

**ANÁLISIS SOBRE LOS EFECTOS DEL USO DE SISTEMAS DE REALIDAD
VIRTUAL SOBRE LA CARGA DE TRABAJO**

RICARDO ENRIQUE LUGO ROBLES

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
SEDE VIRTUAL Y A DISTANCIA
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EN RIESGOS LABORALES, SEGURIDAD
Y SALUD EN EL TRABAJO
BOGOTÁ D.C.
2018**

ANÁLISIS SOBRE LOS EFECTOS DEL USO DE SISTEMAS DE REALIDAD
VIRTUAL SOBRE LA CARGA DE TRABAJO

RICARDO ENRIQUE LUGO ROBLES

Director: JOSÉ ALBERTO FIGUEROA FERNÁNDEZ

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi papá, a mi mamá, a mi abuela y a todos en mi trabajo y en mi familia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a todos en Uniminuto, Profesores, directivos y compañeros. El aprendizaje recibido ha sido valioso y enriquecedor.

CONTENIDO

Resumen ejecutivo

Introducción

1.	Problema.....	11
1.1	Descripción del problema.....	11
1.2	Pregunta de investigación.....	11
2.	Objetivos.....	12
2.1	Objetivo General.....	12
2.2	Objetivos Específicos.....	12
3.	Justificación ...	13
4.	Marco de referencia.....	15
4.1	Marco Teórico.....	15
4.2	Marco conceptual.....	21
4.2.1	Carga de trabajo.....	21
4.2.2	Realidad virtual.....	21
4.2.3	Inmersión.....	22
4.2.4	Realidad aumentada.....	22
4.2.5	Esfuerzo.....	22
4.2.6	Demanda mental.....	22
4.2.7	Demanda física.....	22
4.2.8	Demanda temporal.....	23
4.2.9	Rendimiento.....	23
4.2.10	Nivel de Frustración.....	23
4.2.11	Mareo por Realidad Virtual.....	23
4.3	Marco histórico.....	24
5.	Metodología.....	27
5.1	Enfoque y alcance de la investigación.....	27
5.2	Tipo de estudio.....	27
5.3	Procedimientos.....	27

6.	Resultados.....	28
6.1	Realidad Virtual y Carga de trabajo.....	28
6.2	Efectos colaterales de los ambientes virtuales: Una revisión de la literatura.....	30
6.2.1	Mareo por Realidad Virtual y sus efectos sobre el desempeño.....	32
6.3	El estrés y la carga de trabajo en el Entrenamiento con Realidad Virtual: Los efectos de la presencia, la inmersión y el flujo.....	34
6.3.1	Instrumentos validados usados para medir el estrés y la carga de trabajo en programas de entrenamiento con realidad virtual.....	35
6.4	Efectos de los métodos de entrenamiento Realidad Virtual y Tradicional sobre la carga de trabajo mental y el desempeño.....	39
6.4.1	Resultados de desempeño.....	40
6.4.1.1	Errores en la operación.....	40
6.4.1.2	Tiempo de operación.....	40
6.4.2	Respuestas fisiológicas.....	40
6.4.2.1	Respuesta galvánica en la piel.....	40
6.4.2.2	Tasa cardiaca promedio.....	40
6.4.2.3	Variabilidad de la tasa cardiaca.....	40
6.4.3	Evaluación de la carga mental subjetiva NASA TLX.....	41
6.5	Estabilidad y carga de trabajo del Simulador Basado en Realidad Virtual-2.....	43
6.6	Evaluación de la fatiga producida por el “Brazo de Gorila” en usuarios de realidad virtual con interfaces a media altura.....	46
6.7	Evaluación de los síntomas y efectos de los simuladores de vuelo basados en realidad Virtual y Sensibilidad Mejorada de las mediciones de Estabilidad postural.....	47
6.8	Otras fuentes y escritos.....	48
6.9	Análisis de resultados.....	52
7.	Conclusiones.....	55
8.	Recomendaciones.....	56
9.	Referencias bibliográficas	57

Listas Especiales

Listas de Tablas

Tabla 4.1. Clasificación de los riesgos de trabajo.....	17
Tabla 4. 2. Síntomas en el Cuestionario de Mareo por Simulador.....	26
Tabla 6. 1 Características del individuo que influyen en la carga mental en entornos de Realidad Virtual.....	31
Tabla 6. 2. Características de la tarea que influyen en la carga mental en entornos de Realidad Virtual.....	32
Tabla 6.3. Instrumentos validados usados para medir el estrés y la carga de trabajo en programas de entrenamiento con realidad virtual.....	35
Tabla 6.4. Cuestionario NASA TLX.....	41
Tabla: 6.5. Diferencia de la carga de trabajo en diferentes métodos de entrenamiento.....	45

Lista de Anexos

Anexo 1. Recomendaciones para diseñadores de Realidad Virtual.....	60
--	----

Resumen ejecutivo

La Realidad Virtual es una tecnología que está irrumpiendo el mundo laboral. Las consecuencias de su uso sobre la carga de trabajo deben ser medidas y monitoreadas adecuadamente para prevenir enfermedades y accidentes laborales. Este trabajo pretendió, a partir de la lectura de la literatura disponible, entender el impacto del uso de los sistemas de Realidad Virtual sobre la carga de trabajo, conocer los instrumentos usados para realizar tales mediciones y realizar un análisis estructurado de los hallazgos de los diferentes estudios y artículos sobre el tema.

Diferentes artículos han hallado resultados que indican que el uso de tal tecnología tiene incidencia en factores de la carga de trabajo como son la carga mental, la estabilidad postural, el mareo por realidad virtual o cybersickness y el síndrome de Brazo de gorila. Sin embargo una investigación más rigurosa demuestra que tales efectos no son atribuibles únicamente al uso de la tecnología de Realidad Virtual, sino que diferentes programas tienen diferentes efectos sobre la caracterización de trabajo y depende de la forma como estos están diseñados el grado de los requerimientos mentales y físicos que implica su uso. Un programa con un diseño adecuado y utilizado de manera correcta puede incluso reducir la carga de trabajo para quien lo emplea. También se halló que las características de las tareas y de los individuos son determinantes al momento de evaluar la carga de trabajo.

Otro hallazgo fue que la medición de tales efectos también se encuentra en constante desarrollo por lo que se presentan los diferentes instrumentos que se han usado para tal fin y una descripción de su desarrollo. Finalmente se dan algunas recomendaciones útiles para los diseñadores de programas con tecnología de Realidad Virtual para prevenir sobrecarga de trabajo con su uso y las consecuentes complicaciones para la salud de los usuarios.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educar con calidad al alcance de todos

Introducción

Invenciones como la máquina a vapor o el internet cambiaron radicalmente el paisaje del mundo en que vivimos. Los avances de la ciencia generan la creación y adopción de nuevas tecnologías que cambian la manera en que trabajamos y cada vez se suceden más rápidamente. Los sistemas de Realidad Virtual ofrecen nuevas posibilidades en el mundo productivo y su inclusión en los procedimientos de empresas alrededor del mundo ya empezó y con toda seguridad su uso será cada vez más extensivo.

Cada vez que hay cambios en la tecnología que se usa en los ambientes laborales existen nuevos riesgos para la salud de los trabajadores. El impacto que el uso de la Realidad Virtual tiene sobre la carga laboral es un tema aún no estudiado. Los peligros del uso de la Realidad Virtual son un tema que merece ser tenido en cuenta para poder prevenir enfermedades y lesiones de tipo ocupacional.

De la misma manera en que las tecnologías presentan peligros, también traen beneficios económicos y facilidad para la realización de tareas. Es el objetivo de este trabajo dar cuenta de las ventajas que la Tecnología de Realidad Virtual trae tanto para trabajadores como para los empresarios que deciden facilitar sus procedimientos apoyándose en dicha tecnología enfocándose en los efectos que tiene en la carga laboral de los trabajadores que empleen esta tecnología. El tema puntual que se desarrollará es analizar el efecto sobre la carga de trabajo del uso de sistemas de Realidad Virtual.

1. Problema

1.1. Descripción del problema

La carga de trabajo está relacionada con el desarrollo de estrés, enfermedades ocupacionales y accidentes que afectan la salud y la seguridad de los trabajadores. El estudio de la carga de trabajo debe ser holístico debido a la compleja relación entre las características del trabajador y el trabajo realizado. Los investigadores están buscando formas de medir y evaluar los factores de la carga de trabajo de manera eficiente para poder prevenir las consecuencias arriba enumeradas. (IRSST, 2011).

