica planteada por el Modelo de Capacitaciones Kirkpatrick<sup>3</sup>, el proyecto se abordó considerando el nivel 1 (reacción) y el nivel 2 (aprendizaje); no se consideró el nivel 3 (transferencia) para la implementación del proyecto y la decisión respondió a la dificultad logística y práctica de poder abordar este tercer nivel (relacionado con el comportamiento de los trabajadores), pues las empresas participantes, aun siendo todas del ámbito de la manufactura, presentan importantes diferencias en sus operaciones y por lo tanto la observación del comportamiento de los trabajadores en estas empresas implicaría que el observador tendría que dominar las tareas que desarrollan los trabajadores en estos distintos ámbitos industriales, perfil que resulta en la práctica muy difícil de encontrar. Otra opción consiste en preparar a observadores internos, de manera que (con un criterio estándar) puedan evaluar, durante un período de tiempo definido, el comportamiento de los trabajadores en los ámbitos de SST. Para esto último se requeriría capacitarlos bajo esa lógica y asegurarse que estén utilizando los criterios de evaluación establecidos, lo que siendo factible, alargaría mucho el tiempo de ejecución del proyecto.

Siguiendo la lógica que usualmente aplica ACHS en relación sus capacitaciones, el proyecto contempla la implementación de una encuesta de satisfacción y una evaluación de aprendizaje. La primera apunta a identificar información relevante acerca de la experiencia de los trabajadores durante la capacitación y la segunda a identificar si los contenidos presentados fueron aprendidos por los trabajadores. Como se planteó en puntos anteriores, se tiene la hipótesis de que la efectividad de la capacitación se reflejará en los resultados obtenidos por los trabajadores en la evaluación de conocimientos, lo que tiene que ver no sólo con las características de la capacitación en sí misma, sino que también con

---

<sup>3</sup> <https://www.kirkpatrickpartners.com/>

otras variables asociadas a los participantes y a las condiciones en que se dan estas capacitaciones (ver el siguiente esquema); por ejemplo, podría ser relevante identificar si el trabajador es arriesgado o averso al riesgo, pues un trabajador averso al riesgo podría tener una mejor disposición a los contenidos de SST y darse la siguiente línea lógica:

- 1) Tendencia a ser menos arriesgado ► Mejor disposición a las temáticas de SST
- 2) Mejor disposición a las temáticas de SST ► Mayor retención de conceptos de SST
- 3) Mayor retención de conceptos de SST ► Mejores resultados en evaluación de conocimiento

El siguiente esquema muestra cómo se identifican tres dimensiones que podrían estar influyendo en los resultados obtenidos en las capacitaciones:

**Imagen 2: Variables presentes en la ejecución de las capacitaciones**



- Características de las capacitaciones: relator, contenido, formato (tradicional o realidad virtual). El objetivo central del proyecto apunta a identificar si efectivamente el formato de la capacitación (tradicional o con realidad virtual) afecta o no al resultado de ésta, por esa razón esta dimensión resulta clave en el análisis.
- Características de las instalaciones: Espacio, temperatura, ventilación, iluminación, audio, puntualidad; estas variables sin duda afectan la experiencia que tiene el sujeto que participa de la capacitación, por lo que deben ser identificadas para poder aislar su efecto (positivo o negativo). Evidentemente un espacio pequeño, condiciones de mala ventilación, aislamiento de temperatura y ruido, afectarán la concentración de un trabajador y podrían resultar en un importante elemento distractor.
- Características de los trabajadores capacitados: las características personales (edad, aversión al riesgo) y las características laborales (experiencia laboral general y específica, formación y nivel de estudios) pueden ser muy relevantes en relación a la predisposición que tenga el trabajador frente al contenido que se le presente y finalmente ser muy relevantes para los resultados obtenidos.

En esta línea, los trabajadores podrían tener ciertas características que afecten directa o indirectamente a los resultados de la capacitación, por lo tanto se podrían definir algunas preguntas que permitan identificar esta condición. Los siguientes aspectos se propusieron para ello y fueron aprobadas por el equipo técnico del proyecto (incluyendo a ACHS):

**Hipótesis acerca de variables con influencia directa:**

1. Interés en los temas de seguridad y salud ocupacional (variable dicotómica, SI/NO): buena o mala predisposición al tema de SST, podría afectar la atención del trabajador durante las capacitaciones.
2. Asistencia a capacitaciones anteriores en misma la temática (variable dicotómica, SI/NO): las personas podrían tener buenos resultados en la evaluación de conocimientos debido a aprendizajes obtenidos en capacitaciones anteriores.

3. Experiencias traumáticas (accidentes graves), propios o siendo testigo (variable dicotómica, SI/NO): el impacto emocional de un accidente grave o fatal podría hacer que un trabajador fuera menos arriesgado y por lo tanto tenga mejor predisposición a las temáticas de SST presentadas en capacitaciones.

4. Edad (variable numérica, su rango dependerá de las características de los trabajadores): dado que usualmente se plantea que los jóvenes tienden a ser arriesgados, menos edad implica trabajadores más arriesgados y por lo tanto peor predisposición a temáticas de SST. Desde otra perspectiva, a mayor edad existe una probabilidad mayor de que los trabajadores hayan adquirido un conocimiento relevante en las temáticas que se abordan en las capacitaciones (de ambos formatos), por lo que se podría esperar que a mayor edad hayan mejores resultados en la prueba de conocimientos.

5. Años de experiencia laboral interactuando con maquinaria (variable numérica, su rango dependerá de las características de los trabajadores): Esta variable podría tener distintos impactos según cómo se analice; mientras más experiencia laboral tienen los trabajadores, podrían ser más conscientes de los riesgos presentes en su trabajo y por lo tanto con mejor predisposición a los contenidos de SST. De la misma forma, mientras más experiencia tenga, podría tender a ser más confiado y por lo tanto tener peor predisposición a los contenidos de SST. Desde otra perspectiva (al igual que en el caso de la edad) a mayor experiencia laboral existe una probabilidad mayor a que los trabajadores hayan adquirido un conocimiento relevante en las temáticas que se abordan en las capacitaciones (de ambos formatos), por lo que se podría esperar que a mayor edad hayan mejores resultados en la prueba de conocimientos.

6. Años de experiencia en la empresa (variable numérica, su rango dependerá de las características de los trabajadores): trabajadores nuevos podrían tener mejor disposición a capacitaciones de SST al estar conociendo nuevas temáticas útiles para su trabajo. Desde otra perspectiva (al igual que en el caso de la edad y experiencia laboral) a mayor experiencia laboral existe una probabilidad mayor de que los trabajadores hayan adquirido un conocimiento relevante en las temáticas que se abordan en las



capacitaciones (de ambos formatos), por lo que se podría esperar que a más años en la empresa hayan mejores resultados en la prueba de conocimientos.

7. Bienestar físico (variable dicotómica, SI/NO): si está cansado, con sueño o con hambre podría tener una tendencia a la distracción y por lo tanto peores resultados en la evaluación de conocimientos.

8. Estado de ánimo previo a la capacitación (variable cualitativa): un estado de ánimo de enojo o preocupación podría distraer al alumno acerca de los contenidos, afectando negativamente a los resultados.

9. Años de estudio o escolaridad (variable cualitativa): baja escolaridad podría dificultar el entendimiento de los conceptos técnicos y por lo tanto afectar negativamente a los resultados de la evaluación de conocimientos.

#### **Hipótesis acerca de variables con influencia indirecta**

1. Tener hijos (variable dicotómica, SI/NO): podría hacer que las personas sean menos arriesgadas (sentirse responsable de una familia) y por lo tanto tengan mejor disposición a las capacitaciones de SST.

2. Ser el único ingreso familiar (variable dicotómica, SI/NO): similar a la anterior esta variable se relaciona con sentirse responsable de una familia; esto podría hacer que las personas tomen menos riesgos y por lo tanto tengan mejor disposición a las capacitaciones de SST.

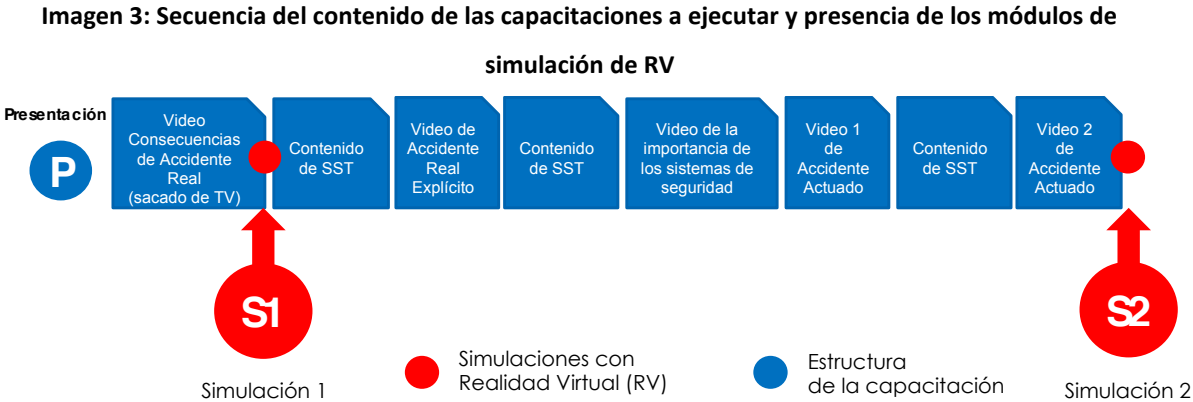
3. Género (variable cualitativa): usualmente se plantea que las mujeres son menos arriesgadas e impulsivas que hombres, por lo tanto el género podría tener algo que ver con su disposición a las capacitaciones de SST.

#### **Hipótesis en relación al impacto de las herramientas de RV en las capacitaciones de SST:**

Las capacitaciones diseñadas (seguridad en máquinas y equipos) presentan el mismo contenido en dos formatos distintos, donde la única diferencia es la existencia de dos módulos de RV en uno de los formatos. Ambos formatos contienen un video en el que se presenta un caso real acerca de un trabajador accidentado y su experiencia (extraído de la

televisión abierta en Chile), videos explicativos de procesos industriales, un video explícito de un accidente laboral real y un par de videos actuados basados en accidentes laborales reales. Los videos son bastante dramáticos y dan una buena idea acerca de la gravedad de las consecuencias de un accidente grave como los que tienen como consecuencia una amputación.

La herramienta de RV incorporada en las capacitaciones, se presenta en dos partes de la capacitación, en la primera simula un accidente de amputación de mano y en la segunda, posterior a la explicación de todo el contenido de SST, se repite la experiencia inicial, pero se va guiando al trabajador de manera de reforzar los contenidos revisados y guiar al trabajador para que realice el ejercicio de manera correcta. La simulación del accidente de amputación de mano resulta interesante puesto que apunta a generar un impacto emocional en los trabajadores capacitados, que permita con ello evitar que el trabajador realice acciones inseguras; Cabe destacar que la duración de estos módulos de realidad virtual no sobrepasa los 8 minutos cada uno, en un contexto de capacitación que dura más de una hora y media.



Además de tener las características inmersivas que tienen las simulaciones de RV utilizadas en estas capacitaciones, la particularidad de la simulación utilizada en las capacitaciones tiene que ver con el impacto que significa amputarse una mano y lo real de la experiencia

que se vive con estas herramientas. En los pilotos desarrollados en la etapa anterior se evidenció cómo los trabajadores usualmente se asustaron al momento de amputarse las manos en el “mundo virtual”, lo que posteriormente les provocaba risas tanto a quienes estaban viviendo la experiencia virtual (debido a la sorpresa que genera la experiencia) como también a los que estaban mirando (desde el mundo real) lo que estaban haciendo y experimentando sus compañeros (ver imagen 4).

**Imagen 4: Capacitaciones ejecutadas en piloto 2019**



Aunque los videos que se presentan en ambos formatos de capacitación, pueden generar un impacto emocional importante en las personas que los ven, al observar a los trabajadores en ambos formatos de capacitación, se puede decir que la experiencia de RV podría tener un impacto emocional mayor pues, además de sorprenderlos y hacerlos reír, logra generar una conversación entre ellos acerca de lo que experimentaron; parece ser

que la experiencia con la herramienta de realidad virtual resulta memorable. Dado lo anterior, la hipótesis del presente proyecto apunta a que estas herramientas de realidad virtual y su impacto emocional podrían resultar un interesante apalancador del conocimiento que se transmite en la capacitación y por lo tanto genere mejores resultados en la evaluación de conocimientos.

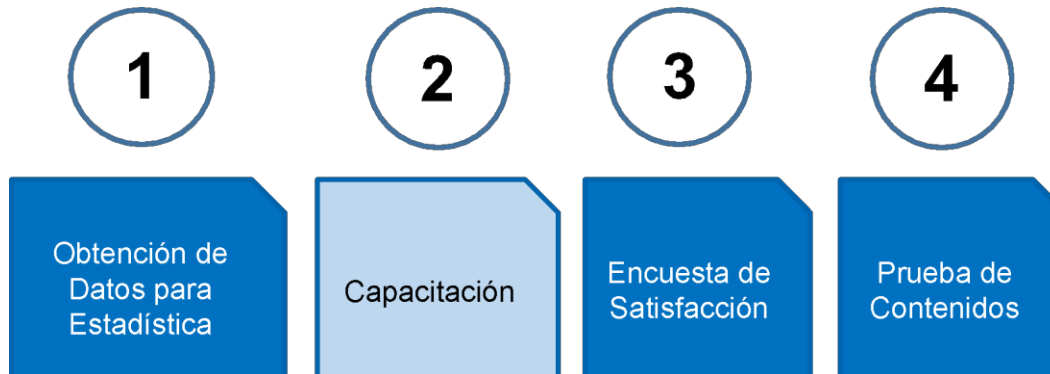
### 3.2.- Metodología

En relación al mejoramiento del diseño y la ejecución de los pilotos se desarrollaron las siguientes acciones:

- **Identificación de oportunidades de mejora en relación al funcionamiento de la herramienta de RV y corrección de fallas:** el software de RV presentó pequeñas fallas relacionadas con el uso de los trabajadores en las capacitaciones. Junto con ello se realizaron algunos ajustes al software de manera de agilizar el proceso de capacitación y hacerlo más fluido y rápido.
- **Mejoramiento y ajuste a los instrumentos de evaluación de satisfacción y aprendizaje (basada en la metodología Kirkpatrick, utilizada actualmente por el área de desarrollo de capacitaciones de ACHS):** Los instrumentos de evaluación deben permitir evaluar y comparar de manera efectiva la capacitación en formato tradicional y la capacitación con RV. El instrumento de evaluación de satisfacción se ajustó, incorporando elementos que permitan evidenciar si existen o no diferencias en la experiencia de los trabajadores participantes en los dos formatos de capacitación. Junto con ello, el instrumento de evaluación de aprendizaje (que consiste en una prueba de conocimientos convencional), se ajustó eliminando completamente las siete preguntas originales (eliminando las imágenes que se presentaban) y cambiándolas por once preguntas que consideran los diez principios de seguridad y salud ocupacional que se revisan en la capacitación, más una pregunta que apunta a la identificación de las actividades que más accidentes generan en las industrias; dos de las once preguntas están directamente relacionadas con los principios que se revisan en las simulaciones de realidad virtual.

- **Mejoramiento del diseño en la ejecución y la evaluación de los pilotos a través de la Identificación y consideración de variables relevantes:** existen elementos que podrían afectar el desempeño de los pilotos y el resultado de sus evaluaciones (satisfacción y conocimiento); a priori se identifican las variables que se presentaron en el punto anterior. Resulta importante que luego de haber identificado variables relevantes, se seleccionen aquellas que realmente van a servir para la evaluación estadística, descartando por ejemplo algunas que pueden estar relacionadas entre sí (ej: edad, años de experiencia, hijos).
- **Ejecución de la capacitación:** con el objetivo de obtener información útil para el proyecto, asegurando un número importante de respuestas, se decidió recolectar la información en papel, en vez de realizarlo en una plataforma digital. Lo primero que se pide a los trabajadores participantes de la capacitación, es llenar una breve encuesta con información que servirá para la obtención de indicadores estadísticos agregados (Ej: media, mediana) acerca de algunas de las variables indicadas en puntos anteriores; posteriormente al final de la capacitación se les pide llenar una encuesta de satisfacción y luego la prueba de conocimientos. El orden de la obtención de la información también apunta a obtener la satisfacción de los trabajadores antes de la prueba de conocimiento de manera que esta última no afecte la primera; en la Imagen 5 se observan las distintas etapas del proceso de ejecución de las capacitaciones.