Las empresas en busca de aumentar su rendimiento, su productividad y su competitividad realizan cada vez más cambios en los lugares de trabajo mediante el uso de nuevas tecnologías. Al ser los Sistemas de Realidad Virtual una tecnología que está irrumpiendo en los entornos laborales, los efectos de su uso sobre la carga de trabajo, las enfermedades ocupacionales y los accidentes en los puestos de trabajo debe ser medido y monitoreado adecuadamente. Este es un terreno inexplorado cuyo entendimiento será sin duda valioso para el manejo de las nuevas tecnologías que los tiempos actuales prometen. (IRSST, 2011).

1.2. Pregunta de investigación

¿Qué información hay disponible acerca de cómo la Realidad Virtual afecta la carga de trabajo de los empleados que la utilizan?

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Analizar como el uso de los sistemas de Realidad Virtual afecta la carga de trabajo de los empleados a partir de la revisión de estudios sobre el tema.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar investigaciones que aborden la temática del uso de los sistemas de Realidad Virtual relacionados con la salud y la seguridad del trabajador.
- Realizar un análisis de los diferentes métodos para evaluar la carga laboral en los sistemas de Realidad Virtual
- Analizar el impacto que tiene el uso de la Realidad Virtual en la carga laboral en los trabajadores analizados en los estudios encontrados.

3. Justificación

El uso de los sistemas de Realidad Virtual va a crecer de manera extraordinaria en los próximos años. Se pronostica que los ingresos por la creación de software de Realidad Virtual tendrán un 3.000% de aumento en los siguientes cuatro años, pues varias profesiones o campos usarán esta tecnología intensivamente: La Realidad Virtual mejorará la experiencia de las compras en línea y revolucionará este mercado. En 2015, Walker y Sands llevaron a cabo su primera Encuesta del Futuro de los almacenes y hallaron que “Más de una tercera parte de los consumidores (35%) dijo que estarían dispuestos a hacer más Compras en línea si pudieran probar los productos con el uso de Realidad Virtual, y 63% dijeron que esperan que esa tecnología impacte su experiencia de compras en el futuro. El mercado de la Salud también espera una gran irrupción de las tecnologías de Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA). En un reporte de Enero de 2016, Goldman Sachs estimó que tales tecnologías presentarán oportunidades de ganancias que podrían llegar a los 5.1 Billones de dólares para el 2025 debido al potencial de RV y RA para la telepresencia, el tratamiento de fobias, el aumento de los procedimientos médicos y los programas de entrenamiento y se cambiará el mercado de instrumentos para el monitoreo de los pacientes. En el sector de la Ingeniería, Goldman Sachs predice unas ganancias de 4.7 billones para el 2025. En sus cálculos, la firma estimó que 3.2 millones de ingenieros estarán usando RV o RA como parte de su trabajo en el 2025 debido al potencial de RV y RA en diseños asistido por computador y Desarrollo de productos.

Ya existe una relación entre la Realidad Virtual y la salud y la seguridad en el trabajo.

Diversas compañías ofrecen programas de entrenamiento basados en el uso de Realidad Virtual que prometen reducir el número de accidentes laborales. Por medio de estos, se puede diseñar tales ambientes y realizar ejercicios de resolución de problemas que aseguren que el ambiente de trabajo sea seguro y libre de riesgos. (IFA, 2014).

Otro sector que sin duda verá una gran cantidad de personas usando la Realidad Virtual es el de la Educación, pues sin duda varios simuladores y programas de entrenamiento serán diseñados. Es conocido el ejemplo del sistema de RV que usan los astronautas de la NASA para su entrenamiento, y varios autores aseguran que los programas de entrenamiento mediante RV serán cada vez más comunes. (Tec Republic, 2015).

Por último cabe resaltar la posibilidad de que la implementación de la Realidad Virtual tenga sobre un impacto en el medioambiente al permitir la práctica de diferentes actividades de tipo productivo o de entretenimiento sin la necesidad de hacer uso de recursos naturales. Esto sin duda impulsará el desarrollo de tecnologías en campos como la gestión documental y el archivado de documentos, o la creación de redes sociales virtuales.

4. Marco de referencia

4.2 Marco teórico

La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2003) establece que mediante el trabajo las personas pueden mejorar su estado de salud mediante la satisfacción de sus necesidades básicas y la consecución de aspectos positivos del trabajo como son el salario, un adecuado nivel de actividad física y mental, un adecuado bienestar social, el desarrollo afectivo, el desarrollo de una actividad con sentido y la producción de bienes y servicios para el bienestar de otros individuos o grupos. Pero al mismo tiempo advierte que las condiciones sociales y materiales en las que se realiza el trabajo pueden llegar a causar daño en la salud. Estos daños en la salud se materializan en la forma de accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales y se dan por efecto de la combinación de diversos factores y mecanismos.

Se debe hacer una distinción entre factores materiales de riesgo y los factores sociales de riesgo. Los factores materiales de riesgo dependen de las características materiales del trabajo independientes de las personas que usen los elementos de trabajo (Peso o volumen de las herramientas, características fisicoquímicas de máquinas y herramientas, iluminación, temperatura, humedad, ventilación, etc.). Los factores sociales del riesgo son aportados por los seres humanos y son aspectos individuales de las personas como nivel de aprendizaje, calificación para realizar adecuadamente el trabajo, edad, actitud ante el trabajo y actitud ante el riesgo. Existen además los factores de la organización del trabajo que pueden ser determinantes de un daño para la salud (Extensión de la jornada, excesivos

niveles de supervisión, claridad de las órdenes, etc.) este aspecto es llamado riesgo dependiente de la organización del trabajo y de las relaciones laborales (OIT, 2003).

La Salud Laboral, de acuerdo con la OIT, se preocupa de la búsqueda del máximo bienestar posible en el trabajo, tanto en la realización del trabajo como en las consecuencias de éste, en todos los planos, físico, mental y social. Al realizar esta definición, la OIT se preocupó de cumplir con la definición de salud que plantea la Organización Mundial de la Salud en su Declaración de Principios de 1948: “Un completo estado de bienestar en los aspectos físicos, mentales y sociales y no solamente la ausencia de enfermedad”. (OIT, 2003).

El riesgo laboral (OIT, 2003) es definido como *“todo aquel aspecto del trabajo que tiene la potencialidad de causar un daño... Un riesgo profesional es aquella situación de trabajo que puede romper el equilibrio físico, mental y social de las personas”*. Existen muchas formas de clasificar los riesgos. La carga laboral hace parte del análisis que se debe hacer de los riesgos laborales para poder adoptar medidas de prevención apropiadas para reducir o eliminarlos. En la tabla 2.1 se presentan los factores de riesgo planteada por la OIT donde se ve que entre ellos se cuenta la carga laboral. La OIT dice que aunque se presenten estos factores en forma separada, en realidad se interrelacionan estrechamente entre sí. La carga de trabajo es el requerimiento que la tarea exige del trabajador en términos mentales y físicos para su realización. Este requerimiento continúa más allá de la jornada laboral como por ejemplo en el trabajo docente.

Tabla 4.1. Clasificación de los riesgos de trabajo

Factores de riesgo	Comentario
Condiciones generales e infraestructura sanitaria local del trabajo	Protección climática adecuada, disponibilidad de instalaciones sanitarias, de agua potable, de comedores
Condiciones de seguridad	Condiciones que influyen en los accidentes, incluyendo las características de máquinas, equipos y herramientas, seguridad general del local y del espacio de trabajo y riesgos de las fuentes de energía
Riesgos del ambiente físico	Condiciones físicas del trabajo que pueden ocasionar accidentes y enfermedades. Por ejemplo ruido, vibraciones, condiciones de temperatura.
Riesgos de contaminación química y biológica	Exposición directa a contaminantes químicos o biológicos, por ser parte del proceso de trabajo.
Carga de trabajo	Exigencias de las tareas sobre los individuos: esfuerzo físico, posturas de trabajo, manipulación de la carga, exigencias de concentración.
Organización del trabajo	Forma en que se organizan las tareas y se distribuyen tiempo de trabajo, funciones y ritmo.

Nota: Adaptado de *Conceptos básicos en salud laboral*. Parra, Manuel. 2003. OIT.

Como factor de riesgo, la carga de trabajo se debe estudiar considerando tanto las demandas físicas como las demandas mentales o psicológicas ya que ambas pueden ser fuente de enfermedades profesionales y enfermedades comunes. Estas demandas pueden producir fatiga y malestares inespecíficos, o pueden aumentar el riesgo de accidentes cuando no se controlan. Cuando se controlan adecuadamente aumentan la productividad y la satisfacción con el trabajo. (OIT, 2003).

La demanda de esfuerzo físico viene por la combinación de posturas, movimientos y fuerzas. Mientras más estática es una postura, más esfuerzo debe hacer el trabajador para

sostenerla. Mientras más rápidos sean los movimientos mayor será la exigencia para el trabajador. El levantamiento de objetos pesados también implica esfuerzo físico: la fuerza que se realiza en el trabajo.

La demanda mental está presente siempre que la persona debe aplicar un esfuerzo en la interpretación de datos, pero también se sucede cuando las personas están percibiendo su entorno, interpretando las características de los materiales y procesando instrucciones. Hasta el trabajo más simple obliga a pensar, a recordar los conocimientos adquiridos o a resolver problemas creativamente.

El trabajo moldea la forma en que se interpreta el medio material y el medio social (OIT, 2003). Considerar el estudio de los aspectos psicológicos desde una perspectiva individual no es suficiente. Dada la complejidad de la interpretación realizada se debe estudiar también la perspectiva social de la actividad. Cuando el esfuerzo mental es excesivo se está implicando un mayor riesgo, aumentando la probabilidad de accidentes y enfermedades, y generando baja productividad e insatisfacción. Según la OIT (2003), un análisis objetivo del esfuerzo mental debe considerar:

- Cantidad y dispersión de la información recibida.
- Cualidades de la información: grado de elaboración que requiere, complejidad de los razonamientos para aplicarla, coherencia.
- Nivel de atención y concentración demandado.
- Rapidez de respuesta demandada.
- Grado de libertad en la toma de decisiones.
- Retroalimentación sobre los resultados.

Los trabajadores hoy en día tienen demandas complejas, variables e impredecibles de tipo cognitivo debido a las tareas que realizan con el uso de la tecnología que involucra computadores o máquinas complejas. Deben adquirir, agregar, analizar y reaccionar ante grandes cantidades de información que está cambiando constantemente. Al mismo tiempo, la tecnología puede ayudar al ser humano al ofrecer la oportunidad de ver y utilizar la información en una manera diferente. Se considera que los sistemas de Realidad Virtual (RV) y de Realidad Aumentada (RA) pueden ayudar a esto (Mariani, 2017).

Rowell propuso como definición de Realidad Virtual la siguiente: *“La Realidad Virtual es una simulación interactiva por computador desde el punto de vista del participante, en la cual se sustituye o se aumenta la información sensorial que recibe”*. Se trata de una simulación interactiva por cuanto el usuario puede afectar con sus acciones la escena en la que se encuentra y moverse libremente por esta. (Álvarez, 2016). Los sistemas de RV presentan una característica llamada inmersión, que es la desconexión de los sentidos del mundo real y la conexión al mundo virtual. De los diferentes órganos de los sentidos, la vista es el que presenta mayor información. Los sistemas de RV presentan suficiente información visual al usuario para que este tenga una sensación de Presencia en la escena.

En un sistema de realidad virtual se pueden distinguir elementos hardware y elementos software. Los elementos del hardware más importantes son el computador, los periféricos de entrada y los periféricos de salida. Los periféricos de entrada son aquellos componentes o aparatos que capturan los movimientos o sonidos del participante y le envían esa información al computador. Por ejemplo los posicionadores, que permitan conocer la posición y orientación de segmentos corporales como la cabeza o la mano. Los periféricos de salida son los que transmiten las señales producidas por el computador al usuario,

Pueden ser cascos estereoscópicos o gafas virtuales con sus correspondientes audífonos o sistemas de sonido. En adelante se les llamarán Headsets, gafas virtuales o visores.

Otro tipo de experiencia interactiva es la Realidad Aumentada (RA). Esta consiste en la inserción de objetos, instrucciones, menús o espacios virtuales en un escenario real que pueden ser vistos a través de un dispositivo. Estos dispositivos pueden ser unas gafas virtuales, un teléfono celular o una tablet. Pensando en la Realidad Aumentada Google diseñó las Google Glasses y Microsoft las Hololens. La RA superpone información, imágenes, gráficos, a ambientes y entornos reales de modo que los enriquece. (RTVE, 2015).

Cada vez es más utilizada esta experiencia de Realidad Aumentada en contenidos de tipo pedagógico. En nueva Zelanda el proyecto Magic Book, añade contenidos sobre las hojas de libros reales que van pasando los niños al leerlos usando sus gafas virtuales. También el MIT (Massachusetts Institute of Technology) y Harvard han combinado esta tecnología en diferentes cursos y programas que a manera de juegos van planteando situaciones a los alumnos combinando experiencias del mundo real con información adicional que se les presenta en sus dispositivos móviles. (Álvarez, 2016).

Según Guillermo Vera, la utilización de la Realidad Virtual añade motivación al alumno pues este quiere explorar el mundo virtual mientras lo observa y lo escucha. Para este escritor, esta tecnología es un salto cualitativo que supera el cambio que trajo la teleformación o tecnología de cursos virtuales al mundo de la educación. Varios experimentos confirman que el uso de esta tecnología aumenta la curva de aprendizaje debido principalmente a que los estudiantes usan casi todos sus sentidos en el proceso de aprendizaje. (Vera, 2003).

4.2 Marco Conceptual

4.2.1. Carga de trabajo

Se define la Carga de Trabajo como el conjunto de requerimientos psicofísicos a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de su jornada laboral. Parra (2010) define la carga de trabajo de la siguiente manera: *El trabajo requiere la utilización de energía humana, que se traduce en la realización de un esfuerzo físico y mental determinado. Podemos definir la carga de trabajo como “el conjunto de requerimientos mentales y físicos a que se ve sometido un trabajador o una trabajadora para la realización de su tarea”. Acotar la carga de trabajo exclusivamente a los requerimientos “durante la jornada” excluye una situación bastante frecuente en muchos trabajos (y en particular a los que acceden mujeres): los requerimientos físicos y mentales directamente relacionados con la tarea se continúan más allá de la jornada, en el espacio del hogar.*

4.2.2. Realidad Virtual

“La Realidad Virtual es una simulación interactiva por computador desde el punto de vista del participante, en la cual se sustituye o se aumenta la información sensorial que recibe”. (Álvarez, 2016).

“Realidad virtual (VR) es un término común para describir contenido que puede reproducirse mediante dispositivos digitales, como gafas de realidad virtual o smartphones (realidad virtual móvil). Las películas lineales grabadas con una cámara de 360° o las simulaciones interactivas en 3D, como las que se incluyen en los juegos, son algunos ejemplos de esta tecnología que permite al usuario sumergirse en lo que sucede.” (Bockholt, 2017).

4.2.3. Inmersión

Significa introducirse por completo en otro mundo (artificial). Se explica en contraste con la metáfora de una ventana a través de la cual se observa lo que pasa desde fuera. La inmersión se produce cuando el usuario de la Realidad Virtual cree que está en un mundo real, lo vive con los cinco sentidos y, a diferencia de la inmersión cinematográfica, interactúa con el entorno virtual. (Bockholt, 2017).

4.2.4. Realidad aumentada

En el sector del entretenimiento, la realidad aumentada se suele utilizar en los videojuegos: Ocurre cuando se sobreponen imágenes virtuales en un escenario real, por ejemplo dinosaurios que de repente cobran vida en tu mesa o como en el popular juego Pokemon Go en el que los usuarios persiguen a los pokemones que aparecen en sus celulares en escenarios de su ciudad para capturarlos. Otros usos son la aparición de instrucciones para encontrar productos en un supermercado o instrucciones para armar una estantería por ejemplo. (Bockholt, 2017).

4.2.5. Esfuerzo

Grado de esfuerzo mental y físico que tiene que realizar el sujeto para obtener su nivel de rendimiento. (Díaz, 2010).

4.2.6. Demanda mental

Cantidad de actividad mental y perceptiva que requiere la tarea (p. e.: pensar, decidir, calcular, recordar, mirar, buscar, etc.). (Díaz, 2010).

4.2.7. Demanda física

Cantidad de actividad física que requiere la tarea (pulsar, empujar, girar, etc.). (Díaz, 2010).

4.2.8. Demanda temporal

Nivel de presión temporal sentida. Razón entre el tiempo requerido y el disponible.

(Díaz, 2010).