Imagen 5: Etapas del proceso de ejecución de las capacitaciones



- **Análisis estadístico de los resultados:** el análisis estadístico se realizará en base a un modelo de regresión lineal en el que se considerarán las distintas variables de control seleccionadas y su impacto en los resultados de los pilotos. La lógica a seguir consiste en definir una ecuación cuyo resultado será la evaluación de aprendizaje de los trabajadores y los componentes de dicho resultado serán las variables de control seleccionadas. La regresión estima coeficientes que definirán el peso que tiene cada variable en el resultado final. De esta forma se verá qué tanto se explica el resultado final por cada una de las variables seleccionadas. En ejemplo de lo descrito es la ecuación que se muestra a continuación:

**A, B:** variables de control

**RV:** variable que identifica si la capacitación se hizo con RV

**$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ :** coeficientes que definen el “peso” o la importancia de la variable sobre los resultados del piloto

**Resultado del Aprendizaje** =  $\alpha A + \beta B + \gamma RV$

Todas las acciones anteriormente descritas ayudarán a entender con mayor claridad los elementos relevantes de la implementación de la capacitación, así como la lógica iterativa propia de los proyectos de innovación, donde se realizan ajustes al producto, previo a una implementación masiva (se busca “fallar a bajo costo”).

#### 4.- Análisis de Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la ejecución de las capacitaciones realizadas con formato tradicional y con realidad virtual.

##### 4.1.-Estadística Descriptiva

Las capacitaciones se desarrollaron en seis empresas que identificaremos sólo con números:

- Empresa 1 (2 capacitaciones)
- Empresa 2 (4 capacitaciones)
- Empresa 3 (8 capacitaciones)
- Empresa 4 (2 capacitaciones)
- Empresa 5 (2 capacitaciones)
- Empresa 6 (6 Capacitaciones)

Dado que las instalaciones de capacitación de las distintas empresas participantes no son iguales y que adicionalmente cada instancia de capacitación podría presentar diferencias en cada empresa, se decidió poner nota a las siguientes variables que definen las condiciones básicas de capacitación:

- Iluminación
- Audio (calidad del sonido de los parlantes habilitados para la capacitación)
- Ruido (ruido ambiente)
- Mobiliario
- Espacio
- Temperatura
- Ventilación



- Puntualidad (las empresas solicitaban iniciar la capacitación cuando lograban maximizar el quórum de los trabajadores convocados)

Cada una de las condiciones de la capacitación fue evaluada por el equipo de innovación según una escala de 1 a 5, siendo 1 la nota correspondiente a la peor evaluación y 5 la correspondiente a la mejor evaluación de las variables consideradas. Como se puede observar en la siguiente tabla, la empresa con las mejores condiciones básicas de capacitación fue la Empresa 2 (Fabricación de alimentos) y la que tuvo peor evaluación fue la Empresa 4 (manufactura metalmecánica).

#### Promedio de Condiciones

- Empresa 2 (fabricación de alimentos): 4,84
- Empresa 6 (fabricación de medicamentos): 4,56
- Empresa 3 (fabricación de perfiles de fierro): 4,55
- Empresa 1 (Fabricación de muebles): 4,13
- Empresa 5 (Fabricación de alimentos en base a trigo): 3,38
- Empresa 4 (Fabricación de elementos metálicos): 2,94

Promedio general: 4,31

A continuación se presenta información que permite tener un acercamiento estadístico descriptivo general acerca de la muestra de trabajadores participantes en las capacitaciones; la información completa se presenta en el punto 6, Anexos.

#### **Variables, medias y distribuciones**

##### **Totales:**

Total trabajadores capacitados: 263

Total trabajadores capacitados con formato tradicional: 144 (54,7%)

Total trabajadores capacitados con Realidad Virtual: 119 (45,2%)

**Género:** Se observa que un 19% de la muestra corresponde a mujeres; 30% en el caso de capacitaciones con formato tradicional y 14% en el caso de capacitaciones con realidad virtual (ver imagen 6).

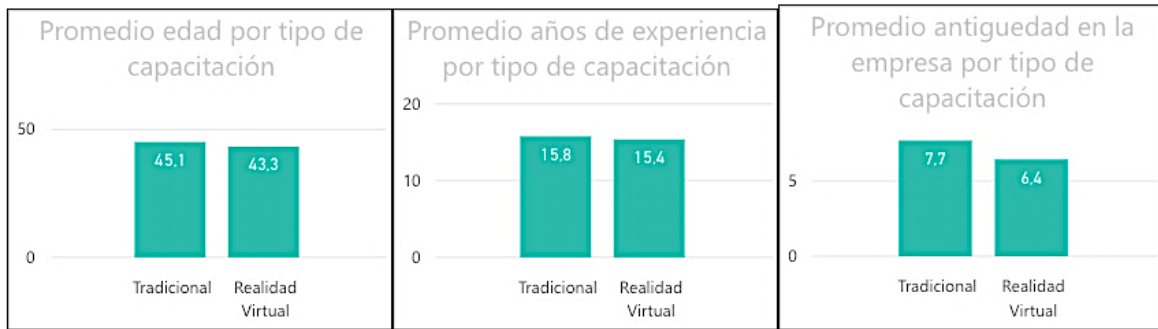
Imagen 6: Distribución de género de la muestra participante en las capacitaciones



**Edad, experiencia laboral y experiencia en la empresa:** Estas variables fueron analizadas con mayor detalle pues en la hipótesis inicial parecen ser variables que podrían tener una influencia directa en los resultados. A priori se tiene esta hipótesis pues a medida que aumenta la edad, la experiencia y los años trabajando en las empresas, aumenta la probabilidad de que los trabajadores hayan recibido capacitaciones relacionadas con esta temática, que hayan experimentado o sido testigos de accidentes graves y que dada su experiencia, ya hayan adquirido un conocimiento relevante acerca de las temáticas presentadas en la capacitación.

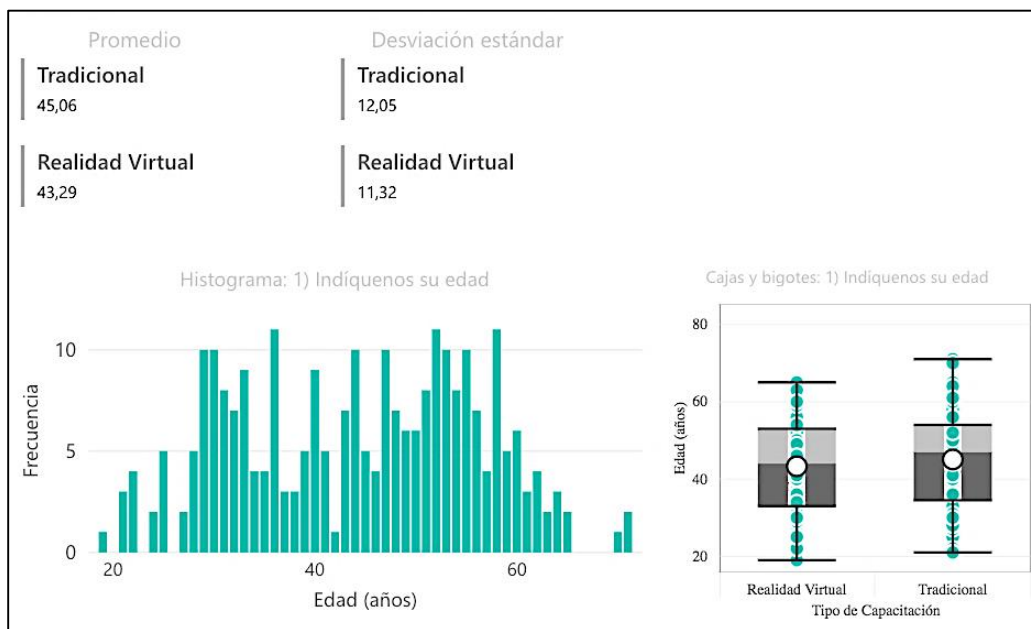
Se observa que los promedios de estas variables no presentan diferencias relevantes para las capacitaciones realizadas en ambos formatos.

**Imagen 7: Comparación de valores promedio de las variables, edad, años de experiencia laboral interactuando con maquinaria y antigüedad en las empresas, para los dos formatos de capacitación.**



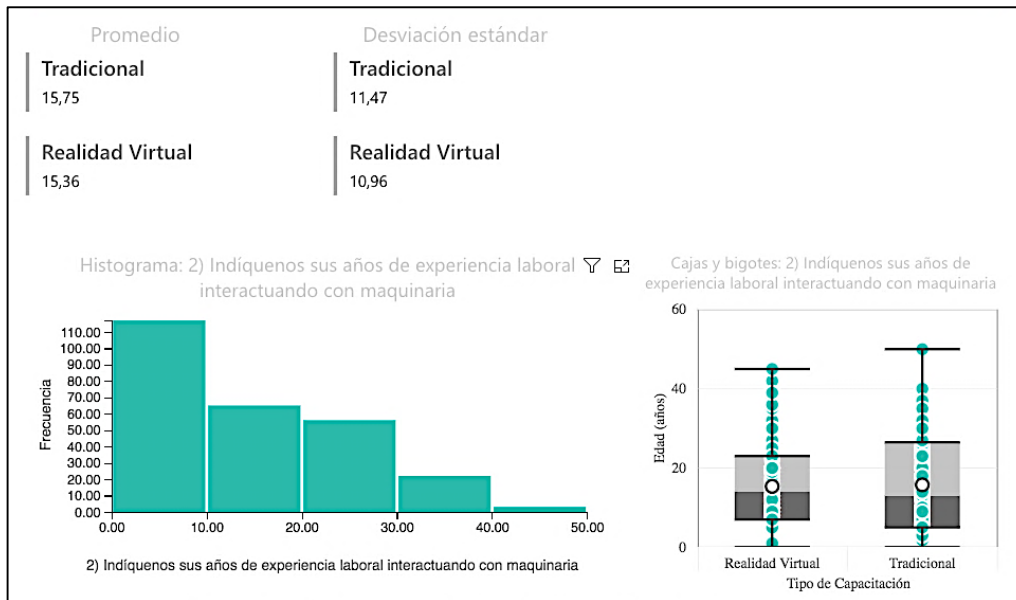
Resulta interesante observar que la variable Edad presenta una distribución bastante similar entre los dos formatos de capacitación, con una media de 45 y 43 años y una mediana de 47 y 44 años para los formatos tradicional y RV respectivamente (ver siguiente imagen).

**Imagen 8: Distribución de la variable “Edad”, para ambos formatos de capacitación**



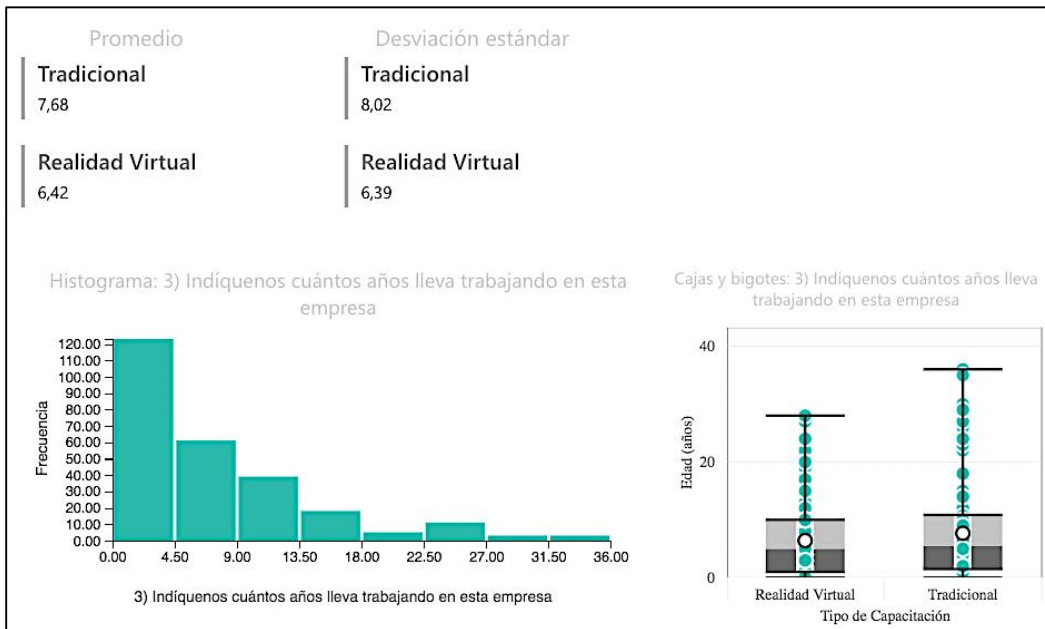
Respecto a los años de experiencia laboral se observa que esta variable presenta una data más distribuida en el caso del formato tradicional, en comparación con la data más concentrada del formato RV (ver imagen 9).

**Imagen 9: Distribución de la variable “Años de Experiencia Laboral Interactuando con Maquinaria”**



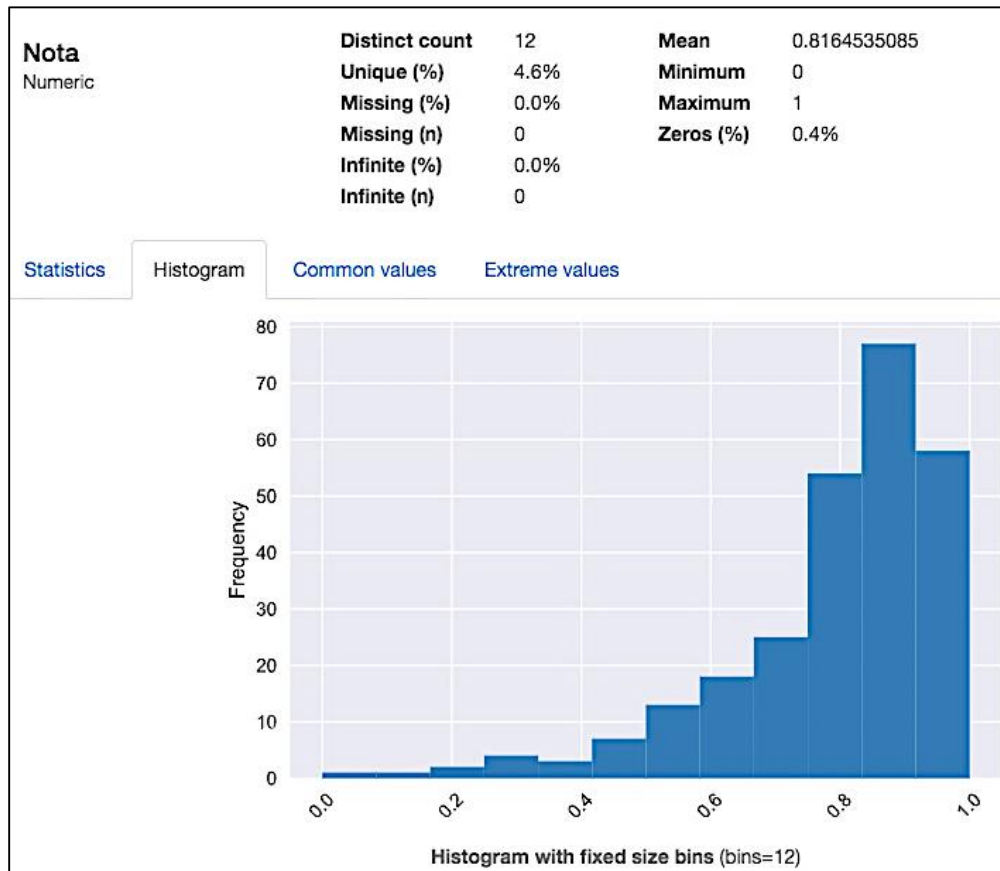
En relación a la variable “Años trabajando en la empresa” se observan indicadores y distribuciones similares excepto por el valor máximo del formato tradicional que es bastante mayor que el formato RV.