4.2.9. Rendimiento

Hasta qué punto el individuo se siente satisfecho con su nivel de rendimiento. (Díaz, 2010).

4.2.10. Nivel de Frustración

Hasta qué punto el sujeto se siente inseguro, estresado, irritado, descontento, etc. durante la realización de la tarea. (Díaz, 2010).

4.2.11. Mareo por Realidad Virtual

De acuerdo a la teoría del conflicto sensorial, el mareo por Realidad Virtual (Virtual Sickness) es causado por conflictos entre las señales recibidas por los tres sentidos espaciales principales: Sistema visual, Sistema vestibular y propiocepción vestibular. (Oskarsson, 2016). Los síntomas más comunes son malestar general, dolor de cabeza, conciencia del estómago, náuseas, vómitos, palidez, sudoración, fatiga, somnolencia, desorientación y apatía. Otros síntomas incluyen inestabilidad postural y arcadas. El mareo por realidad virtual es diferente de la cinetosis, ya que puede ser causada por la percepción visual del auto movimiento; no se necesita auto-movimiento real. También es diferente del Mareo por simulador (Simulator Sickness); El Mareo por simulador (Simulator Sickness) de realidad no virtual tiende a caracterizarse por alteraciones oculomotoras, mientras que el mareo por realidad virtual (Virtual Reality Sickness) tiende a caracterizarse por desorientación.

4.3. Marco Histórico

En una revisión de la literatura sobre la cinetosis y el desempeño, Hettinger, Kennedy, y McCauley (1990) notaron una confusión considerable en cuanto a si el desempeño sufría interrupción y si cualquier interrupción que se produjo fue atribuible al movimiento, a el mareo por movimiento, o a otros factores. Sugirieron que los decrementos observados en el desempeño que se produjo con la cinetosis se pudieron deber a la distracción, a la baja motivación o a una incapacidad para adaptarse al ambiente social, observando que algunas personas mostraron poca o ninguna disminución en su rendimiento, mientras que otros no pudieron realizar ningún tipo de tarea. Estos autores señalaron que para continuar la investigación en el área, una gran cantidad de cuestiones de procedimiento necesitaba ser abordado. Los estudios a menudo no son comparables debido a deficiencias de la batería de prueba de rendimiento y falta de consistencia en las convenciones de los informes. Muchos de los estudios carecían de poder estadístico, había inconsistencias lógicas en la interpretación, y grandes diferencias individuales oscurecieron la posible relación entre la dificultad de la tarea y los puntajes de desempeño. Es posible que algunas de las medidas utilizadas carecieran de sensibilidad sobre todo porque la inestabilidad postural no mostró aumento significativo y el aumento de la inestabilidad postural ha sido uno de los hallazgos principales tras la exposición a Entornos Virtuales en otros estudios. (Barrett, 2004).

En 1993 Robert S. Kennedy publicó un artículo llamado “Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for Quantifying Simulator Sickness” (Cuestionario de Mareo por Simulador: Un método mejorado para cuantificar el Mareo por Simulador”). En él define el Mareo por Simulador como un sub-producto del uso de la tecnología de simuladores visuales de alta fidelidad. Aunque involucra síntomas similares a aquellos del

Mareo Inducido por el Movimiento, este se origina de elementos de la interacción entre las entradas visuales y la interacción viso-vestibular que es atípica de las condiciones que originan el Mareo Inducido por el Movimiento. En su escrito propone que los estudios para medir el mareo por Simulador están basados en la evaluación Pensacola Motion Sickness Questionnaire, y que este instrumento posee varias deficiencias y describe el desarrollo de un cuestionario mejorado que puede ser más eficaz en identificar Simuladores “problemas” y una capacidad de diagnóstico mejorada.

En la tabla 4.2 se presentan los ítems que considera la nueva evaluación, cuales conserva de la antigua evaluación y cuales descarta. De estos síntomas se señala el “Sueño” como un indicador clave del Mareo por Movimientos, lo cual puede causarse por la realización de un ejercicio en simulador extenuante, pero su significado puede ser bastante diferente cuando este síntoma es seguido de otros síntomas que sugieren una reacción parasimpática a simulaciones de movimientos fuertes. “Vomitar”, que es un fuerte indicador de Mareo por Movimiento o por Simulador solo ocurrió dos veces en los 1200 casos de simulación estudiados. “aburrimiento” fue uno de los síntomas con más ocurrencia en simuladores con poca sintomatología adicional y no apareció en simuladores con alta frecuencia o severidad. (Kennedy, 1993).

Las evaluaciones para medir el Mareo por a Virtual, como el Cuestionario de Mareo por Realidad Virtual son un desarrollo de esta evaluación para medir el Mareo por simulador, debido a que son fenómenos debidos a diferentes causas y tienen diferentes consecuencias. El Mareo por simulador se caracteriza por alteraciones oculomotoras, mientras que el mareo por realidad virtual por desorientación.

Tabla 4. 2. Síntomas en el Cuestionario de Mareo por Simulador

Síntomas	Ítems conservados	Ítems no conservados
Incomodidad general	X	
Fatiga		X
Aburrimiento		X
Sueño	X	
Dolor de cabeza	X	
Cansancio visual	X	
Dificultad en concentrarse	X	
Aumento en la salivación		X
Disminución en la salivación	X	
sudoración	X	
Nausea	X	
Dificultad en concentrarse		X
Depresión	X	
Saturación en la cabeza	X	
Visión Borrosa	X	
Mareo (Ojos abiertos)	X	
Vértigo		X
Flashbacks visuales		X
Desvanecimiento		X
Consciencia de la respiración		X
Consciencia del estómago	X	
Disminución del apetito		X
Deseo de trasbocar		X
Confusión		X
Eructar	X	
Vomitir		X

Nota: Adaptado de: Kennedy, Robert & Laene, Norman. 1993. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness.

5. Metodología

5.1. Enfoque y alcance de la investigación

Este análisis pretendía identificar los hallazgos realizados por otros autores en lo referente al efecto del uso de la tecnología de Realidad Virtual sobre la carga de trabajo. Se limitó a presentar los avances investigativos alrededor de dicha cuestión e identificar algunas lagunas en el conocimiento del tema.

5.2. Tipo de estudio

Esta investigación fue del tipo Descriptiva. Esta modalidad es descrita en el libro Metodología de la Investigación (Bernal, 2016) como aquella en que se reseñan las características o rasgos de la situación de estudio. En este estudio se presentarán hechos, rasgos y características propias de la problemática aquí analizada. También se enmarca dentro del tipo Analítica, pues con los datos reunidos se hará un análisis de los diferentes hechos aquí presentados.

5.3. Procedimientos

Al no utilizar fuentes primarias de datos, sino basar sus resultados en resultados obtenidos por estudios anteriores (datos de fuentes secundarias), las técnicas de análisis de datos de este trabajo serán el recuento histórico, la revisión bibliográfica y la identificación de pertinencia de instrumentos o herramientas para la medición de los factores de la carga laboral buscando dar un orden a cada uno de los elementos que lograron su validación empírica en trabajos anteriores según su pertinencia al tema abordado. (Garcés & Duque, 2007).

6. Resultados

6.1 Realidad Virtual y Carga de trabajo

La carga de trabajo mental afecta a las personas que interactúan con computadores y otros aparatos. El uso de tecnología en la vida diaria puede imponer demandas cognitivas altas cuando los usuarios navegan en interfaces complejas. La sobrecarga mental puede comprometer el desempeño del usuario y a veces su seguridad, al incrementar la tasa de errores y generando fatiga, disminución en la motivación, aumento en los tiempos de reacción y la omisión de información crítica o tunneling mental (Aghajani, 2017).

En los últimos años se ha aumentado el uso de métodos de entrenamiento usando Realidad Virtual en tercera dimensión. Las ventajas de este método de entrenamiento están en que son más motivadores para los aprendices que los métodos tradicionales y les hacen concentrarse más en el aprendizaje. Otras ventajas que tienen los métodos de entrenamiento mediante el uso de la Realidad Virtual están la alta interacción, un espacio menos restrictivo, repetitividad, flexibilidad y bajo costo. Un estudio de 2016 (Lönn & Gallagher) demostró que el entrenamiento con Realidad Virtual puede mejorar el desempeño en un 17 a 49%.

En los programas de entrenamiento que emplean la Realidad Virtual los aprendices pueden familiarizarse más fácilmente con la operación de las máquinas y pueden apreciar los mecanismos y las partes de una máquina claramente desde varios ángulos, conocer más detalles de la operación y de la estructura de la máquina y también tienen acceso a más simulaciones de los procedimientos de la operación. Los médicos que han sido entrenados con Realidad Virtual tienen aparentemente más habilidades al practicar cirugías. Otros

campos de aplicación del entrenamiento mediante RV son el diseño, la manufactura, el transporte, la industria militar y plantas de energía nuclear (Ching Jung-Chao, 2017).

La industria de la realidad virtual está proyectada a tener unas ventas de \$48.500 millones de dólares en ventas para el 2025. Sorprendentemente, los consumidores presentan quejas de que esta tecnología les produce náuseas. Entre el 25% y el 40% de ellos afirman que les produce Cinetosis (Mareo por Movimiento), la sensación de pararse en la cubierta de un barco en un mar embravecido. Esto se debe a que tienen la experiencia extracorporal de moverse en un mundo virtual mientras su cuerpo se mantiene inmóvil. Cuanto más intenso es el movimiento en un juego, mayor es la posibilidad de que la persona experimente el Mareo por Realidad Virtual (VR Sickness). Como la Realidad Virtual está siendo cada vez más adoptada por las grandes corporaciones y empresas como herramienta de entrenamiento y capacitación, millones de trabajadores podrían verse afectados negativamente. (Samit, 2018).

Diversos estudios han señalado este hecho. Algunos se centran específicamente en el Mareo por Realidad Virtual pero también hay hallazgos que demuestran que este no es el único fenómeno o factor que afecta a los usuarios de esta tecnología. A continuación se presentará un resumen de diversos estudios que miden la carga de trabajo en diversos métodos de entrenamiento por medio del uso de la realidad virtual. Entre los documentos hallados se deben destacar un Estado del Arte llamado “Side Effects of Virtual Environments: A Review of the Literature” (Efectos colaterales de los ambientes virtuales: Una revisión de la literatura). Después de este, por la calidad de su diseño metodológico, se destacan dos artículos: “The stress and workload of virtual reality training: the effects of presence, immersion and flow” (Lackey & Salcedo, 2016). (El estrés y la carga de trabajo

en la Realidad Virtual: Los efectos de la presencia, la inmersión y el flujo” y, “Effects of three-dimensional virtual reality and traditional training methods on mental workload and training performance” (Efectos de los métodos de entrenamiento Realidad Virtual tridimensional y Tradicional sobre la carga mental y el desempeño en el entrenamiento”. Otros estudios relevantes tratan sobre fenómenos como el Mareo por simulador, la medición de la carga de trabajo y el síndrome denominado Brazo de Gorila. A continuación se presenta una descripción de los documentos hallados y una reseña sobre la importancia de estos en el objeto de estudio de la presente investigación.

6.2 Efectos colaterales de los ambientes virtuales: Una revisión de la literatura

(Barrett, 2004)

En el documento “Side Effects of Virtual Environments: A Review of the Literature” del Departamento de Defensa del Gobierno de Australia se analizan los síntomas del mareo por Realidad Virtual tanto antes como después de la participación del usuario en el ambiente virtual y sus implicaciones para la salud y la seguridad, la aceptación del usuario y eficacia general del sistema. Al igual que para otras enfermedades del movimiento inducidas visualmente, se cree que el Mareo por Realidad Virtual es el resultado de desajustes sensoriales y perceptuales entre los sistemas visuales y vestibulares, y puede considerarse como un problema de adaptación a ambientes alterados. Los síntomas se pueden agrupar en tres dimensiones: náuseas, desorientación o inestabilidad postural y síntomas visuales.

Barrett demuestra que diferentes factores influyen en la incidencia o gravedad del Mareo por Realidad Virtual, como son características personales del usuario, el sistema de realidad

virtual utilizado, el entorno virtual utilizado y las características de la tarea realizada. y que al tener en cuenta tales factores se puede disminuir la incidencia de los síntomas. El documento revisa la literatura sobre el mareo por Realidad Virtual, el mareo por Simulador y la investigación relevante sobre el Mareo por Movimiento, considera medidas que se han propuesto para identificar, manejar y tratar el Mareo por Realidad Virtual y destaca áreas donde se necesita más investigación.

Tabla 6. 1 Características del individuo que influyen en la carga mental en entornos de Realidad Virtual

Características del individuo que influyen en la carga mental en entornos de Realidad Virtual
Genero
Edad
Raza
Experiencia con la tarea en el mundo real o en simulación
Ajuste postural espontáneo
Habilidad de rotación mental
Déficits visuales
Historial de Cinetosis
Estabilidad postural
Pestaño (Frecuencia – Umbral)
Dependencia/independencia de campo
Capacidad de concentración
Enfermedades, malestares, infecciones

Nota: Tomado de: Judy Barrett. 2004. Side Effects of Virtual Environments: A Review of the Literature. Departamento de Defensa del Gobierno de Australia.

Sobre las características del Sistema utilizado y del Ambiente Virtual usado Barret (2004) afirma que la gente piensa que a medida que la tecnología avanza tales características van a ser corregidas peor que en realidad es probable que la tecnología permita aumentar el realismo de los Entornos Virtuales y de esta manera se intensificarán los síntomas. Entre las características del usuario que pueden determinar la incidencia de

los síntomas, la susceptibilidad de sentir incomodidad o a tener problemas más graves por experimentar tales síntomas encontrados entre los hallazgos en la literatura de estos autores se pueden enumerar:

Tabla 6. 2. Características de la tarea que influyen en la carga mental en entornos de Realidad Virtual

Características de la tarea que influyen en la carga mental en entornos de Realidad Virtual

Duración de la exposición
Pistas visuales de movimiento personal dadas por el flujo de movimiento
Tasa de aceleración
Tipo de maniobra

Nota: Adaptado de: Judy Barrett. 2004. Side Effects of Virtual Environments: A Review of the Literature. Departamento de Defensa del Gobierno de Australia.

Racionalmente el documento propone que para prevenir o reducir el mareo o los síntomas, se deben minimizar los factores que aumentan su incidencia que se mencionaron anteriormente y realizar programas de adaptación a las tareas asignadas. También reseña el entrenamiento antigénico para reducir el mareo (Por medio de afirmaciones y relajación/meditación), el entrenamiento comportamental, el entrenamiento en Biofeedback. Como medio final propone medidas de tratamiento farmacológicas. (Barret, 2004).

6.2.1 Mareo por Realidad Virtual y sus efectos sobre el desempeño

El Mareo por Realidad Virtual es motivo de preocupación no solo por razones de salud

y seguridad, también es de preocupación por sus posibles efectos en el desempeño ya que puede reducir u opacar las ventajas que se obtienen del uso de los Entornos Virtuales.

Comúnmente se supone que el Mareo por Realidad Virtual afecta negativamente el desempeño al igual que comúnmente se supone que el mareo por movimiento afecta el desempeño. Sin embargo, la investigación que demuestre tal correlación ha sido muy escasa. La mayoría de las pruebas existentes provienen de investigaciones sobre el mareo por movimiento y Mareo por simulador. Para los Entornos Virtuales, una distinción debe hacerse entre los efectos de los síntomas de náuseas similares al mareo y ataxia, y los efectos de las distorsiones perceptivas que ocurren con pantallas 3D aunque esto último puede estar relacionado con síntomas visuales. También se debe diferenciar entre los hallazgos entre individuos adaptados y no adaptados los cuales difieren marcadamente. (Barrett, 2004).

Como se puede apreciar aún falta mucha investigación para poder concluir que el uso de los Entornos Virtuales afecta negativamente el desempeño de los trabajadores. Además muchos de los hallazgos de estudios previos pueden ser rebatidos o carecen de rigor científico. Por otro lado están aquellos que han demostrado que el uso de tales entornos puede de hecho aumentar la productividad de los trabajadores.

6.3 El estrés y la carga de trabajo en el Entrenamiento con Realidad Virtual: Los efectos de la presencia, la inmersión y el flujo. (Lackeya & Salcedo. 2016)

Este experimento es una de las pruebas más rigurosas para demostrar el efecto de los entrenamientos con realidad virtual sobre la carga de trabajo. Inicia con una demostración a partir de la revisión de la literatura acerca de la efectividad de los programas de entrenamiento que usan Realidad Virtual: El desempeño ha mejorado con entrenamientos que usan esta tecnología en organizaciones como la NASA, el ejército de Estados Unidos, Wal-Mart, Intel y más de 100 universidades que han usado esta tecnología, específicamente la llamada Second Life, en cursos académicos de psicología, leyes, comunicaciones, humanidades, historia, enfermería, arquitectura y literatura.