**Imagen 10: Distribución de la variable “Años de trabajando en la empresa”**



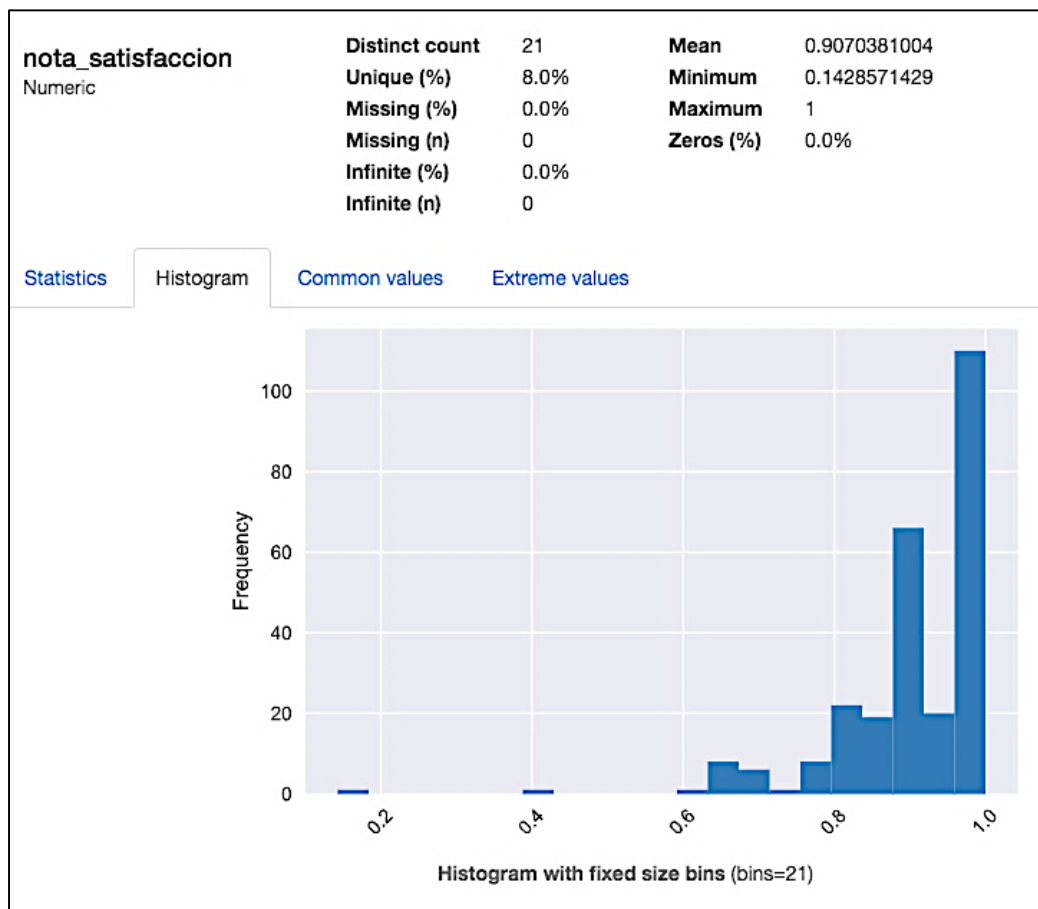
Respecto a la variable Nota de la prueba de conocimiento, al revisar un histograma que considera las notas como porcentaje (de 0% a 100%), se observa que dicha variable dependiente tiene una distribución inclinada hacia la derecha; esto nos entrega a priori algunas pistas de que la variable no tendría una distribución Normal (tener en cuenta este elemento para el punto del análisis estadístico).

Imagen 11: Distribución de la variable Nota de la prueba de conocimiento



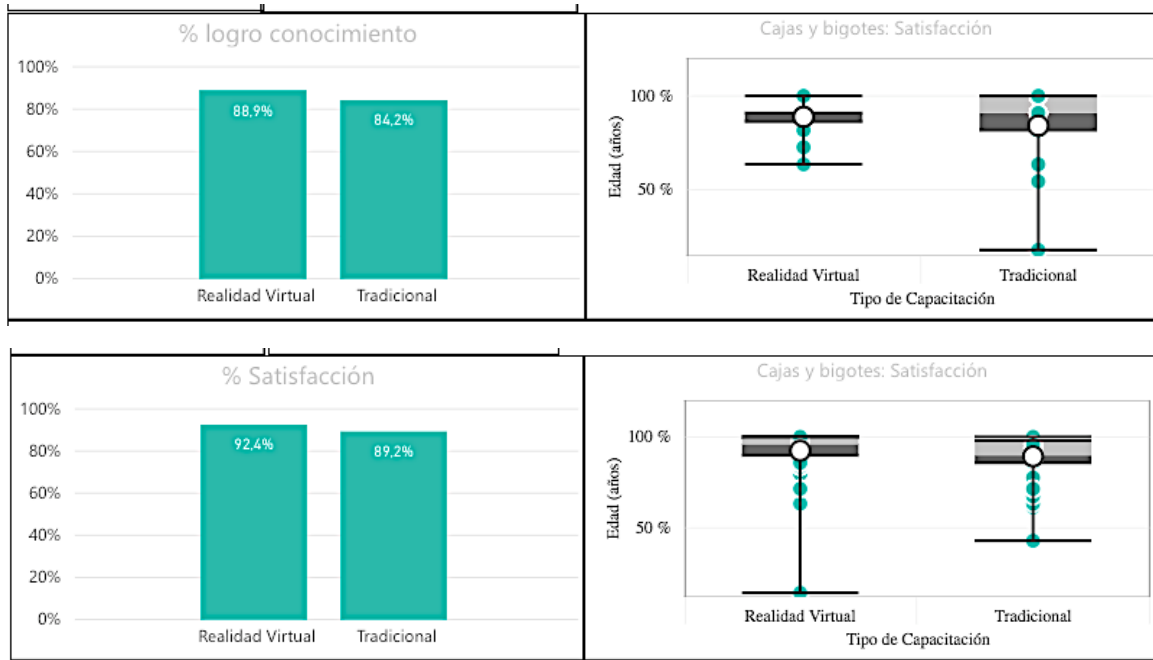
De la misma forma, al revisar la distribución de la variable dependiente resultados de la evaluación de la encuesta de satisfacción, se observa que dicha variable también presenta una inclinación hacia la derecha, lo que a priori nos indica que la variable no tendría una distribución Normal (tener en cuenta para el punto del análisis estadístico).

Imagen 12: Distribución de la variable de evaluación de la Satisfacción de los Trabajadores



Junto con lo anterior se observa en la imagen 13 que la nota de la prueba de conocimientos y de la evaluación de satisfacción presenta mejores resultados para el formato de realidad virtual al compararlo con el formato tradicional. En los puntos siguientes se realiza el análisis que abordará si dicha diferencia es estadísticamente significativa para ambas evaluaciones.

**Imagen 13: Comparación de resultados de conocimiento y de satisfacción en los dos formatos de capacitación**



## 4.2.-Análisis Estadístico

### 4.2.1.- Análisis estadístico de los instrumentos de evaluación utilizados (Alfa de Cronbach)

Como se indicó en puntos anteriores, los instrumentos de evaluación (conocimiento y satisfacción) fueron ajustados para que permitieran evaluar de mejor manera las temáticas abordadas; adicionalmente y para asegurarse que estos instrumentos son adecuados, se ejecutó un análisis estadístico para obtener el coeficiente “Alfa de Cronbach”. Este coeficiente (que tiene valores entre 0 y 1) es el indicador de confiabilidad de escalas psicométricas más usado en ciencias sociales y nos da una medida de la consistencia interna que tienen los elementos (preguntas) que forman una escala de evaluación. Si esta medida es alta, suponemos tener evidencia de la homogeneidad de dicha escala, es decir, que los ítems (las preguntas) están “apuntando” en la misma dirección a la que apunta la evaluación



consolidada<sup>4</sup>. La obtención del Alfa de Cronbach para la prueba de conocimientos entregó un valor de 0,71 y para la encuesta de satisfacción de 0,8, lo que indica que ambos instrumentos de evaluación cumplen con los parámetros de consistencia interna y por lo tanto se pueden utilizar para las evaluaciones requeridas.

#### 4.2.2.- Análisis de Correlaciones entre las variables y los resultados obtenidos

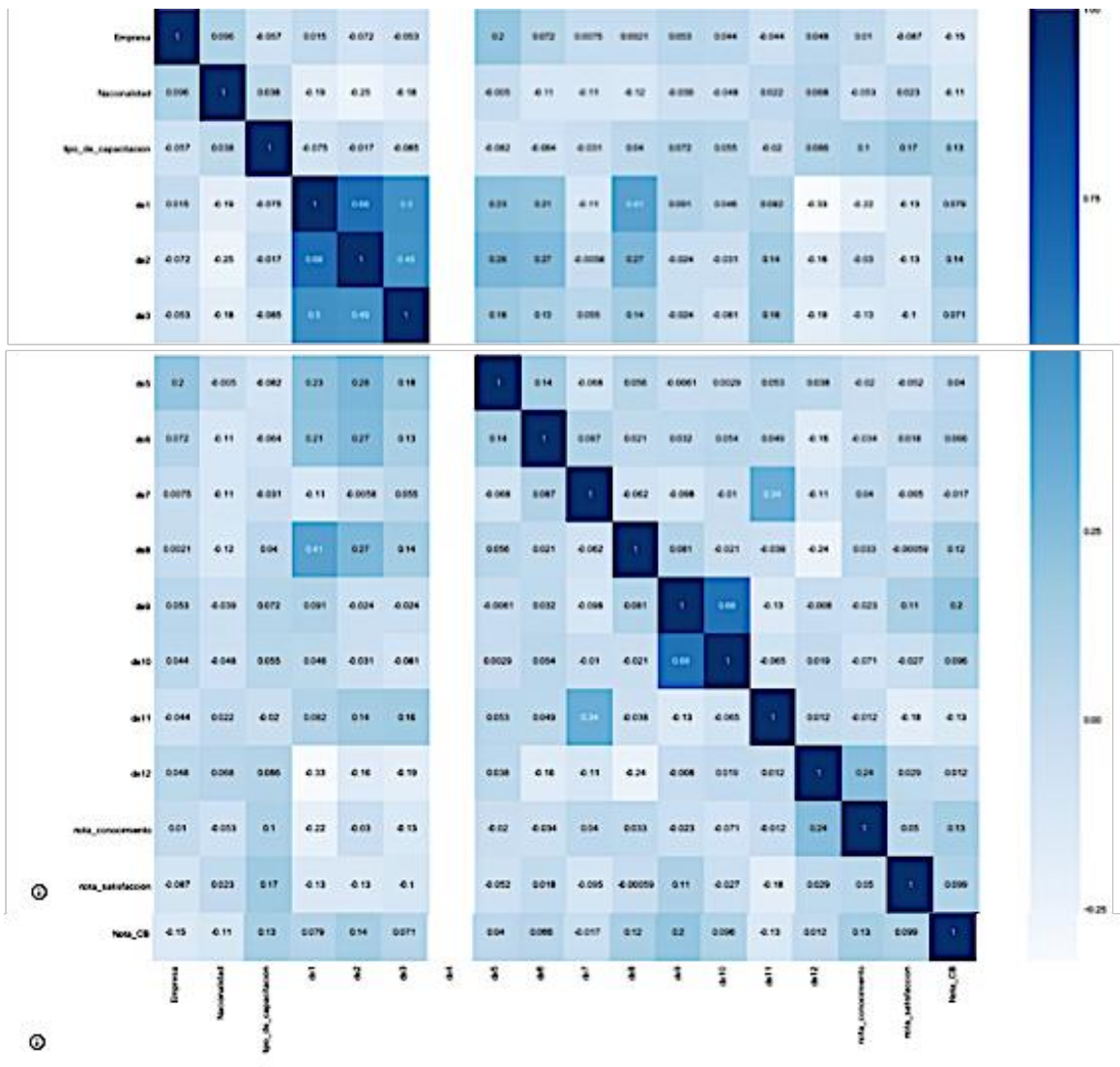
Se ejecutó un análisis de correlaciones entre todas las variables consideradas, además de incluir los resultados de la nota de la prueba de conocimiento, la nota de la encuesta de satisfacción y la nota de las condiciones básicas, luego de lo anterior, se ejecutó un análisis de la significancia de los coeficientes de correlación (imagen 14).

##### Listado de variables consideradas y sus abreviaciones

1) Indíquenos su edad	de1
2) Indíquenos sus años de experiencia laboral interactuando con maquinaria	de2
3) Indíquenos cuántos años lleva trabajando en esta empresa	de3
4) ¿Le parecen interesantes los temas de seguridad y salud ocupacional?	de4
5) Ha tenido Capacitaciones anteriores que aborden la temática de seguridad en máquinas?	de5
6) ¿Ha tenido o sido testigo de accidentes graves en su experiencia laboral?	de6
7) ¿Se siente físicamente cansado, con hambre, con sueño o distraído?	de7
8) ¿Usted tiene hijos?	de8
9) ¿La empresa promueve y facilita su asistencia a capacitaciones de seguridad y salud ocupacional?	de9
10) ¿Su jefatura promueve y facilita su asistencia a las capacitaciones de seguridad y salud ocupacional?	de10
11) Por favor indíquenos cuál de los diagramas representa mejor su estado de ánimo	de11
12) Por favor indíquenos su nivel de estudios	de12
Nota en % prueba de conocimiento	nota_conocimiento
Nota en % satisfacción	nota_satisfaccion
Nota en % condiciones básicas	Nota_CB

<sup>4</sup> <https://www.psycholosphere.com/what%20is%20coefficient%20alpha%20by%20Cortina.pdf>

Imagen 14: Cuadro de correlaciones entre las variables consideradas, la nota de la prueba de conocimiento, la nota de la encuesta de satisfacción y la nota de las condiciones básicas



Según el análisis de significancia estadística realizado para los coeficientes de correlación se observa lo siguiente (ver imagen 15):

**Imagen 15: Cuadro de correlaciones entre las variables consideradas, la nota de la prueba de conocimiento, la nota de la encuesta de satisfacción y la nota de las condiciones básicas**

	empre sa	nacion alidad	tipo_cap acitacion	de1	de2	de3	de4	de5	de6	de7	de8	de9	de1 0	de11	de12	nota_cono cimiento	nota_sat isfaccion	not a_c
empresa	1																	
nacionalidad		1																
tipo_capacitacion			1															
de1		-0.188		1														
de2		-0.248		0.6794	1													
de3		-0.184		0.5016	0.4895	1												
de4							1											
de5	0.1991			0.2262	0.2807	0.1768		1										
de6				0.2079	0.266	0.1266	0.1398		1									
de7										1								
de8				0.4117	0.2744	0.1443					1							
de9												1						
de10												0.6585	1					
de11					0.1449	0.1578				0.3371		-0.132		1				
de12				-0.329	-0.162	-0.192			-0.1597		-0.2424				1			
nota_conocimiento				-0.222		-0.132									0.2434	1		
nota_satisfaccion			0.1672	-0.126	-0.126									-0.1799			1	
nota_cb	-0.145		0.1274		0.1364							0.1989		-0.1289		0.1343		1

- Las variables Edad (De1), años de experiencia laboral interactuando con maquinaria (De2) y Años de antigüedad trabajando en la empresa (De3) tienen una alta correlación entre sí. Además, estas variables correlacionan con la variable que pregunta si los trabajadores han tenido capacitaciones anteriores acerca de la misma temática (De5) y la variable que pregunta si los trabajadores han sido testigos de algún accidente grave (De6). Esto es coherente, porque se asume que a mayor edad, hay mayor probabilidad de asistir a capacitaciones y de haber presenciado accidentes. Del mismo modo, la variable que pregunta si el trabajador tiene hijos (De8) correlaciona con estas variables. A mayor edad, mayor probabilidad de tener hijos.
- La variable que pregunta si el trabajador se siente físicamente cansado, con hambre o sueño (De7) y la que los trabajadores usan para indicar su estado de ánimo (De11) tienen una correlación de 0,34. Esto nos habla de que existe alguna vinculación entre el estado de ánimo de las personas (relacionado con el diagrama de cara que eligen, ver anexo 6.3) y su respuesta a la pregunta 7 de la herramienta de obtención de información estadística.
- La nota de la prueba de conocimiento tiene correlaciones significativas con la edad y nivel de escolaridad.

#### 4.2.3.- Modelamiento Estadístico

A continuación se presenta un análisis que busca modelar las relaciones entre las distintas variables consideradas (las características de los participantes de la muestra y las condiciones en las que se desarrollaron las capacitaciones ejecutadas) y los resultados obtenidos tanto en la evaluación de conocimiento como en la encuesta de satisfacción. En particular lo que se busca es determinar si existe una evidencia que indique que las notas promedio de la prueba de conocimientos, son distintas para las capacitaciones realizadas con el formato tradicional al compararlas con el formato de realidad virtual; de la misma forma se busca determinar si existe una evidencia que indique que las notas promedio de la encuesta de satisfacción son distintas para las capacitaciones realizadas con el formato tradicional al compararlas con el formato de realidad virtual. La comparación mencionada, se realiza a través de un “Test t”, pero para que dicho test sea válido se requiere que la distribución de la nota de la prueba de conocimiento y del resultado de la encuesta de satisfacción, sean ambas normales. Dado lo anterior se ejecutará primero una prueba de normalidad.

##### **a) Prueba de Normalidad (Test Shapiro Wilk)**

- Se ejecutó una prueba de normalidad la que entregó que los resultados de la prueba de conocimiento no distribuyen normal (ver Anexo 6.6).
- Se ejecutó una prueba de normalidad la que entregó que los resultados de la encuesta de satisfacción tampoco distribuyen normal (ver Anexo 6.6).

Dado que el supuesto de normalidad fue rechazado, se realizó una estimación puntual de la significancia de la variable tipo de capacitación (tradicional o con realidad virtual) sobre las notas de la prueba de conocimiento y de la encuesta de satisfacción, con el estadístico

no paramétrico de Kruskal Wallis<sup>5</sup> (ver Anexo 6.7 y 6.8). La estimación puntual (solo incorporando la variable tipo de capacitación) muestra resultados similares a la matriz de correlación, indicando que **el tipo de capacitación solo muestra tener un efecto en las notas de la satisfacción y no en las notas de conocimiento.**

Junto con lo anterior se ejecutó otra estimación puntual de la significancia de la variable tipo de capacitación (tradicional o con realidad virtual) sobre los resultados de las dos preguntas específicas asociadas a los conceptos que aparecen en la capacitación con realidad virtual (pregunta 9 y pregunta 10). Dicha estimación, realizada a ambas preguntas de manera individual y realizada también al promedio de ambas preguntas, mostró que la media de las preguntas no difiere significativamente según el tipo de capacitación ejecutado.

#### **b) Modelamiento con Regresión Lineal Múltiple**

Para complementar los análisis anteriores se desarrolló un modelo de regresión lineal múltiple considerando todas las variables que caracterizan a los trabajadores participantes (modelo saturado), la nota asignada a las condiciones básicas en las que se ejecutaron las capacitaciones para explicar la nota de la prueba de conocimiento. Este modelamiento entregó baja significancia de la mayoría de las variables, excepto la variable Edad y Nivel de Estudios; sin embargo, el coeficiente de dichas variables es muy bajo. Por otra parte, el coeficiente de determinación (“R Cuadrado”) de este modelo, presenta un valor de 0,14 lo que indica que **sólo el 14% de la variación de las notas de conocimiento es explicada por el modelo.**

En esa misma línea se desarrolló otro modelamiento (modelo optimizado) que implicó sacar del modelo las variables que presentaron baja significancia en el modelo anterior quedando sólo las variables edad, años de experiencia laboral, la variable que indicaba si el trabajador

---

<sup>5</sup> <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/nonparametrics/how-to/kruskal-wallis-test/interpret-the-results/key-results/>

tiene hijos y el nivel de estudios. El coeficiente de determinación (“R Cuadrado”) de este modelo presenta un valor de 0,12 lo que indica que **sólo el 12% de la variación de las notas de conocimiento es explicada por el modelo** (ver detalle en Anexo 6.9 y 6.10). Por lo tanto el modelo optimizado no presenta un desempeño mejor que el modelo saturado.

Se desarrolló el mismo análisis pero utilizando como la **variable dependiente el resultado de la encuesta de satisfacción y al igual que en el caso anterior, el modelo entregó malos resultados con un coeficiente de determinación (“R Cuadrado”) de 0,11 (11%) para el modelo saturado y 0,08 (8%) para el modelo optimizado.** (Ver detalle en Anexo 6.11 y 6.12)

**c) Modelamiento con Regresión Logística para la variable nota prueba de conocimiento en modalidad (Aprobado/Reprobado)**

Otra forma de abordar el análisis y determinar si existe una evidencia que indique que las notas promedio de la prueba de conocimientos, son distintas para las capacitaciones realizadas con el formato tradicional al compararlas con el formato de realidad virtual, es considerar el resultado de la prueba como una variable dependiente del tipo “aprobado/reprobado”, en vez de considerar las notas que obtuvo cada trabajador participante, y ejecutar una Regresión Logística (que se utiliza para variables dependientes como las mencionadas). El indicador de bondad de ajuste de esta regresión es el “Pseudo R Cuadrado”

- Se ejecutó una regresión logística considerando todas las variables (modelo saturado) y la variable dependiente “aprobado/reprobado”, entregando que no existen diferencias entre los resultados de la prueba para las capacitaciones ejecutadas con el formato tradicional al compararlos con el formato realidad virtual (ver detalle en anexo 6.13).
- Se ejecutó una regresión logística considerando sólo las variables significativas del modelo anterior (modelo optimizado) y la variable dependiente “aprobado/reprobado”, entregando que no existen diferencias entre los resultados de

la prueba para las capacitaciones ejecutadas con el formato tradicional al compararlos con el formato realidad virtual (ver detalle en anexo 6.14).

**d) Modelo Lineal Generalizado, Familia Binomial (aplicado sólo a la nota de la prueba de conocimiento)**

Se realizó un análisis abordando la variable dependiente (nota de la prueba de conocimiento) como un puntaje de preguntas correctas que va desde el valor cero hasta el valor once, utilizando el modelo lineal generalizado familia binomial. Se ejecutó un modelo saturado (con todas las variables) y el ajuste global para comparar la diferencia entre el modelo saturado con el modelo de interés utilizado fue un test basado en la “Devianza”, (mientras más cercano a 1, el resultado será más fiel a la proyección), en este caso el resultado fue 0,05 (ver detalle en anexo 6.15).

**e) Regresión Beta (aplicado sólo a la evaluación de la encuesta de satisfacción)**

Se realizó un análisis abordando la variable dependiente resultados de la evaluación de satisfacción, como un valor continuo, tipo porcentaje; para ese tipo de variable las metodologías estadísticas recomiendan usar la regresión Beta (ver detalle en anexo 5.16); por ello se ejecutó un análisis de regresión Beta para un modelo saturado y optimizado. En concordancia con la matriz de correlación, el análisis no paramétrico de K-Wallis y los modelos de regresión, **el modelo indica tipo de capacitación tiene un efecto en la satisfacción del estudio de realidad virtual.**

#### 4.2.4.- Resultados de los comentarios de Valoración y Mejoras

La herramienta de evaluación de la satisfacción de los trabajadores en la experiencia de las capacitaciones para los distintos formatos, contenía dos preguntas de comentarios libres que apuntaron a identificar aspectos valorados y aspectos por mejorar; las preguntas mencionadas son las siguientes:

“8) Lo que más valoré de esta actividad de capacitación fue...”

“9) Esta actividad de capacitación mejoraría si...”

- *Descripción de los comentarios realizados por los participantes en las capacitaciones con formato tradicional:*

Del total de participantes en las capacitaciones con el formato tradicional, 51% hizo comentarios en la pregunta 8 y 9 que capturan lo que los asistentes valoraron y los aspectos por mejorar respectivamente. Los comentarios realizados por los asistentes fueron agrupados categorizados para poder clasificarlos y generar un análisis de ellos.

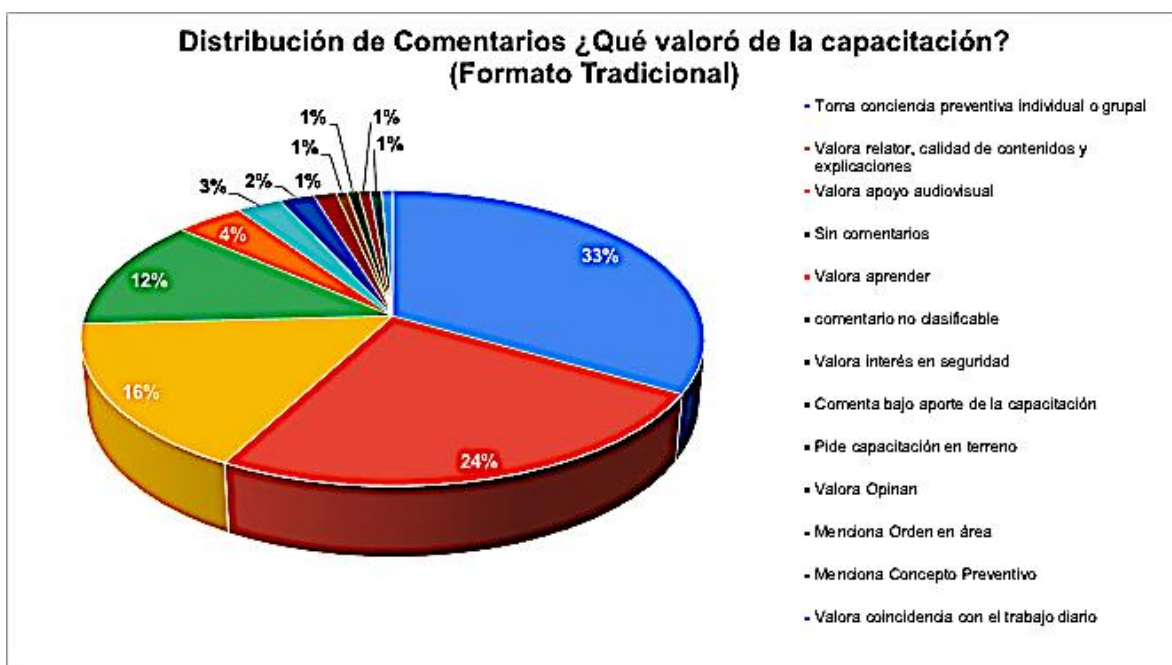
Las categorías y distribución de los comentarios de la pregunta 8 (aspectos valorados), son las siguientes:



### Aspectos Valorados (pregunta 8, formato tradicional)

- Un 33% de los asistentes que hicieron comentarios, mencionaron la toma de conciencia individual o grupal en relación a la importancia de la seguridad y la prevención de accidentes.
- Un 24% de los asistentes que hicieron comentarios, valoraron al relator, la calidad de los contenidos y las explicaciones de la capacitación
- Un 16% de los asistentes que hicieron comentarios, valoró el apoyo audiovisual

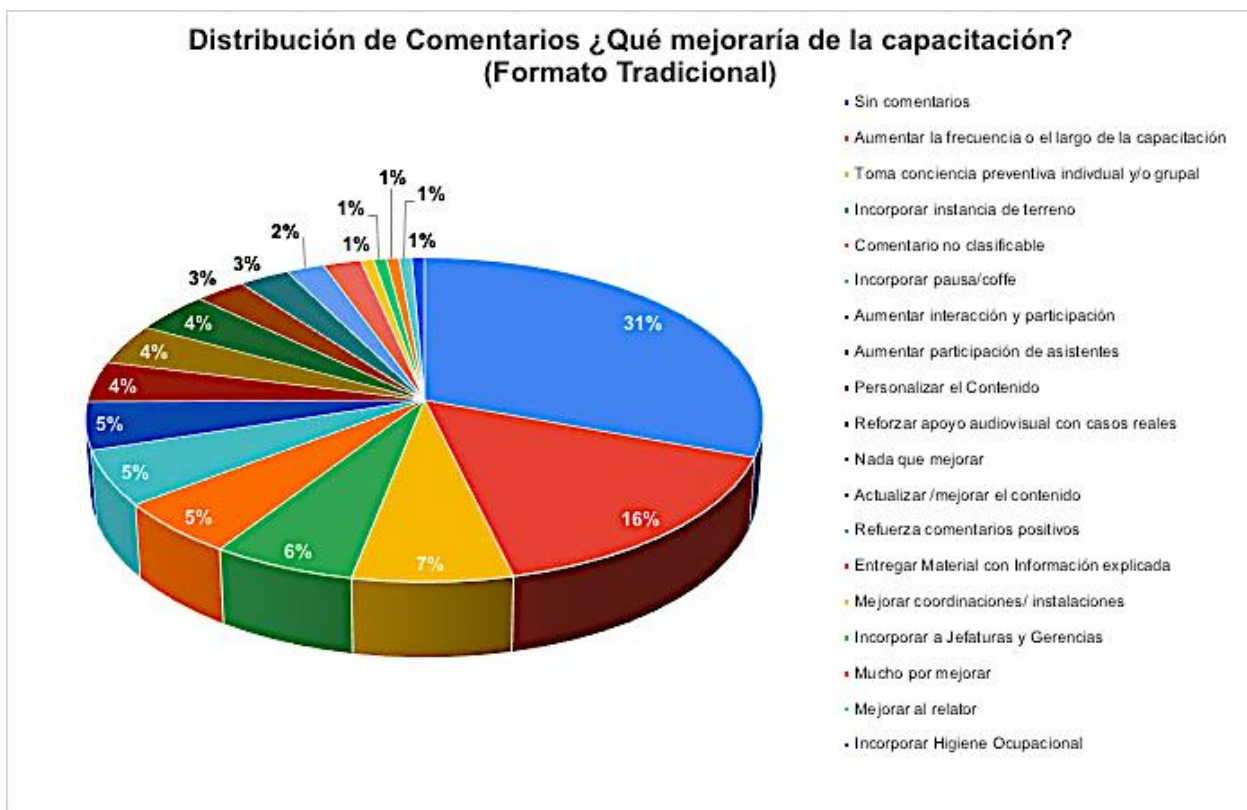
Imagen 16: Distribución de comentarios pregunta 8  
(Aspectos valorados de la capacitación, formato tradicional)



## Aspectos por Mejorar (pregunta 9, formato tradicional)

- Un 16% de los asistentes que hicieron comentarios, plantearon que se debiera aumentar la frecuencia o el largo de las capacitaciones
- Un 7% de los asistentes que hicieron comentarios, mencionaron la toma de conciencia individual o grupal acerca de la importancia de la seguridad y la prevención de accidentes
- Un 6% de los asistentes que hicieron comentarios, mencionaron que la capacitación mejoraría si se incorporara una instancia de terreno

**Imagen 17: Distribución de comentarios pregunta 9  
(Aspectos por mejorar de la capacitación, formato tradicional)**



- *Descripción de los comentarios realizados por los participantes en las capacitaciones con formato realidad virtual:*

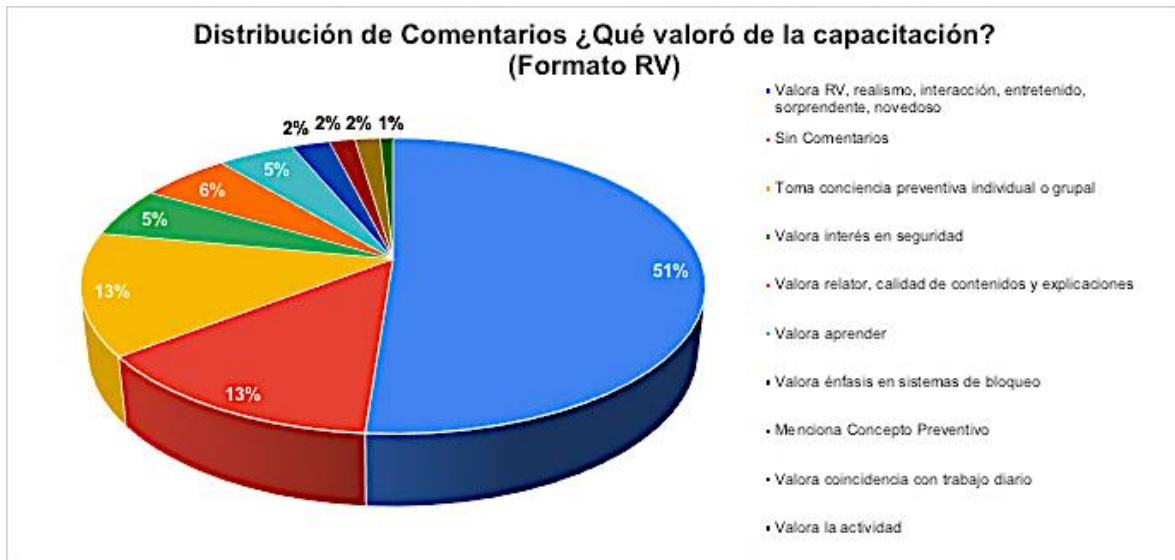
Del total de participantes en las capacitaciones con el formato de realidad virtual, 44% hizo comentarios en la pregunta 8 que captura lo que los asistentes valoraron y 43% hizo comentarios de aspectos por mejorar en la pregunta 9. Los comentarios realizados por los asistentes fueron agrupados categorizados para poder clasificarlos y generar un análisis de ellos.