Los investigadores decidieron comprobar la superioridad en efectividad de los métodos de Realidad Virtual relacionados con su uso en entrenamiento. El objetivo era analizar el desempeño, la carga de trabajo percibida y la respuesta al estrés. También estaban interesados en la experiencia percibida del entrenamiento. Por lo tanto midieron auto-reportes de variables como involucramiento, presencia, inmersión, estado de flujo y aceptación de la tecnología. Para este estudio reclutaron 64 soldados masculinos asignándolos aleatoriamente a una de las dos condiciones experimentales: Entrenamiento con Realidad Virtual y Entrenamiento en Vivo. 32 participantes entraron en la condición de Realidad Virtual. Tanto los participantes fueron entrenados en contenidos de doctrinas de entrenamiento existentes (ARTEP 7-8 DRILL y FM 3-21.8). Los pertenecientes a la modalidad de Realidad Virtual recibieron un entrenamiento previo en uso de la tecnología de Realidad Virtual.

6.3.1 Instrumentos validados usados para medir el estrés y la carga de trabajo en programas de entrenamiento con realidad virtual

Tabla 6.3. Instrumentos validados usados para medir el estrés y la carga de trabajo en programas de entrenamiento con realidad virtual

Instrumentos validados usados para medir el estrés y la carga de trabajo en programas de entrenamiento con realidad virtual

Dundee Stress State J8: Mide los cambios en el estrés con tres escalas de 0 a 32 involucrando: Involucramiento en la tarea, preocupación y malestar.

NASA-TLX (Task Load Index): Mide la carga de trabajo con seis escalas: demanda mental, demanda física, demanda temporal, demanda de desempeño, esfuerzo y frustración. Las escalas individuales se sumaron para obtener un puntaje global de Carga de Trabajo

Flow State Short Scale: Mide el estado de flujo en cinco aspectos de este: Dificultad y equilibrio de la tarea, Entrada de alerta de la acción, Claridad de las metas, Ambigüedad de la retroalimentación, Concentración en la tarea actual, Sentido de control, Pérdida de auto-consciencia, Transformación del tiempo y experiencia Autotelica (experiencias que sean intrínsecamente satisfactorias y disfrutables).

Presence Scale Questionnaire: (Witmer and Singer, 1998), conformado por cuatro escalas: Involucramiento y control, Interacción natural, resolución y Calidad de la interfaz, que pueden puntuar entre "No compelido", hasta "Muy compelido".

TAM Measures: Mide la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida

Engagement Scale: (Charlton and Danforth, 2005) que mide el compromiso/involucramiento con la actividad.

Escala de Inmersión: consistente en 8 ítems sacados de una escala de Jennet y otros autores (2008).

Nota: Adaptado de: “The stress and workload of virtual reality training: the effects of presence, immersion and flow” (Lackeya & Salcedo, 2016).

Cuando alguno de los participantes reportó mareo por simulador fue monitoreado en el sitio del experimento y no se le permitió salir hasta que los síntomas se hubieran disipado. Después del entrenamiento todos los involucrados fueron sometidos a una evaluación y se les dio una nota de desempeño binaria: Apto o No apto, con lo cual podían pasar a una segunda fase de adoctrinamiento en vivo. Todos los participantes que usaron la realidad virtual resultaron aptos para la segunda fase, en la que también se monitoreó el desempeño.

Los resultados fueron obtenidos mediante análisis de correlación y regresión con computador para evaluar las relaciones entre las variables. Se realizaron regresiones logísticas por computador para Desempeño, Carga de trabajo percibida y Estrés.

En cuanto a las correlaciones con las dimensiones de la escala de Carga de trabajo NASA TLX se halló que un aumento en la facilidad de uso representaba una disminución en la carga de trabajo percibida. La presencia se relacionó fuertemente con la dimensión de estrés de la carga de trabajo: A mayor nivel de presencia, menor nivel de frustración asociado con el uso de la tecnología.

De entre las variables de “Flujo”, Dificultad y equilibrio de la tarea, Entrada de alerta de la acción, Claridad de las metas y Sentido de control fueron las que más fuertemente se relacionaron con la carga de trabajo.

En cuanto al análisis de regresión lineal, las relaciones entre cada variable predictor (escalas de involucramiento, inmersión, facilidad de uso percibida, utilidad percibida, presencia y flujo) y las medidas de resultados (estrés post-tarea y carga de trabajo percibida) se analizaron vía regresión. También se comprobaron los efectos conjuntos de

las variables productoras y los resultados de desempeño en regresiones jerárquicas para cada combinación de predictor/ combinación.

En cuanto a las regresiones de las variables de la escala NASA TLX sobre las variables predictores y el desempeño, no hubo ningún predictor significativo por interacciones en el desempeño de inmersión, utilidad percibida o facilidad de uso percibida.

Entre las variables de Presencia, se observó una correlación entre "Naturalidad de la interacción" y Frustración.

Tres componentes de flujo emergieron como predictores de la carga de trabajo como función del desempeño del grupo: equilibrio entre la dificultad y la habilidad, retroalimentación sin ambigüedad y sentido de control. Estos aspectos de flujo fueron asociados con menor demanda mental, menor demanda temporal, menor esfuerzo y menos frustración. Sin embargo esto solo ocurrió en los participantes de menor desempeño, quienes percibieron menor carga de trabajo experimentando altos niveles de equilibrio entre la dificultad y la habilidad, retroalimentación sin ambigüedad y sentido de control.

En general, las relaciones entre las variables predictores de la carga de trabajo y el estrés estuvieron en la dirección de las hipótesis. El involucramiento se relacionó más fuertemente con el estrés post-tarea y la carga de trabajo percibida, mientras que las escalas de presencia e inmersión se relacionaron más fuertemente con el estado pre-tarea (con la excepción de la relación de las escalas de presencia con frustración).

Las medidas TAM (utilidad percibida y facilidad de uso percibida) se correlacionaron tanto con estrés pre-tarea como con estrés post-tarea, y con la carga de trabajo cognitiva, aunque las dimensiones del estrés y la carga de trabajo fueron diferentes para facilidad de uso y para la escala de utilidad percibida. Este patrón implica que experiencias relacionadas

con la usabilidad de la tecnología VR influyeron principalmente en la dimensión afectiva del estrés (angustia), mientras que las percepciones de utilidad estaban relacionadas con el aspecto motivacional / energético del estrés (compromiso con la tarea).

Los resultados de la presente investigación indicaron que las medidas subjetivas asociadas con la forma en que las personas experimentan una tarea de entrenamiento de realidad virtual puede predecir el estrés y la carga de trabajo impuesta por una tarea posterior en vivo, pero no el rendimiento/desempeño en esa tarea. Los participantes que reportaron experiencias positivas (por ejemplo, usabilidad, utilidad, flujo) también tendieron a experimentar menor estrés y carga de trabajo cuando participaron en la versión en vivo de la tarea. Así se puede concluir que los regímenes de entrenamiento con Realidad Virtual pueden ser eficaces para reducir el estrés y la carga de trabajo asociados con las tareas de criterio, protegiendo así los recursos mentales y reduciendo la probabilidad de falla crónica posterior en el rendimiento/desempeño.

Los autores recomendaron que futuros trabajos en este dominio traten de desplegar medidas de rendimiento objetivo más sensibles para las tareas de criterio que deben completarse en entornos operativos, así como buscar examinar en detalle la etiología de los aumentos o disminuciones del desempeño tras el uso de Realidad Virtual en oposición a las formas de entrenamiento tradicionales.

6.4. Efectos de los métodos de entrenamiento Realidad Virtual y Tradicional sobre la carga de trabajo mental y el desempeño (Chin-Jung Chao & Sheng-Yu, 2017).

El artículo “Effects of three-dimensional virtual reality and traditional training methods on mental workload and training performance” reporta, a partir de la revisión de la literatura disponible, que a pesar de los muchos beneficios de la Realidad Virtual, también tiene algunos efectos colaterales como mareo, palidez, llenura, vértigo, ataxia, desorientación, dolor de cabeza, cansancio visual, náusea y vómito. Los sistemas de Realidad Virtual caen en tres categorías: no-inmersiva, semi-inmersiva y completamente inmersiva. El sistema no inmersivo ha demostrado ser el que tiene menos efectos colaterales.

Los científicos demostraron esto mediante el siguiente método: El experimento duró aproximadamente 170 minutos. Los sujetos debían realizar varias tareas de conducción y reparación de vehículos con herramientas sencillas de 10 minutos cada una usando tres diferentes métodos de entrenamiento: Entrenamiento tradicional, Entrenamiento mediante Video y Entrenamiento con Realidad Virtual. Después debían tomar diez minutos para realizar un cuestionario para evaluar la carga mental, la prueba NASA TLX.

El análisis de las variables se realizó con el método ANOVA (diseño mixto de doble vía para análisis de variables), para examinar los efectos del método entrenamiento y la complejidad de la tarea y las interacciones significativas entre sus variables. Igualmente se usó un ANOVA de una sola vía para evaluar los resultados del cuestionario NASA TLX sobre carga mental.

6.4.1. Resultados de desempeño

6.4.1.1. Errores en la operación: La mayor cantidad de errores se encontraron en el método de Entrenamiento Tradicional. El Entrenamiento con Realidad Virtual resultó ser el que menos errores de operación registró.

6.4.1.2. Tiempo de operación: Tanto en tareas simples como en tareas complejas el que menos tiempo de operación arrojó fue el de Realidad Virtual. El Entrenamiento Tradicional arrojó mayor tiempo que el Entrenamiento con Videos.

6.4.2 Respuestas fisiológicas:

6.4.2.1 Respuesta galvánica en la piel: Una menor repuesta galvánica en la piel es indicador de que la persona está más relajada. Tanto el método de entrenamiento como la complejidad de la tarea tienen efecto en la respuesta galvánica. El método de entrenamiento con menor respuesta galvánica fue el Tradicional. No hubo una diferencia significativa entre el método con Videos y el método con Realidad Virtual.

6.4.2.2 Tasa cardiaca promedio: Una mayor tasa cardiaca indica que la persona tiene mayor carga de trabajo mental y viceversa. El método de entrenamiento con mayor tasa cardiaca fue el Tradicional. No hubo una diferencia significativa entre el método con Videos y el método con Realidad Virtual.

6.4.2.3. Variabilidad en la tasa cardiaca: Se mide en componentes de alta frecuencia y baja frecuencia, que son indicadores de actividad parasimpática y simpática. El radio baja frecuencia/alta frecuencia es indicador del equilibrio simpático/parasimpático. De estos resultados los investigadores pudieron inferir que la carga mental es mayor para el método

Tradicional seguida por el método con Videos y menor para el método con Realidad virtual.

En todas las medidas fisiológicas se halló que el método con Realidad Virtual tiene la menor carga mental de todos los tres métodos de entrenamiento.

6.4.3. Evaluación de la carga mental subjetiva NASA TLX

Tabla 6.4. Cuestionario NASA TLX. Carga mental subjetiva

Cuestionario NASA TLX
Demanda Mental
¿Cuanta demanda mental y actividad perceptual fue requerida (Ej. Pensar, decidir, calcular, recordar, observar, buscar, etc.)? Fue la tarea fácil o demandante, simple o compleja, de precisión o de baja precisión?
Demanda Física
¿Cuanta actividad física fue requerida? (Ej. Empujar, jalar, voltearse, controlar, activar, etc.) ¿Fue la tarea fácil o demandante, lenta o agitada, aburrida o extenuante, descansada o laboriosa?
Demanda Temporal
¿Cuánta demanda temporal sintió debido a la tasa o ritmo en el que la tarea o tareas ocurrieron?, ¿Fue el ritmo lento y relajado o rápido o frenético?
Desempeño
¿Qué tan exitoso usted cree que fue en lograr los objetivos de la tarea propuestos por el experimentador (O por usted mismo?) ¿Que tan satisfecho estuvo usted con su desempeño en el logro de estos objetivos?
Nivel de frustración
¿Qué tan inseguro, desmotivado, irritado, estresado y molesto versus seguro, gratificado, contento, relajado y complaciente se sintió usted durante la tarea?
Esfuerzo
¿Que tan duro tuvo que trabajar usted? (mental y físicamente) para lograr su nivel de desempeño?

Nota: Adaptado de: Investigating Mental Workload of VR Training versus Serious Game Training on Shoot Operation.

El Entrenamiento con Realidad Virtual arrojó los menores puntajes en las subescalas de demanda mental, desempeño, esfuerzo y en promedio general. Sin embargo esta modalidad

de entrenamiento arrojó los mayores puntajes en las subescalas demanda física y frustración. Se concluye que el método de entrenamiento por Realidad Virtual tiene limitado efecto sobre la carga de trabajo mental

En el análisis de resultados los investigadores concluyen que de los métodos de entrenamiento, el de realidad virtual es el que arrojó menores tiempos en operación, adjudicando este hecho a que el método de realidad virtual permite hacer conceptos abstractos concretos y permite mayor interacción con las materias y contenidos del entrenamiento. También permite a los aprendices adelantar partes y ajustar el ritmo a sus necesidades y ensamblar y desensamblar partes o darles vuelta para verlas desde otro ángulo. Cuando hay una buena interacción hombre máquina, se permite una profunda impresión del objeto de estudio y esto lleva a mejores tiempos de operación y menor tiempo de operación. , En canto a lo observado con los resultados fisiológicos, La carga de trabajo no se debió tanto al método de entrenamiento como a la complejidad de las tareas y para el método de entrenamiento fue menor que en los otros dos métodos. Sin embargo los investigadores admiten que los resultados pudieron variar si la duración de las tarea hubiera sido mayor.

El hecho de que los resultados para carga menta con la prueba NASA TLX y los resultados fisiológicos no coinciden se puede atribuir la diferencia a que el método con indicadores fisiológicos arroja resultados en tiempo real, que la evaluación NASA TLX provee una estimación menos acertada debido a sesgos individuales y bajo número de muestras.

Los resultados pueden significar que el entrenamiento con realidad virtual requiere menos actividades mentales y perceptuales como pensar, decidir, recordar y buscar,

requiere un menor esfuerzo para lograr las metas y permite sentirse más satisfecho con el desempeño.

Por otro lado, el entrenamiento con realidad virtual arrojó mayores puntajes en la demanda física y la frustración. Los sujetos tendían a perder interés o estresarse cuando daban clic en algún objeto y no podían abrirlo. Esto significa a su vez que los sujetos debían realizar más actividades de control, como mover un mouse o un teclado para seleccionar o despejar ítems, o para voltear los objetos en un ángulo diferente para entender mejor los detalles de las tareas. El método de Entrenamiento Tradicionales el que más demanda mental tuvo pues el sujeto debía leer el texto y entenderlo. Subjetivamente el método tradicional tiene la mayor carga mental y el método con realidad virtual menor carga mental. Si bien se demostró que el método con realidad virtual resultó ser el mejor, los hallazgos deben limitarse a la realidad virtual no inmersiva y a las pruebas o tareas específicas del experimento.

6.5. Estabilidad y carga de trabajo del Simulador Basado en Realidad Virtual-2 (Kamaraj, Dicciano y otros autores, 2016).

En el artículo “Stability and Workload of the Virtual-Based Simulator-2” se buscó encontrar la diferencia en estabilidad y en carga de trabajo entre usuarios de diferentes interfaces para el entrenamiento en el uso de sillas de ruedas incluyendo entre las interfaces un programa de realidad virtual para el entrenamiento en el uso de sillas de ruedas eléctricas.

Para esto escogieron varios atletas de los juegos en silla de ruedas para veteranos (Versión nacional No.31). Para el análisis de la carga mental usaron una evaluación estandarizada llamada NASA-TLX y otras evaluaciones para poder comparar datos entre diferentes evaluaciones y recopilaron datos con una entrevista semiestructurada. Las cinco demandas de carga mental analizadas fueron: “Demanda mental”, “Demanda física”, “Demanda temporal”, “Desempeño”, “Esfuerzo” y “Frustración”.

Se utilizaron cinco tipos de entrenamiento, Entrenamiento en el mundo real, entrenamiento con pantalla normal, entrenamiento con pantalla con “rollers” (Pantallas que permiten un campo visual más amplio y proveen vibración y sonido), entrenamiento con realidad virtual pantalla normal y entrenamiento con realidad virtual con “rollers”. Los resultados obtenidos demostraron que la carga mental en todas las demandas analizadas fue básicamente la misma entre el programa de entrenamiento en pantalla de computador y el programa de entrenamiento virtual. Sin embargo, la carga mental fue mayor en el programa de entrenamiento virtual que en el entrenamiento en el mundo real. De cualquier forma los implicados en el estudio encontraron que el programa de entrenamiento virtual es útil y recomendable.