Las categorías y distribución de los comentarios de la pregunta 8 (aspectos valorados), son las siguientes:

#### Aspectos Valorados (pregunta 8, formato realidad virtual)

- Se observa que el 51% de los asistentes que hicieron comentarios, valora positivamente el realismo, la interacción, lo entretenido, sorprendente y novedoso del formato de realidad virtual
- Un 13% de los asistentes que hicieron comentarios, mencionaron la toma de conciencia individual o grupal acerca de la importancia de la seguridad y la prevención de accidentes
- Un 5% de los asistentes que hicieron comentarios, mencionan valorar el interés de la empresa y/o de ACHS en generar instancias que promuevan la seguridad
- Un 5% de los asistentes que hicieron comentarios, mencionan valorar al relator y los contenidos entregados

**Imagen 18: Distribución de comentarios pregunta 8  
(Aspectos valorados de la capacitación, formato Realidad Virtual)**

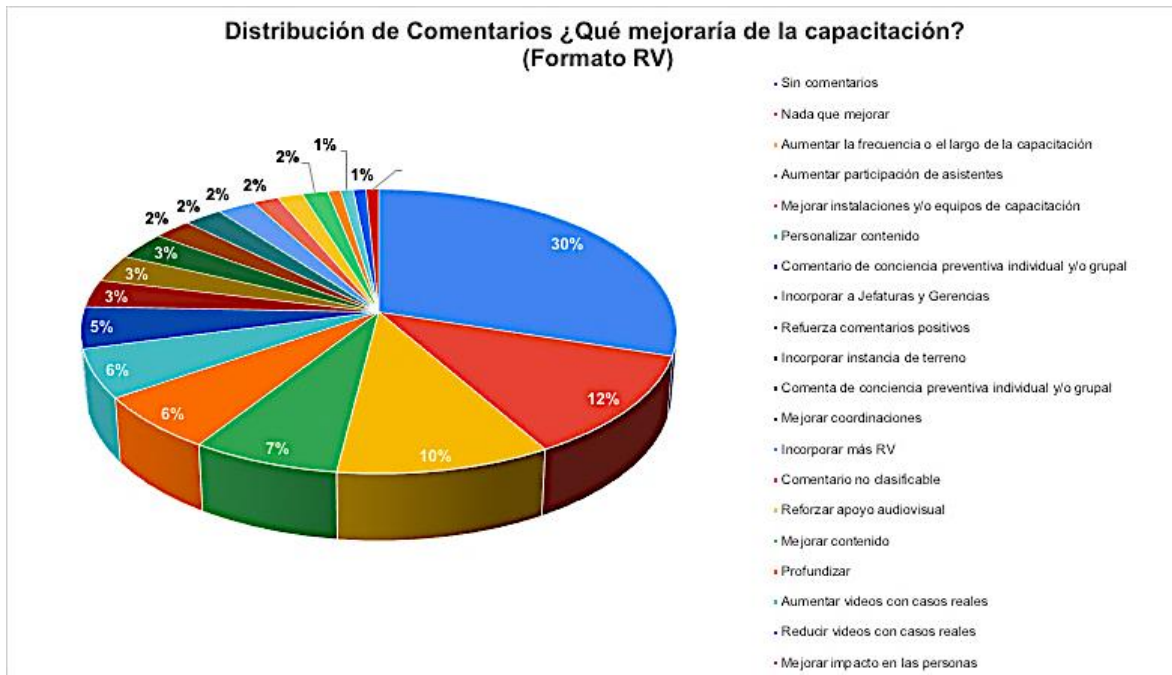


Las categorías y distribución de los comentarios de la pregunta 9 (aspectos a mejorar), son las siguientes:

- El 12% de los asistentes que hicieron comentarios, plantean que no hay nada que mejorar
- El 10% de los asistentes que hicieron comentarios, mencionan que debiera aumentar la frecuencia o el largo de la capacitación
- El 7% de los asistentes que hicieron comentarios, mencionan que debiera mejorar la participación de los asistentes
- El 6% de los asistentes que hicieron comentarios, mencionan que debieran mejorarse las instalaciones y los equipos
- El 6% de los asistentes que hicieron comentarios, mencionan que debieran personalizarse los contenidos entregados en la capacitación (ajustarse al trabajo realizado en la empresa)

- El 5% de los asistentes que hicieron comentarios, mencionaron la toma de conciencia individual o grupal acerca de la importancia de la prevención de accidentes

**Imagen 19: Distribución de comentarios pregunta 9  
(Aspectos por mejorar de la capacitación, formato Realidad Virtual)**



En relación a la información obtenida de la pregunta 8 de comentarios abiertos de valoración, se puede concluir que para el **formato tradicional**, más del **55%** de los comentarios de los aspectos que valoraron los asistentes, se relaciona con la **toma de conciencia individual o grupal acerca de la importancia de la seguridad y la prevención de accidentes** y con el **relator, la calidad de los contenidos y las explicaciones** de la capacitación. En el caso de las capacitaciones con **formato de realidad virtual** el **51%** de los comentarios tiene que ver con la **valoración positiva del realismo, la interacción, lo entretenido, sorprendente y novedoso del formato de realidad virtual**. Por lo tanto se observa una importante valoración acerca de las características de la capacitación con

formato de realidad virtual, lo que resulta coherente con el análisis estadístico que evidencia una mayor satisfacción de los asistentes a este formato de capacitación.

En relación a la información obtenida de la pregunta 9, comentarios abiertos de aspectos a mejorar, se puede concluir que para el **formato tradicional un 54% plantea que las capacitaciones debieran aumentar su frecuencia o largo, o comenta acerca de la toma de conciencia individual o grupal, de la importancia de la seguridad y de la prevención de accidentes laborales.** En el caso de las capacitaciones con formato de **realidad virtual, el 52% de quienes contestaron la pregunta plantearon que no hay nada que mejorar o sugirieron aumentar el largo o la frecuencia de la capacitación.**

#### 4.3. Resultados del Análisis de la Segunda Prueba de Conocimientos

Con el objetivo de realizar un análisis comparativo de las capacitaciones en los formatos tradicional y realidad virtual, que nos indique cuál de ellos logra una mayor retención de conocimientos (que perdure por más tiempo), se ejecutó la prueba de conocimientos una segunda vez en una muestra de la población de trabajadores que participaron en las primeras pruebas.

##### **a) Diseño de la Implementación de la Segunda Prueba de Conocimientos**

El diseño de esta parte del proyecto, implicaba ejecutar la prueba nuevamente, habiendo transcurrido el mismo lapso para todos los participantes de las capacitaciones; esto requería conseguir que las empresas participantes accedieran a ejecutar nuevamente la prueba a sus trabajadores, en una fecha determinada para ello por el equipo de innovación. Ejecutada la prueba bajo esas condiciones, se buscaría realizar un análisis estadístico para determinar cuál de los dos formatos de capacitación presenta mejores resultados y qué tan significativa es la diferencia que presentan los resultados de ambos.

Para facilitar la ejecución de la segunda prueba (haciéndola más corta) y con el objetivo de focalizarse en identificar las diferencias de los resultados en ambos formatos de capacitación, se eliminaron de la segunda prueba 4 preguntas que no presentaban diferencias significativas en sus resultados iniciales para los formatos de capacitación tradicional y realidad virtual; no se eliminaron las preguntas 9 y 10 de la prueba original puesto que son éstas las tienen directa relación con las temáticas presentadas en formato de realidad virtual. Por lo anterior, la segunda prueba contó con siete preguntas en vez de las once preguntas originales.

## **b) Implementación y Cambios**

Dados los acontecimientos de Octubre de 2019 y luego el inicio de la crisis sanitaria en nuestro país (Marzo 2020), hubo varias empresas que decidieron no seguir participando en el proyecto:

- Empresa 2: ejecutó 4 capacitaciones y decidió congelar su participación en la segunda evaluación
- Empresa 5: ejecutó 2 capacitaciones y decidió congelar su participación en su segunda evaluación
- Empresa 4: ejecutó 2 capacitaciones y no respondió acerca de su participación en la segunda evaluación
- Empresa 1: ejecutó 2 capacitaciones y aceptó participar en la segunda evaluación, para ejecutarla a través de una prueba habilitada vía internet
- Empresa 6: ejecutó 6 capacitaciones y aceptó participar en la segunda evaluación, para ejecutarla en papel
- Empresa 3: ejecutó 8 capacitaciones y aceptó participar en la segunda evaluación, para ejecutarla en papel

Junto con lo anterior hubo dificultades en la ejecución de las pruebas en papel y luego en la recopilación de la información, puesto que requería ser retirada personalmente, lo que se volvió complejo dado el estado de cuarentena en la Región Metropolitana, generado por la crisis sanitaria. Finalmente se logró obtener los resultados de la prueba en su segunda ejecución, considerando trabajadores de la Empresa 1 y de la Empresa 6. Las pruebas ejecutadas en la Empresa 3 no lograron ser obtenidas pues no hubo respuesta de la empresa, iniciadas las cuarentenas en las distintas comunas de la Región Metropolitana durante la crisis sanitaria.

### **c) Análisis de Resultados**

#### **Estadística Descriptiva**

Respecto a la muestra de trabajadores que ejecutó la segunda prueba de conocimientos, se puede indicar lo siguiente:

El total corresponde a 52 personas, que equivale al 19,7% de la muestra original

- 35 de ellas participaron en las capacitaciones con el formato tradicional (que corresponden al 24,3% de la muestra original de la capacitación con formato tradicional)
- 17 de ellas participaron en las capacitaciones con formato de realidad virtual (que corresponden a 14,2% de la muestra original de la capacitación con formato realidad virtual)

Dados los cambios provocados por el contexto que se explica en el punto anterior, la segunda evaluación se ejecutó en distintas temporalidades, según la disponibilidad definidas por las empresas:



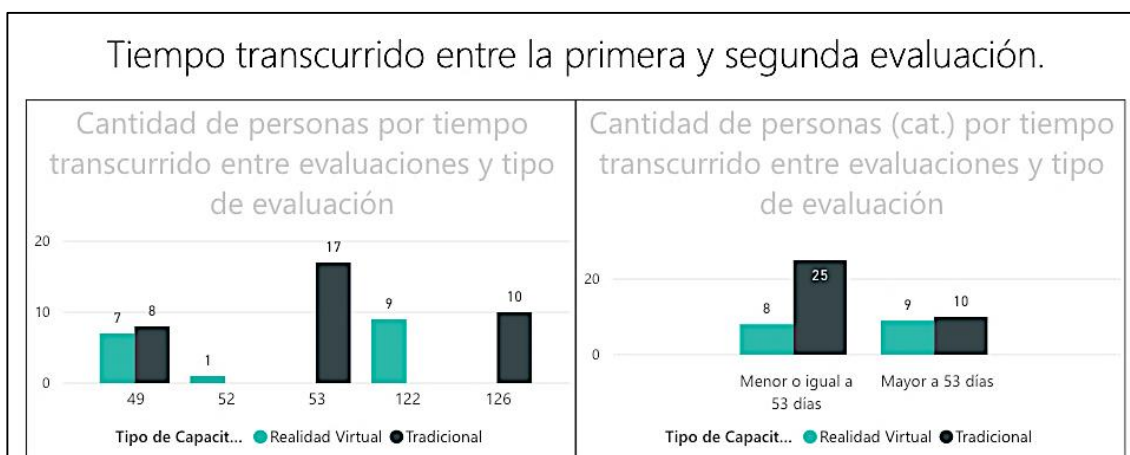
Personas que participaron en la capacitación con formato tradicional:

- 8 personas ejecutaron su segunda prueba 49 días después de la primera
- 17 personas ejecutaron su segunda prueba 53 días después de la primera
- 10 personas ejecutaron su segunda prueba 126 días después de la primera

Personas que participaron en la capacitación con formato realidad virtual:

- 7 personas ejecutaron su segunda prueba 49 días después de la primera
- 1 persona ejecutó su segunda prueba 52 días después de la primera
- 9 personas ejecutaron su segunda prueba 122 días después de la primera

**Imagen 20: Tiempos transcurridos entre evaluaciones y volúmenes asociados**



Como se puede observar en la muestra (ver gráficos de la imagen 20), existe una gran variabilidad de temporalidades para el lapso entre la primera y la segunda prueba, que a su vez corresponden a volúmenes muy bajos como categorías individuales. Por lo anterior se decidió agrupar los datos según dos categorías:

- Casos en que las segunda prueba se ejecutó con hasta 53 días de diferencia respecto de la primera prueba (N=33).
- Casos en que las segunda prueba se ejecutó con más 53 días de diferencia respecto de la primera prueba (N=19).

Para analizar las diferencias entre los dos formatos de capacitación se consideró la resta de los resultados de la segunda prueba de conocimientos y los resultados de la primera prueba (en ambos casos el resultado se define como porcentaje de logro); a la resta mencionada se la denominó “progreso”. Según lo anterior los 17 casos que fueron capacitados con el formato de realidad virtual, presentaron un promedio de progreso igual a 0 puntos porcentuales; es decir, en promedio hubo diferencia 0 puntos porcentuales entre los resultados de la segunda prueba y los resultados de la primera.

Por otra parte, para los 35 casos que fueron capacitados con el formato tradicional, se observó que el promedio del progreso fue 1,22 puntos porcentuales, es decir, en promedio hubo diferencia 1,22 puntos porcentuales entre los resultados de la segunda prueba y los resultados de la primera.

Lo primero que se puede decir respecto a estos resultados es que son contra intuitivos pues, no sólo entregan una variación mayor para el formato tradicional, sino que además muestran una variación positiva; esto implica que en la segunda prueba se obtuvieron mejores resultados que en la primera (para la muestra en cuestión), aun cuando transcurrió un tiempo desde la ejecución de la capacitación.

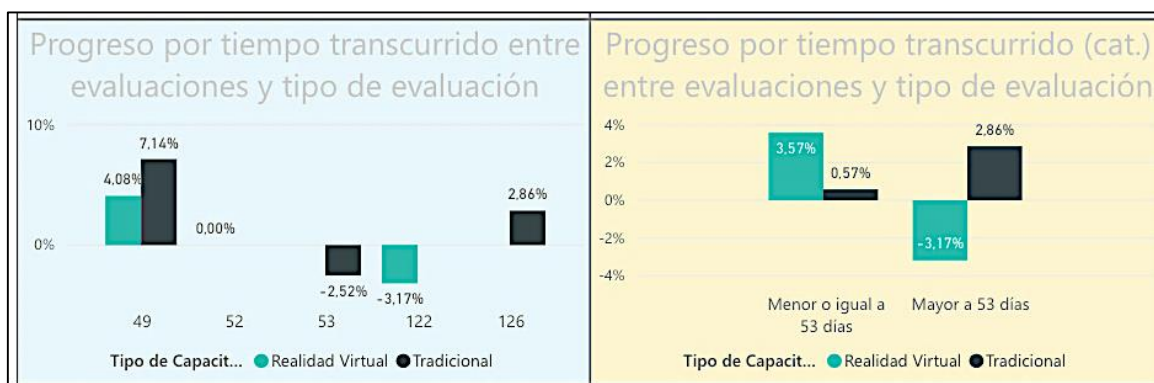
**Imagen 21: Progreso promedio para las muestras de los dos tipos de capacitaciones**

Promedio progreso	muestra	Promedio progreso	muestra
<b>0,00%</b>	<b>17</b>	<b>1,22%</b>	<b>35</b>
Realidad virtual	Realidad virtual	Tradicional	Tradicional

Al revisar los resultados del “progreso” según las temporalidades originales, se puede observar que no es tan clara la diferencia entre el formato tradicional y realidad virtual (siguiente gráfico, imagen 22, cuadro de la izquierda). Por otra parte, al revisar los resultados según las categorías de tiempo definidas (siguiente gráfico, imagen 22, cuadro de la derecha) se puede observar que en ambas categorías de tiempo el formato tradicional presenta un “progreso” positivo; es decir para ambas temporalidades, la segunda prueba

entrega mejores resultados que la primera prueba. Adicionalmente se observa que las capacitaciones con formato realidad virtual presentan un “progreso” positivo (3,57 puntos porcentuales) para la categoría de tiempo menor a 53 días y un “progreso” negativo (3,17 puntos porcentuales) para la categoría de tiempo mayor a 53 días. Esto implica que en la primera categoría (tiempo menor a 53 días) las capacitaciones con formato realidad virtual tuvieron mejores resultados en la segunda prueba de conocimientos y en la segunda categoría de tiempo ocurre lo contrario.

**Imagen 22: Progreso promedio para las muestras de los dos tipos de capacitaciones, según categorías de tiempo**



## Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos con la muestra, se consideraron las siguientes variables:

- Progreso: resta entre los resultados obtenidos en la segunda prueba y los obtenidos en la primera prueba. A esta variable se la denominó Diff en el análisis.
- Tipo de Capacitación (formato): capacitación con formato tradicional o realidad Virtual

- Tiempo (categorizado): corresponde a las categorías de tiempo transcurrido entre la segunda prueba y la primera prueba (hasta 53 días y más de 53 días respectivamente)

Con lo anterior se desarrollaron los análisis que se explican a continuación.

- **Análisis de correlación de Pearson**

Se estimó la correlación de Pearson entre las variables Progreso (Diff) y tipo de capacitación; luego se estimó correlación de Pearson entre las variables Progreso (Diff) y Tiempo (categorizado). Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Imagen 23: Resultados Análisis de Pearson entre las variables Progreso (Diff), Tipo de Capacitación y Categorías de tiempo**

	diff
diff	1.0000
Tipo	0.0345
tiempo_cat	0.0376

La correlación entre la variable Diff y la variable Tipo de capacitación (Tipo) es 0,0345.

La correlación entre la variable Diff y la variable Tiempo categorizado (tiempo\_cat) es 0,0376. Por lo tanto, como los valores de los índices de correlación son muy bajos no existe evidencia respecto a que el tipo de capacitación y el tiempo transcurrido tengan un efecto sobre los resultados de la diferencia de las pruebas de conocimiento (para que tengan un efecto significativo, los valores deben ser cercanos a 1).

- **Comparaciones de promedios por tipo de capacitación y tiempo**

### **Comparaciones de promedios según tipo de capacitación**

Se ejecutó una estimación puntual (Kruskall Wallis) para determinar la relación existente entre el promedio de las diferencias de los resultados (segunda prueba menos primera prueba) y el tipo de capacitación (formato tradicional y realidad virtual). Esta estimación entregó un indicador de bondad de 0,64, lo que implica que no hay una relación significativa entre estas dos variables (para que lo haya el indicador debe ser menor que 0,05).

**Imagen 24: Resultados Análisis de Kruskal-Wallis Progreso (Diff), Tipo de Capacitación**

Kruskal-Wallis equality-of-populations rank test		
tipo	Obs	Rank Sum
0	17	428.00
1	35	950.00

chi-squared = 0.193 with 1 d.f.  
 probability = 0.6607

chi-squared with ties = 0.208 with 1 d.f.  
 probability = 0.6483

### **Comparaciones de promedios según categorías de tiempo**

Se ejecutó una estimación puntual (Kruskall Wallis) para determinar la relación existente entre el promedio de las diferencias de los resultados (segunda prueba menos primera prueba) y las categorías de tiempo transcurrido para la ejecución de la segunda prueba. Esta estimación entregó un indicador de bondad de 0,6, lo que implica que no hay una relación significativa entre estas dos variables (para que lo haya el indicador debe ser menor que 0,05).

Imagen 25: Resultados Análisis de Kruskal-Wallis Progreso (Diff), Categorías de Tiempo

Kruskal-Wallis equality-of-populations rank test

tiempo~t	Obs	Rank Sum
0	19	477.00
1	33	901.00

chi-squared = 0.254 with 1 d.f.  
probability = 0.6146

chi-squared with ties = 0.274 with 1 d.f.  
probability = 0.6007

Dado lo anterior la diferencia de los resultados obtenidos en la segunda y primera prueba de conocimientos, no tiene una relación significativa (para esta muestra) ni con el tipo de capacitación ni con el tiempo transcurrido entre la ejecución de ambas pruebas.

- **Regresión Lineal**

Se ejecutó una regresión lineal considerando como variable dependiente la resta entre los resultados obtenidos en la segunda prueba y los obtenidos en la primera prueba, y como variable independiente, el tipo de capacitación y el tiempo transcurrido (las dos categorías de tiempo definidas anteriormente).

**Imagen 26: Resultados Análisis de Regresión Lineal**

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	52
Model	.003053656	2	.001526828	F(2, 49)	=	0.05
Residual	1.44412666	49	.029471973	Prob > F	=	0.9496
Total	1.44718031	51	.028376085	R-squared	=	0.0021
				Adj R-squared	=	-0.0386
				Root MSE	=	.17167

diff	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
Tipo_capacitacion	.0096544	.0522449	0.18	0.854	-.0953357 .1146444
tiempo_transcurrido	.0107976	.0508943	0.21	0.833	-.0914782 .1130735
_cons	-.0050812	.0480339	-0.11	0.916	-.1016091 .0914466

Como se observa con los valores obtenidos de la regresión lineal, los coeficientes (“coef”, en el cuadro de la imagen 26) de las variables involucradas son muy bajos (ceranos a cero) y adicionalmente su significancia también es muy baja (son mayores a 0,8 y para ser significativos deben ser menores a 0,05). **Por lo tanto, la regresión lineal es consistente con los resultados encontrados previamente y no existe una relación lineal entre el progreso de la evaluación de conocimiento, el tipo de capacitación y el tiempo transcurrido.**

#### **d) Consideraciones relevantes**

Revisada la estadística descriptiva de la muestra y el análisis estadístico correspondiente con las pruebas de correlaciones de Pearson, las estimaciones puntuales de Kruskal-Wallis y la regresión lineal con las variables de interés, se deben realizar algunas consideraciones: La muestra para la ejecución de la segunda evaluación resultó ser sólo un 19,7% de la muestra original; junto con ello los grupos que participaron en las capacitaciones con formato tradicional y realidad virtual alcanzan el 24% y 14% de sus grupos originales respectivamente. De ello se puede decir que la muestra tiene un volumen bajo y adicionalmente se observa desbalanceado en relación al formato de capacitación. Ambos elementos le quitan poder concluyente al análisis.

Aunque en un inicio se había considerado que para una segunda evaluación, existía una alta probabilidad de que se redujera la cantidad de participantes, la estimación de dicha reducción (30%) fue mucho menor que la reducción que hubo en la realidad. Naturalmente el contexto país (crisis social y luego sanitaria) generó una reducción radical en la muestra (reducción de un 75% y 85% del universo original para los capacitados con el formato tradicional y el formato realidad virtual respectivamente) lo que tuvo un impacto muy relevante en el poder concluyente del análisis obtenido de esta segunda evaluación.



## 5.- Conclusiones y Recomendaciones

Con el análisis realizado en el presente estudio, **se puede concluir que aunque la prueba de conocimientos de la primera evaluación presenta un mejor resultado para el formato de realidad virtual al compararlo con el formato tradicional, dicha diferencia no es estadísticamente significativa.** Junto con ello, al ejecutar la segunda evaluación de conocimientos no se observa que exista una relación entre el tipo de capacitación, el tiempo transcurrido y los resultados obtenidos en prueba de conocimientos; sin embargo, dicha observación no es concluyente dado el volumen de la muestra y el desbalance de la muestra alcanzado según las disponibilidades de las empresas (menor al 30% del universo original).

Por otra parte **los mejores resultados de satisfacción del formato de realidad virtual por sobre el tradicional sí presentan una diferencia estadísticamente significativa.** Este punto también presenta coherencia al revisar los comentarios abiertos de la encuesta de satisfacción, pues en ellos se evidencia que para el caso de las capacitaciones con el formato de realidad virtual, **el 51% de los comentarios tienen que ver con la valoración positiva de las características del formato, entre los que se mencionan el realismo, la interacción, lo entretenido, sorprendente y novedoso de ello;** en los comentarios del otro formato los capacitados hablan de elementos más genéricos y amplios, como son la toma de conciencia individual o grupal acerca de la importancia de la seguridad y la prevención de accidentes, la calidad de los contenidos y de las explicaciones.

Durante la ejecución de las capacitaciones se observó que el formato de realidad virtual generaba una reacción particularmente distinta al formato tradicional; mientras en el formato tradicional los trabajadores se limitaban a observar y a veces a interactuar conversando con el relator, en el otro formato se generó una dinámica en la que se manifestaba un interés grupal por la experiencia, que generaba individualmente sorpresa (susto) y luego risas. La experiencia de realidad virtual parecía ser algo novedoso y de impacto para los trabajadores, esto se evidenció en el hecho de que en varias ocasiones los

trabajadores asistentes a la capacitación sacaban fotos a sus compañeros mientras estos tenían la experiencia de la realidad virtual (ver imagen 27). Esta situación resultó coherente con el análisis estadístico de satisfacción.

Imagen 27: Trabajadores en capacitación con formato realidad virtual



Por otra parte aunque la experiencia resulta de impacto, no logra apalancar lo suficiente al conocimiento que se entrega en la capacitación y esto puede tener relación con lo siguiente:

- 1) **“Dosis de realidad virtual”**: se observa que el tiempo de la experiencia de realidad virtual (constituido por dos módulos de a lo más ocho minutos cada uno) es poco en comparación con el tiempo total de la capacitación (entre noventa a ciento veinte minutos), por lo que la experiencia de realidad virtual corresponde a un poco más del 13% del tiempo que dura la experiencia total. En una analogía con la experimentación

con medicamentos se podría decir que la “dosis” de realidad virtual es muy pequeña para lograr impactar en los resultados de manera significativa.

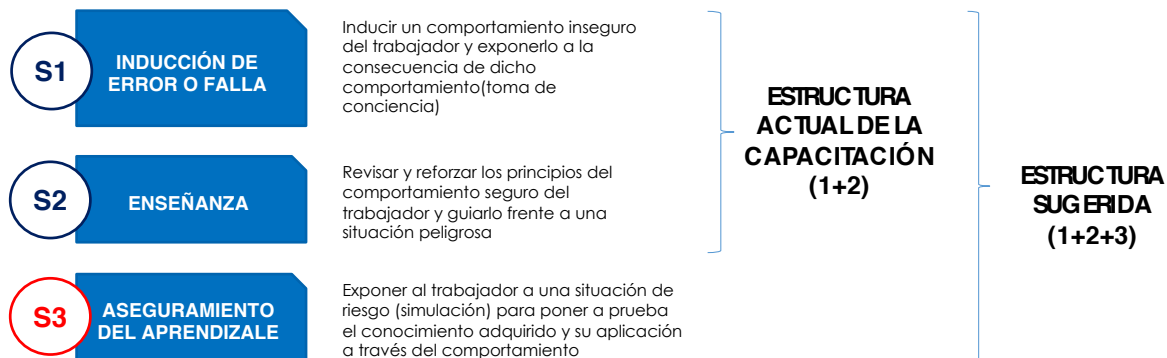
- 2) **Cobertura temática de la realidad virtual:** el módulo de realidad virtual se relaciona sólo con dos principios de los once que se presentan en la capacitación (un poco más del 18%), por lo tanto es esperable que el impacto de la herramienta de realidad virtual sea poco significativo aunque se pensaba que podría haber servido como apalancador de la retención de conocimiento del resto del contenido.
- 3) **Estructura de la capacitación y cierre del ciclo de aprendizaje:** Otro elemento que parece relevante tiene que ver con la estructura de la capacitación y los módulos de realidad virtual. El primer módulo (S1, en la imagen 28), consiste en la realización de una tarea operativa mediante la cual se induce a los trabajadores a actuar de manera insegura y como resultado de ello, experimentan un accidente grave, simulado. En el segundo módulo, al final de la capacitación, se repasan los conceptos de bloqueos y protecciones de seguridad en máquinas y un personaje de la simulación guía al trabajador para que aplique los bloqueos mencionados, en la misma tarea operativa en la que experimentó el accidente. La estructura de la capacitación actual considera la inducción del error o falla del trabajador (simulación 1, S1) para que éste tome conciencia de las consecuencias de no respetar los principios de seguridad y luego el reforzamiento de los principios de seguridad a través de un guía del procedimiento de seguridad (simulación 2, S2), pero **no considera la puesta a prueba del aprendizaje del trabajador y su comportamiento**. Este último elemento permitiría asegurarse del aprendizaje adquirido por el trabajador.

## Recomendaciones Finales

### Respecto de la estructura de la capacitación

Dado lo anteriormente expuesto, se sugiere que, para poder cerrar completamente el ciclo del aprendizaje y la aplicación del conocimiento adquirido (en una situación lo más real posible, simulada con realidad virtual), se exponga al trabajador a la misma situación peligrosa y se le deje actuar en ella sin ninguna guía; esto permitiría probar no sólo si recuerda los principios enseñados sino también si logró retener detalles relevantes desde el punto de vista de seguridad, como por ejemplo el orden en el que ejecutan los pasos del proceso de bloqueo (elementos que pueden ser críticos en una situación real).

Imagen 28: Estructura actual de la capacitación y estructura sugerida



Sería ideal que en este último elemento de simulación (S3), se le indique también al trabajador los errores cometidos en su procedimiento de bloqueo y adicionalmente se le entregue o reste puntaje en la medida que los procedimientos de seguridad sean bien ejecutados para que pueda identificarlos con claridad. La evaluación de su desempeño durante la simulación, debiera considerarse adicionalmente a la prueba de conocimiento aplicada después, al final del proceso de capacitación; lo anterior permitiría abordar el problema de la baja “dosis” de realidad virtual, reforzando la retención del contenido a través de una metodología “aprender haciendo” con un formato más integral que el actual.

### **Respecto del potencial de la satisfacción**

El análisis estadístico realizado, indica que la capacitación con herramientas de realidad virtual, tal como fueron implementadas en este proyecto, genera una satisfacción significativamente mayor en los trabajadores; por lo tanto se debiera buscar una forma de dirigir esa mayor satisfacción hacia un mejor aprovechamiento que permita apalancar la adopción de conocimientos; un ejemplo de lo anterior podría ser inducir su acceso a alguna plataforma en la que revise nuevamente los conceptos enseñados para reforzar su conocimiento; para lograr aquello podría ser interesante probar juegos de conocimiento dirigidos a los contenidos de interés, con un formato competitivo en el que se apunte no sólo al progreso individual sino que también a la competencia de conocimientos de seguridad entre pares de un equipo de trabajo (existen herramientas de este tipo en la actualidad y se aplican por ejemplo para asegurar el conocimiento de equipos de vendedores).

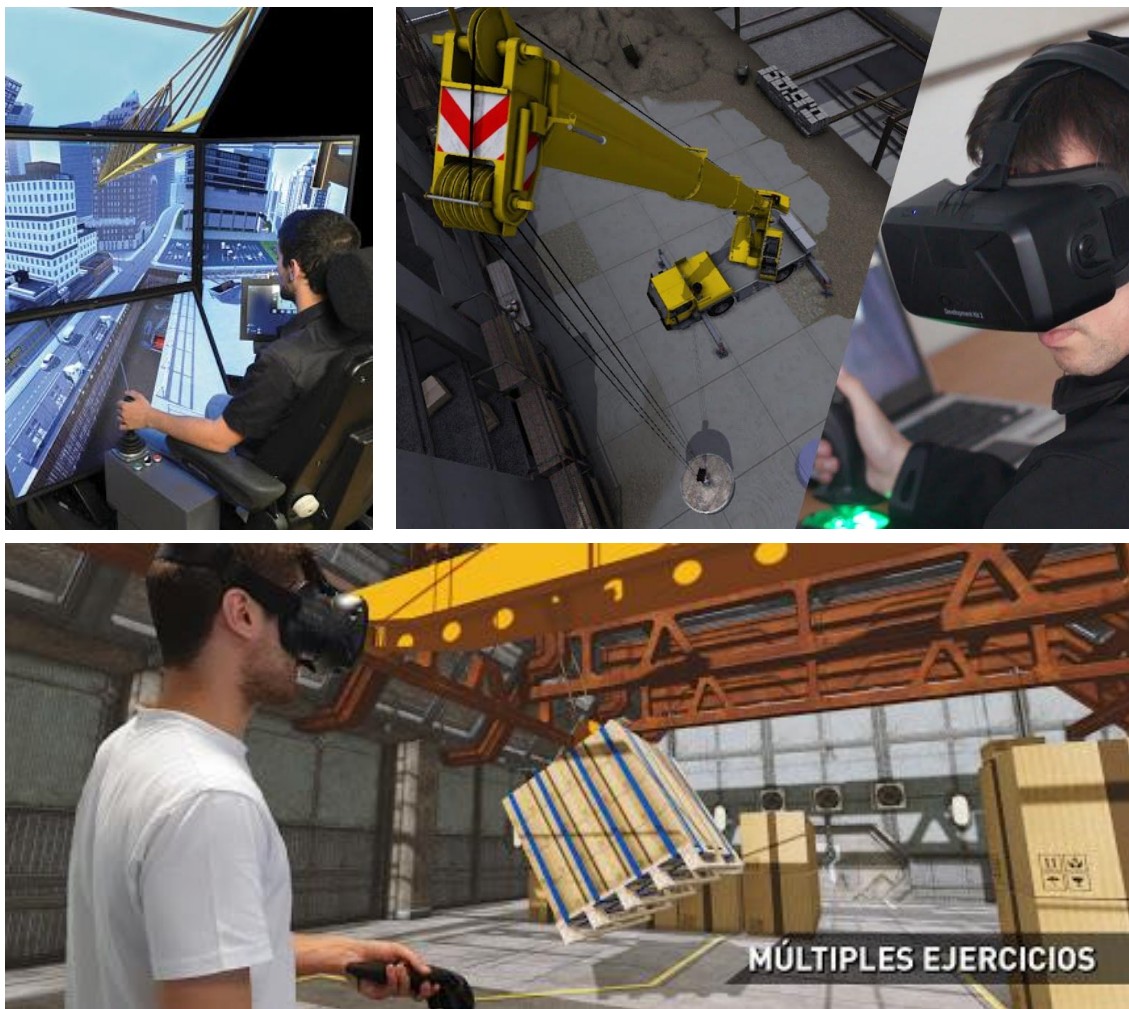
### **Respecto de la aplicabilidad y expectativas de la implementación de la herramienta de Realidad Virtual**

El objetivo de la capacitación según su definición original dice lo siguiente: “Comprender las causas y consecuencias de los accidentes graves generados en máquinas y la importancia de tomar buenas decisiones. Identificar los 10 principios o instrucciones que deben seguirse para evitar los accidentes en máquinas.”

Según la Taxonomía de Bloom, los objetivos asociados a la capacitación bajo análisis se relacionan fundamentalmente con procesos cognitivos de orden inferior como “recordar” y “comprender”. Bajo la lógica de la misma taxonomía, se podría decir que la Capacitación realizada con las herramientas de realidad virtual está asociada a un proceso cognitivo de una categoría siguiente: “aplicar”. Las herramientas de realidad virtual se han utilizado ampliamente en entrenamientos laborales para preparar a los trabajadores particularmente en tareas complejas donde una falla puede ser muy costosa o donde el entrenamiento en sí resulta muy caro. Como lo indica el portal chileno “Reporte Minero”

(30 Julio de 2019) la industria minera chilena está haciendo importantes inversiones en desarrollos de capacitaciones con realidad virtual y ya existen desarrollos interesantes aplicados para la industria portuaria y de la construcción. En esta línea se evidencia que distintas industrias están utilizando estas herramientas, particularmente como forma de entrenamiento laboral, que en la taxonomía de Bloom correspondería a “aplicar”, dado que se ponen a prueba de manera práctica, los conocimientos entregados.

**Imagen 29: Realidad Virtual para entrenamientos industriales**



Desde este punto de vista, para el caso bajo análisis, se estaría esperando resultados de una categoría cognitiva superior a una capacitación que fue diseñada para una categoría cognitiva más simple. Dado este “des alineamiento”, sería recomendable alinear la

capacitación y las herramientas utilizadas en ella, ya sea aplicando las herramientas de realidad virtual en capacitaciones diseñadas para un proceso cognitivo del tipo “aplicar” (lo que implicaría rediseñar la capacitación) o bien utilizar herramientas tecnológicas menos sofisticadas que la realidad virtual y aplicarlas sobre capacitaciones del nivel cognitivo “recordar” o “comprender, como las actuales.

Las dos aristas mencionadas tienen líneas de desarrollo interesantes; naturalmente la sofisticación de la capacitación hacia un nivel cognitivo mayor requiere de un esfuerzo de rediseño, en donde se debieran considerar elementos relevantes para el diseño de una nueva capacitación como por ejemplo, el hecho de que más del 50% de la población a capacitar podrían ser personas que a lo más alcanzan la escolaridad completa, o que cerca del 60% de las personas participantes ya han sido testigos de accidentes laborales graves (elementos que aparecieron en la muestra de este proyecto); ambos elementos son inputs que debieran considerarse, por ejemplo minimizando el lenguaje técnico usado en las capacitaciones, apuntando a simplificarlo para un entendimiento más universal, o bien generando una participación activa de quienes han experimentado o sido testigos de un accidente grave para que ellos transmitan a sus compañeros lo complejo de la experiencia vivida y con ello se apalanque la toma de conciencia de la relevancia de seguir un comportamiento seguro por parte de sus pares. La participación de los supervisores y las jefaturas, además de una instancia en terreno en la que se revisen los peligros reales presentes en la operación, junto con la definición de medidas de control generadas en acuerdo con los trabajadores (en la línea de los proyectos de ergonomía participativa) podría generar una experiencia de aprendizaje individual y colectiva mucho mayor, adecuada a un nivel cognitivo de “aplicación”. Por otra parte, para dirigirse a un nivel cognitivo inferior, también se podría avanzar hacia un desarrollo que, ocupando herramientas de realidad virtual más simples (por ejemplo: celulares con visores, visores más uno o más joystick) o sin ocupar herramientas de realidad virtual, permita a los trabajadores reforzar la retención de contenidos de seguridad en máquinas y equipos. Un ejemplo de ello podría ser un “tour virtual” por instalaciones industriales (reales o



simuladas), en las que el recorrido se detenga en las zonas críticas (partes móviles, piezas de transmisión y puntos de operación) de una instalación segura y una insegura (con y sin sistemas de bloqueo respectivamente), que permita identificar las diferencias y los peligros involucrados en ambos escenarios y se refuercen los principios de seguridad.


Así como en las industrias mencionadas, dado lo crítico de las tareas que se ejecutan en ellas, ya se está trabajando con capacitaciones del tipo “aplicar” utilizando entrenamientos con realidad virtual, resulta recomendable que, para tareas industriales de alto riesgo y exposición de los trabajadores, como aquellas en las que han ocurrido accidentes graves o fatales, se realicen capacitaciones que apunten no sólo a conocer y recordar sino a aplicar los conocimientos adquiridos en ellas. Para estos casos sería conveniente avanzar hacia herramientas de realidad virtual u otras metodologías de aprendizaje que aseguren el conocimiento práctico de las labores para evitar con ello los accidentes laborales y sus consecuencias.



## 6.- Anexos

### 6.1. Herramienta de Evaluación de Satisfacción (ajustada)

**PRINCIPIOS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS Y EQUIPOS**  
**ENCUESTA DE SATISFACCIÓN**



**Estimado trabajador:** Su opinión es muy importante para nosotros, pues nos permitirá mantener y/o mejorar la implementación de esta actividad de capacitación (curso o taller). Por ello, le pedimos que responda esta breve encuesta respecto a la capacitación que acabas de recibir. Por favor cuéntanos cuán de acuerdo te encuentras con las siguientes afirmaciones (siendo 1 Muy en desacuerdo y 7 Muy de acuerdo).

**1) Se comunicó claramente el tema a tratar, sala, y horarios de la capacitación en forma oportuna.**

<small>MUY EN DESACUERDO</small>								<small>MUY DE ACUERDO</small>
1	2	3	4	5	6	7		

Si su evaluación en el cuadro anterior fue menor o igual a 5, comentar por qué en el siguiente cuadro

**2) Las instalaciones y equipamiento fueron los adecuados para la realización de la capacitación.**

1	2	3	4	5	6	7		

Si su evaluación en el cuadro anterior fue menor o igual a 5, comentar por qué en el siguiente cuadro

**3) Las actividades fueron motivadoras, manteniendo a los participantes involucrados(as) y activos(as).**

1	2	3	4	5	6	7		

Si su evaluación en el cuadro anterior fue menor o igual a 5, comentar por qué en el siguiente cuadro

**4) La forma de presentar el contenido de la capacitación me pareció sorprendente, ayuda al entendimiento y su retención.**

1	2	3	4	5	6	7		

Si su evaluación en el cuadro anterior fue menor o igual a 5, comentar por qué en el siguiente cuadro

**5) El material entregado me es útil para reforzar los contenidos revisados, una vez terminada la capacitación.**

1	2	3	4	5	6	7		

Si su evaluación en el cuadro anterior fue menor o igual a 5, comentar por qué en el siguiente cuadro

**7) Los contenidos son aplicables a mi puesto de trabajo.**

1	2	3	4	5	6	7		

Si su evaluación en el cuadro anterior fue menor o igual a 5, comentar por qué en el siguiente cuadro

**8) Mis expectativas respecto de la actividad se vieron satisfechas.**


1	2	3	4	5	6	7		

Si su evaluación en el cuadro anterior fue menor o igual a 5, comentar por qué en el siguiente cuadro





**10) Lo que más valoré de esta actividad de capacitación fue ...**

**11) Esta actividad de capacitación mejoraría si ...**

## 6.2. Herramienta de Evaluación del Conocimiento (ajustada)

<b>PRINCIPIOS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS Y EQUIPOS</b>					
<b>EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS</b>					
					
<b>Estimado trabajador:</b> en el marco de las capacitaciones que ejecuta la Asociación Chilena de Seguridad acerca de las temáticas de <b>Seguridad en Máquinas</b> , le agradeceríamos que responda esta prueba de conocimientos que apunta a verificar la efectividad de estas instancias y formatos. Marque con una X la alternativa que le parece correcta.					
<b>1.- Cuál de las siguientes alternativas explica mejor el principio "ODE":</b>		a	b	c	d
a) Observar el entorno, definir las acciones seguras a ejecutar, esperar los resultados b) Observar para identificar lo que te puede hacer daño, distinguir lo que te podría pasar, ejecutar las acciones para evitarlo c) Orientarse hacia la seguridad, distinguir las acciones preventivas más efectivas, ejecutar las acciones d) Observar lo que te podría pasar, diferenciar las acciones peligrosas de las seguras, ejecutar las seguras.					
<b>2. ¿Cuáles son las actividades o tareas realizadas por los trabajadores, donde ocurre mayor número de amputaciones traumáticas en maquinaria y equipos?</b>		a	b	c	d
a). Limpieza, retiro de mermas o decompisos, resolver atascos, operación, mantenimiento, cortar madera. b). Limpieza, retiro de mermas o decompisos, izaje de carga, soldadura, operación, mantenimiento, cortar madera. c). Limpieza, retiro de mermas o decompisos, resolver atascos, operación d). Limpieza, preparación de materia prima, operación, mantenimiento, cortar madera					
<b>3.- El principio 2 plantea que nunca debemos intervenir (exponer una parte del cuerpo) a las zonas peligrosas de máquinas y equipos ¿Cuáles son esas zonas?</b>		a	b	c	d
a) Sólo las zonas demarcadas en las máquinas o en las instalaciones industriales b) Cualquier parte de una máquina, instalaciones y/o equipos industriales c) Cualquier parte móvil o en movimiento, transmisiones y puntos de operación de máquinas y equipos, en especial aquellas que se mueven a alta velocidad. d) Las zonas demarcadas de las máquinas de cortar madera, fierro o plástico					
<b>4.- El supervisor necesita cubrir a un trabajador que faltó y cuya función es operar una sierra circular de banco. Usted no tiene experiencia en este tipo de máquinas y sólo ha usado sierras de uso doméstico portátiles, y además no ha sido capacitado para operar la sierra de la fábrica. El supervisor le pide que corte algunas maderas con la sierra de la fábrica. ¿Según lo revisado en el curso, qué debiera hacer usted?</b>		a	b	c	d
a) Debiera ejecutar la tarea solicitada, pues su experiencia en el manejo de máquinas lo habilita para ello b) Debiera ejecutar la tarea; si el supervisor lo solicitó, es porque no hay peligros involucrados c) No debiera ejecutar la tarea, a no ser que me sienta seguro con la experiencia que tengo en el uso de sierras d) No debiera ejecutar la tarea pues no he recibido capacitación y entrenamiento en las máquinas a utilizar					
<b>5.- Según los principios revisados en el curso, ¿cuál de las siguientes aseveraciones es la correcta?</b>		a	b	c	d
a) Las máquinas y equipos con fallas, deben repararse inmediatamente con lo que tengamos a mano b) No se deben utilizar máquinas o equipos hechos, con fallas o defectos c) Las herramientas hechas pueden ser peligrosas, por lo que se deben usar con cuidado d) Podría utilizar una herramienta, hechiza, con falla o defectos, sólo si el supervisor me autoriza					
<b>6.- Según los principios revisados ¿Cuál de las siguientes aseveraciones respecto a los trabajadores que ejecutan labores cerca de partes móviles y órganos de transmisión, es la correcta?</b>		a	b	c	d
a) Los trabajadores no deben usar nada que pueda ser atrapado por partes móviles de máquinas y órganos de transmisión b) Los trabajadores pueden usar ropa suelta. c) Los trabajadores deben evitar usar el pelo o la barba larga d) Los trabajadores deben ser precavidos cerca de las partes móviles de los equipos					
<b>7.- Según los principios revisados en el curso, si una persona está operando una máquina o equipo:</b>		a	b	c	d
a) Puede comunicarse con otras personas sólo usando su celular b) No debe conversar, usar celular u otras distracciones c) No puede usar celular para jugar o ver videos, pero sí para conversar d) Si usa el celular, debe estar muy atento a la operación de la máquina					
<b>8.- El principio que habla de los elementos de protección personal indica que:</b>		a	b	c	d
a) Deben ser usados sólo al operar máquinas y equipos con fallas b) Deben ser usados si la maquinaria lo requiere c) Siempre deben ser usados cuando la maquinaria a utilizar es peligrosa d) Siempre deben ser usados					
<b>9.- Según los principios revisados indique cuál de las siguientes aseveraciones es la correcta:</b>		a	b	c	d
a) Sólo operará las máquinas con resguardos de seguridad fijos. b) Sólo operará máquinas con paradas de emergencia c) Sólo operará máquinas con sus protecciones debidamente instaladas y aseguradas en su posición, y que tengan sus dispositivos de seguridad operativos (sensores, parada de emergencia, entre otros). d) Sólo operará máquinas que tengan protecciones de seguridad					
<b>10.- En relación al principio "bloquear la máquina para realizar actividades de mantenimiento" y a lo revisado en la capacitación, indique cuál de las siguientes aseveraciones es la correcta:</b>		a	b	c	d
a) Para evitar accidentes graves mientras se realizan mantenimientos de maquinaria, estas deben realizarse al final del turno cuando ya no hay nadie operando las máquinas b) Cuando se desarrollan actividades de mantenimiento, se debe bloquear el perímetro de la máquina, para evitar el acceso a ella por parte de otros operadores c) Los sistemas de bloqueos de maquinaria para evitar accidentes graves, tienen incorporados metodologías aplicables sólo cuando las personas ya han terminado sus labores y quedan sólo los encargados de mantenimiento. d) Para evitar accidentes graves mientras se realizan mantenimientos de maquinaria, existen dispositivos de bloqueo de energías peligrosas, que mediante el uso de mandos de emergencia y tarjetas pueden evitar una situación similar a la mencionada.					
<b>11.- Suponga que usted trabaja operando una máquina que corta madera. En su turno usualmente el supervisor se molesta con quienes faltan los días lunes, iniciando un lunes su turno de trabajo, nota que está viendo borroso por el ojo izquierdo y que tiene un pequeño temblor en la mano izquierda. Dado este contexto usted debe decidir qué hacer. Según los principios revisados, cuál de las siguientes decisiones tomaría:</b>		a	b	c	d
a) Iniciaría mi trabajo con normalidad, pero estaría atento a cualquier signo de malestar para avisar al supervisor. b) Iniciaría mi trabajo con normalidad, pero estaría atento a cualquier signo de malestar para avisar a algún compañero, pues prefiero no tener problemas con el supervisor. c) Informaría al supervisor acerca de mi malestar físico, antes de comenzar a trabajar. d) Informaría a algún compañero acerca de mi malestar físico, de manera que me cubra si me cubra si me siento mal mientras trabajo.					

### 6.3. Herramienta de obtención de información estadística para el análisis

PRINCIPIOS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS Y EQUIPOS		DATOS ESTADÍSTICOS				
<p><b>Estimado trabajador:</b> en el marco de las capacitaciones que ejecuta la Asociación Chilena de Seguridad acerca de las temáticas de <b>Seguridad en Máquinas</b>, le agradeceríamos que responda estas preguntas que abordan distintas temáticas y que servirán para hacer un análisis estadístico de la influencia de distintas variables, en los resultados de la capacitación. A partir de la pregunta 4 MARQUE CON UNA "X" LA RESPUESTA QUE USTED SELECCIONE.</p>						
1.- Indíquenos su edad	<input type="text"/>					
2.- Indíquenos sus años de experiencia laboral interactuando con maquinaria	<input type="text"/>					
3.- Indíquenos cuántos años lleva trabajando en esta empresa	<input type="text"/>					
4.- ¿Le parecen interesantes los temas de seguridad y salud ocupacional?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO				
5.- ¿Ha tenido capacitaciones anteriores que aborden la temática de seguridad en máquinas y equipos?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO				
6.- ¿Ha tenido o sido testigo de accidentes graves en tu experiencia laboral?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO				
7.- ¿Se sientes físicamente cansado, con hambre, con sueño o distraído?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO				
8.- ¿Usted tiene hijos?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO				
9.- ¿La empresa promueve y facilita su asistencia a capacitaciones de seguridad y salud ocupacional?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO				
10.- ¿Su jefatura promueve y facilita su asistencia a capacitaciones de seguridad y salud ocupacional?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO				
11.- Por favor indíquenos cuál de estos diagramas representa mejor su estado de ánimo actual	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 			
12.- Por favor indíquenos su nivel de estudios	<input type="checkbox"/> Escolaridad Incompleta	<input type="checkbox"/> Escolaridad Completa	<input type="checkbox"/> Estudios Técnicos Incompletos	<input type="checkbox"/> Estudios Técnicos Completos	<input type="checkbox"/> Estudios Universitarios Incompletos	<input type="checkbox"/> Estudios Universitarios Completos


## 6.4. Herramienta de obtención de información estadística para el análisis

TALLER  
PRINCIPIOS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS Y EQUIPOS

**PRINCIPIOS DE SEGURIDAD**

**PRINCIPIO N° 9**  
**Bloquearé la máquina para realizar actividades de mantenimiento**

Para evitar accidentes graves mientras se realizan mantenciones de maquinaria, existen los dispositivos de bloqueo de energías peligrosas, que mediante el uso de candados de seguridad y tarjetas pueden evitar que alguien active la máquina.



The image contains several illustrations of safety lockout devices. At the top right, there is a red wedge-shaped lockout device attached to a metal component. Below it, a red circular lockout device is shown with a blue padlock and a white tag attached. In the bottom left, a red frame-like lockout device is shown with a blue padlock and a white tag. In the bottom center, a red mechanical lockout device is shown with a blue padlock and a white tag. In the bottom right, a red circular lockout device is shown with a blue padlock and a white tag, connected to a coiled black cable.

## 6.5. Anexo Imágenes de las capacitaciones realizadas

### Capacitaciones formato Realidad Virtual realizadas en Empresa 1



### Capacitaciones realizadas en Empresa 2 con formato tradicional



### Capacitaciones realizadas en Empresa 2 con formato realidad Virtual



## 6.6 Prueba de Normalidad (Shapiro Wilk)

Test Shapiro Wilk

0.1- Prueba de normalidad variable notas conocimiento.

H0= Las notas distribuyen normal.

H1=Las notas no distribuyen normal

Se rechaza H0. Las notas no distribuyen normal.

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
nota	263	0.86266	26.046	7.603	0.00000

0.2- Prueba de normalidad variable notas satisfacción.

H0= Las notas distribuyen normal.

H1=Las notas no distribuyen normal

Se rechaza H0. Las notas no distribuyen normal.

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
nota_satis~n	263	0.75883	45.736	8.917	0.00000



### 6.7. Prueba No Paramétrica Kruskal Wallis (Nota de la prueba de conocimientos)

```
. kwallis nota, by( tipo_de_capacitación)

Kruskal-Wallis equality-of-populations rank test
```

tipo_d~n	Obs	Rank Sum
0	144	18492.50
1	119	16223.50

```
chi-squared =      0.705 with 1 d.f.
probability =      0.4011

chi-squared with ties =      0.739 with 1 d.f.
probability =      0.3901
```

### 6.8. Prueba No Paramétrica Kruskal Wallis (Nota de la encuesta de satisfacción)

```
. kwallis nota_satisfaccion , by( tipo_de_capacitación)

Kruskal-Wallis equality-of-populations rank test
```

tipo_d~n	Obs	Rank Sum
0	144	16997.50
1	119	17718.50

```
chi-squared =     10.722 with 1 d.f.
probability =      0.0011

chi-squared with ties =     10.923 with 1 d.f.
probability =      0.0009
```

La hipótesis nula indica que las medias de población son todas iguales .  
En este caso se rechaza la hipótesis nula (p-valor=0.0009)



### 6.9. Regresión Lineal Múltiple, Modelo Saturado (Nota prueba de conocimiento)

```
. reg nota tipo_de_capacitación nota_cb_cat empresa de1 de2 de3 de5 de6 de7 de8 de9 de10 de11 de12
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	263
Model	1.32337739	14	.094526957	F(14, 248)	=	3.03
Residual	7.74195281	248	.031217552	Prob > F	=	0.0002
				R-squared	=	0.1460
				Adj R-squared	=	0.0978
Total	9.0653302	262	.034600497	Root MSE	=	.17668

nota	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
tipo_de_capacitación	.0188295	.0224108	0.84	0.402	-.0253102	.0629693
nota_cb_cat	-.0258064	.0237439	-1.09	0.278	-.0725718	.020959
empresa	.0033143	.0066568	0.50	0.619	-.0097967	.0164253
de1	-.0050933	.0014859	-3.43	0.001	-.0080199	-.0021667
de2	.0033592	.0014416	2.33	0.021	.0005199	.0061985
de3	-.0015256	.0018071	-0.84	0.399	-.0050849	.0020337
de5	-.007757	.0345093	-0.22	0.822	-.0757257	.0602117
de6	.0047472	.0236143	0.20	0.841	-.041763	.0512574
de7	.0173514	.0277105	0.63	0.532	-.0372265	.0719294
de8	.0717233	.0312538	2.29	0.023	.0101666	.1332801
de9	.053674	.0870857	0.62	0.538	-.1178479	.225196
de10	-.1156622	.091278	-1.27	0.206	-.2954411	.0641167
de11	-.0030352	.0236404	-0.13	0.898	-.0495967	.0435263
de12	.0232296	.0076604	3.03	0.003	.0081418	.0383174
_cons	.9448934	.0947806	9.97	0.000	.7582157	1.131571

### 6.10. Regresión Lineal Múltiple, Modelo Optimizado (Nota prueba de conocimiento)

1- Regresión lineal múltiple:  
B- Modelo optimizado.

```
reg nota de1 de2 de8 de12
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	263
Model	1.17563548	4	.29390887	F(4, 258)	=	9.61
Residual	7.88969472	258	.030580212	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.1297
				Adj R-squared	=	0.1162
Total	9.0653302	262	.034600497	Root MSE	=	.17487

nota	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
de1	-.0058095	.0013637	-4.26	0.000	-.008495	-.0031241
de2	.0033622	.0013123	2.56	0.011	.000778	.0059464
de8	.0829896	.0301612	2.75	0.006	.0235961	.142383
de12	.0232379	.0073017	3.18	0.002	.0088594	.0376163
_cons	.9037003	.0561046	16.11	0.000	.7932192	1.014182

### 6.11. Regresión Lineal Múltiple, Modelo Saturado (Evaluaciones encuesta de satisfacción)

A- Modelo saturado.

```
. reg nota_satisfaccion tipo_de_capacitación nota_cb_cat empresa de1 de2 de3 de5 de6 de7 de8 de9 de10 de11 de12
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	263
Model	.318550935	14	.022753638	F(14, 248)	=	2.26
Residual	2.50233653	248	.010090067	Prob > F	=	0.0067
				R-squared	=	0.1129
				Adj R-squared	=	0.0628
Total	2.82088746	262	.010766746	Root MSE	=	.10045

nota_satisfaccion	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
tipo_de_capacitación	.0304086	.012741	2.39	0.018	.0053142 .0555031
nota_cb_cat	-.0100921	.0134989	-0.75	0.455	-.0366792 .0164951
empresa	-.0057195	.0037845	-1.51	0.132	-.0131734 .0017344
de1	-.0007213	.0008448	-0.85	0.394	-.0023851 .0009426
de2	-.000805	.0008196	-0.98	0.327	-.0024192 .0008092
de3	-.000214	.0010274	-0.21	0.835	-.0022376 .0018095
de5	.0042555	.0196193	0.22	0.828	-.0343862 .0428972
de6	.0175356	.0134253	1.31	0.193	-.0089065 .0439777
de7	-.0106448	.0157541	-0.68	0.500	-.0416736 .020384
de8	.0045662	.0177685	0.26	0.797	-.0304302 .0395626
de9	.1119328	.0495102	2.26	0.025	.0144188 .2094469
de10	-.1107632	.0518936	-2.13	0.034	-.2129715 -.0085549
de11	-.0269524	.0134401	-2.01	0.046	-.0534237 -.0004811
de12	-.0003141	.0043551	-0.07	0.943	-.0088919 .0082636
_cons	.9547474	.0538849	17.72	0.000	.848617 1.060878

### 6.12. Regresión Lineal Múltiple, Modelo Optimizado (Evaluaciones encuesta de satisfacción)

B- Modelo optimizado.

```
. reg nota_satisfaccion tipo_de_capacitación de9 de10 de11
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	263
Model	.227225683	4	.056806421	F(4, 258)	=	5.65
Residual	2.59366178	258	.010052953	Prob > F	=	0.0002
				R-squared	=	0.0806
				Adj R-squared	=	0.0663
Total	2.82088746	262	.010766746	Root MSE	=	.10026

nota_satisfaccion	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
tipo_de_capacitación	.0332681	.0124552	2.67	0.008	.0087412 .0577949
de9	.1117374	.0482265	2.32	0.021	.0167696 .2067051
de10	-.1086439	.051063	-2.13	0.034	-.2091972 -.0080905
de11	-.0333533	.0123191	-2.71	0.007	-.0576121 -.0090944
_cons	.9018271	.0413185	21.83	0.000	.8204627 .9831916

6.13. Regresión Logística Variable dependiente Aprobado/Reprobado, Modelo Saturado

Generalized linear models	No. of obs	=	263
Optimization : ML	Residual df	=	248
	Scale parameter	=	1
Deviance = 12.85763806	(1/df) Deviance	=	.0518453
Pearson = 10.91219936	(1/df) Pearson	=	.0440008
Variance function: $V(u) = u*(1-u)/11$	[Binomial]		
Link function : $g(u) = \ln(u/(11-u))$	[Logit]		
	AIC	=	1.893438
Log pseudolikelihood = -233.9870964	BIC	=	-1369.037

nota	Coef.	Robust Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
de1	-.0069728	.0024631	-2.83	0.005	-.0118005	-.0021451
de2	.0046802	.0024614	1.90	0.057	-.000144	.0095045
de3	-.0021029	.002788	-0.75	0.451	-.0075673	.0033615
de5	-.0116625	.0367225	-0.32	0.751	-.0836372	.0603122
de6	.0061682	.0289346	0.21	0.831	-.0505425	.0628789
de7	.0245723	.0352745	0.70	0.486	-.0445645	.0937091
de8	.0963807	.0419528	2.30	0.022	.0141547	.1786068
de9	.0693308	.0886903	0.78	0.434	-.104499	.2431606
de10	-.1480606	.0711775	-2.08	0.038	-.287566	-.0085552
de11	-.0036974	.0404309	-0.09	0.927	-.0829405	.0755457
de12	.0307099	.0099248	3.09	0.002	.0112577	.0501621
empresa	.0043236	.0081539	0.53	0.596	-.0116578	.0203049
ipo_de_capacitación	.0247858	.0275174	0.90	0.368	-.0291473	.0787189
nota_cb_cat	-.0341827	.0318952	-1.07	0.284	-.096696	.0283307
_cons	-2.353542	.0965861	-24.37	0.000	-2.542848	-2.164237

#### 6.14. Regresión Logística Variable dependiente Aprobado/Reprobado, Modelo Optimizado

```

. logit nota_cat de2 de12

Iteration 0:  log likelihood = -126.45845
Iteration 1:  log likelihood = -122.53429
Iteration 2:  log likelihood = -122.43797
Iteration 3:  log likelihood = -122.43782
Iteration 4:  log likelihood = -122.43782

Logistic regression              Number of obs   =       263
                                LR chi2(2)       =         8.04
                                Prob > chi2        =       0.0179
Log likelihood = -122.43782      Pseudo R2      =       0.0318

```

nota_cat	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
de2	.0182653	.0148486	1.23	0.219	-.0108374 .047368
de12	.2952744	.1141651	2.59	0.010	.0715151 .5190338
_cons	.6163149	.3599052	1.71	0.087	-.0890862 1.321716

## 6.15. Modelo de regresión Beta Saturado (evaluación de la encuesta de satisfacción)

```

2- Regresion Beta:

Variable dependiente 0% al 100%

2.1 Regresion beta saturado

Beta regression                               Number of obs   =       263
                                                LR chi2(14)     =       32.97
                                                Prob > chi2     =       0.0029

Link function  :  g(u) = log(u/(1-u))         [Logit]
Slink function :  g(u) = log(u)              [Log]

Log likelihood = 358.99968
    
```

satisfaccion	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
<b>satisfaccion</b>						
tipo_de_capacitación	.270576	.1005271	2.69	0.007	.0735464	.4676055
nota_cb_cat	-.111488	.1072334	-1.04	0.298	-.3216617	.0986856
empresa	-.0543352	.0300933	-1.81	0.071	-.1133171	.0046466
de1	-.0055813	.006597	-0.85	0.398	-.0185111	.0073486
de2	-.0081004	.006365	-1.27	0.203	-.0205756	.0043748
de3	.0025201	.0075618	0.33	0.739	-.0123008	.017341
de5	.080334	.1561592	0.51	0.607	-.2257325	.3864005
de6	.0705446	.1046231	0.67	0.500	-.1345129	.2756021
de7	-.026759	.1206254	-0.22	0.824	-.2631804	.2096625
de8	-.0005418	.1425294	-0.00	0.997	-.2798942	.2788106
de9	.9099796	.3386295	2.69	0.007	.2462781	1.573681
de10	-.995716	.4044496	-2.46	0.014	-1.788423	-.2030093
de11	-.2396008	.1035235	-2.31	0.021	-.4425031	-.0366986
de12	.0002078	.0338256	0.01	0.995	-.0660892	.0665048
_cons	2.722089	.4505527	6.04	0.000	1.839022	3.605156
<b>scale</b>						
_cons	2.52435	.0910928	27.71	0.000	2.345811	2.702888

6.16. Modelo de regresión Beta Optimizado (evaluación de la encuesta de satisfacción)

Beta regression		Number of obs	=	263		
		LR chi2(4)	=	22.78		
		Prob > chi2	=	0.0001		
Link function : $g(u) = \log(u/(1-u))$		[Logit]				
Slink function : $g(u) = \log(u)$		[Log]				
Log likelihood = 353.90276						
satisfaccion	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
<b>satisfaccion</b>						
tipo_de_capacitación	.281051	.0995659	2.82	0.005	.0859055	.4761966
de9	.8741514	.3257707	2.68	0.007	.2356525	1.51265
de10	-.8684053	.3924905	-2.21	0.027	-1.637673	-.0991382
de11	-.2749905	.0967393	-2.84	0.004	-.464596	-.0853851
_cons	2.179442	.3222815	6.76	0.000	1.547781	2.811102
<b>scale</b>						
_cons	2.48051	.0910663	27.24	0.000	2.302024	2.658997

## 7.- Bibliografía

- Mc Fadden, D. (1974) "Conditional logit analysis for qualitative choice behavior"
- Bilder, C.; Loughin, T. (2014) "Analysis for categorical data with R"
- Cribali-Neto, F.;Zeilleis, A. (2010). "Beta regress in R." Journal of statistic software. 34 (2); 1-24.
- Grün, B; Leisch, F. (2008). "FlexMix Version2: Finite mixtures with concomitant variables and varying and constant parameters". Journal of statistics software, 28 (4), 1-35.
- Zeilleis, A.; Hothorn, T.; Hornik, K. (2008). "Model-based recursive partitioning". Journal of computational and graphical statistics, 17 (2), 492-514.
- Gelter, P.; Martinez, S.; Premand, P; Rawlings, L; Vermeersch, C (2011) "La evaluación de Impacto en la Práctica".
- Klaus, P. (2015); "Measuring Customer Experience".
- Nedel, L.; Costa de Souza, V.; Menin, A.; Sebben, L.; Oliveira, J.;Faria, F.;Maciel, A. (2016); "Using immersive virtual reality to reduce work accidents in developing countries". IEEE Computers Graphics and Application; March/April 2016.
- [www.kirkpatrickpartners.com](http://www.kirkpatrickpartners.com)