10 de los 21 participantes (48%) prefirieron el entrenamiento virtual al entrenamiento en computador personal, 3 reportaron que el entrenamiento virtual los hizo sentirse mareados y que el campo visual de 180 grados les proveía demasiada información. 14 de los participantes reportaron que la presencia de vibraciones y sonidos ayudó a aumentar la experiencia de inmersión.

Tabla: 6.5. Diferencia de la demanda de trabajo entre diferentes métodos de entrenamiento.

	Pantalla PC	Pantalla PC con rollers	Realidad Virtual	Realidad Virtual con rollers	Mundo real
Demanda Mental	12.4	10.8	12.71	11.47	5.14
Demanda física	10.2	9.45	10.06	9.58	5.07
Demanda temporal	7.9	6.4	7.88	7.58	3.43
Desempeño	7.35	5.05	8.06	6.26	4.21
Esfuerzo	12.7	11.2	12.76	10.89	7.14
Frustración	10.55	8.95	10.76	11.32	3.21

Nota: Adaptado de: Estabilidad y carga de trabajo del simulador virtual-2. (Kamaraj, Dicciano y otros. 2016).

Hasta este punto una conclusión a la que se debe llegar es que los tipos de investigación hallados son diferentes lo que explica la disparidad en los resultados, y que como los métodos de evaluación para Carga de Trabajo, Mareo por Realidad Virtual y Mareo por simulador están en constante desarrollo y revisión los resultados acerca del impacto del uso de sistemas de realidad virtual sobre la carga de trabajo encontrados deben ser considerados cuidadosamente.

6.6. Modelado de la fatiga acumulada del brazo en la interacción a media altura basado en el esfuerzo percibido y la cinética del movimiento del brazo (Jang & Stuerzlinger, 2017).

Este estudio buscaba crear un modelo para calcular la fatiga acumulada debida al “brazo de Gorila” en usuarios de sistemas de Realidad Virtual. El Brazo de Gorila es causado por la fatiga debida al uso prolongado de una pantalla táctil a nivel medio usada como controlador del dispositivo de Realidad Virtual. El brazo empieza a doler debido a la incomodidad de la posición requerida. La fatiga es la habilidad para mantener un nivel dado de contracción muscular y depende de la cantidad de sangre, y por lo tanto de oxígeno, que llega a las células del músculo. Sucede cuando la energía que necesita el músculo para la contracción ha sido consumida. La resistencia es la máxima cantidad de tiempo que puede contraerse el músculo antes de necesitar descanso. (Jang & Stuerzlinger, 2017).

Se reporta la existencia de la mejora en la interacción con los computadores ha expandido el uso de movimientos y gestos para controlar las interfaces gráficas. Anteriormente al usar un computador se tenía donde apoyar el brazo y esto ha cambiado con las nuevas tecnologías, un resultado de esto es que la fatiga debida a un uso prolongado de estos movimientos y gestos ha empezado preocupar a los diseñadores que ahora comprenden la importancia de la ergonomía en su trabajo y la necesidad de calcular con anticipación la fatiga que su programa de Realidad Virtual causará al usuario.

Se concluye que no existen modelos previos para el cálculo de la fatiga acumulada para estas plataformas y que la medición de la fatiga es difícil por cuanto incluye factores tanto físicos como psicológicos.

6.7. Evaluación de los síntomas y efectos de los simuladores de vuelo basados en realidad Virtual y Sensibilidad Mejorada de las mediciones de Estabilidad postural (Per-Anders Oskarsson, 2006).

Este artículo de la Agencia de Investigación de la Defensa Sueca investigó el nivel de síntomas de Mareo por Realidad Virtual experimentados en un simulador de combate aéreo basado en realidad virtual, los participantes contestaron repetidamente el Cuestionario de Síntomas de Mareo Virtual. Además, antes y después de la simulación se midió su estabilidad postural con el fin de investigar si las mediciones de la estabilidad postural pueden hacerse más sensibles a los cambios de dicha variable. Durante las mediciones se presentaron unos rollers o pantallas anchas con vibración para la mitad de los participantes. El uso de rollers produjo niveles generalmente más altos de inestabilidad postural, pero no aumentó la sensibilidad de las mediciones.

En comparación con muchos otros estudios, los síntomas de Mareo por Realidad Virtual con este experimento fueron de bajo nivel, así como los efectos sobre la estabilidad postural. Sin embargo, el dolor de cabeza causado por la pantalla montada en la cabeza fue una gran preocupación para la mayoría de los participantes. Una razón puede ser que durante la simulación los participantes se centraron en sus tareas y realizaron salidas de vuelo bastante exigentes, experimentando por lo tanto niveles bastante altos de carga de trabajo mental. Los estudios han demostrado que las personas que concentran su atención y esfuerzo mental en alguna tarea tienen menos probabilidades de sentir Mareo Virtual, experimentando menos carga de trabajo debida al mareo. (Oskarsson, 2006).

6.8. Otras Fuentes y escritos

Un estudio de 2015 de Matthew Pike y Eugene Chang propone la evaluación de la carga mental usando electrodos colocados en el casco de Realidad Virtual. Si bien esta tecnología aún está en su fase experimental, los resultados obtenidos con esta técnica pueden ser más confiables que los obtenidos con pruebas subjetivas (NASATLX, SWAT, y Workload Profile) pues la medición de la carga de trabajo con los electrodos la realiza el sensor en tiempo real y no requiere que el trabajador recuerde la experiencia para calificarla lo cual puede arrojar resultados no confiables. (Pike, 2015).

Porges (2016) define que el efecto de inmersión que produce la Realidad Virtual puede transportar al trabajador de oficina a un lugar afuera de la oficina abierta, libre de distracciones como compañeros habladores y puede ayudarles a enfocarse y concentrarse, aumentando la productividad en el proceso.

Tras varias entrevistas con trabajadores, el autor llega a la conclusión de que esta tecnología podrá por lo menos ayudar a algunos trabajadores a aumentar su productividad. La realidad Virtual permite disminuir distracciones visuales y auditivas y es de gran ayuda para tareas como la codificación en las que el trabajador debe estar hiper-concentrado y es deseable evitar distracciones. También permite la interacción con otros trabajadores presentes en puntos remotos del planeta escogidos voluntariamente para trabajar, permitiéndoles a diferentes grupos, dependiendo de la tarea a realizar, reunirse y trabajar en diferentes locaciones virtuales o entornos.

Para este autor una de las dificultades principales tiene que ver con el procesamiento de textos, debido esto, según el autor, a la resolución de los sistemas existentes y problemas

con el “rendering”. Uno no puede ver sus manos digitar las teclas por lo que uno debe ser excelente digitando. Un programa, Envelop, soluciona este inconveniente poniendo en “pantalla” o campo visual una grabación en vivo de sus manos y teclado. Por otro lado, para tareas como el diseño de grandes anuncios, la realidad virtual es la solución ideal pues permite visualizar los anuncios como si estuvieran en tamaño real y ubicados en el sitio donde han de ser colgados. El autor señala que el headset (gafas y auriculares o casco) puede resultar incómodo tras largos periodos de uso.

Cal Newport (2018) está de acuerdo con la idea de que escribir en un ambiente aislado de distracciones, como puede ser una casa de campo mejora el resultado del trabajo realizado. Afirma que las organizaciones que gastan fortunas en reclutar personal altamente calificado también estarán dispuestas a proveer a estos trabajadores ambientes para aumentar su productividad. A medida que la economía se va moviendo cada vez más hacia un enfoque basado en el conocimiento, el gastar fortunas en ambientes reales palidece frente a la posibilidad de trabajar en ambientes virtuales a menor precio.

Desde una perspectiva práctica, el autor nota que la tecnología de Realidad Virtual a escala de oficina necesaria para implementar este escenario ya existe, y la resolución de imagen de estos sistemas está llegando rápidamente al punto en que la lectura de texto denso en un mundo virtual se volverá cómoda.

Después de apreciar las ideas de este autor, sin embargo, se debe despejar la veracidad de sus afirmaciones de que el uso de la realidad virtual trae de por sí una disminución en las demandas cognitivas versus un ambiente con más distracciones. Un ambiente virtual puede aumentar las demandas cognitivas por factores como la desmotivación, aumento de carga en otras demandas cognitivas no relacionadas con la concentración como las ya discutidas

y, finalmente, la necesidad de tener en cuenta las características del individuo como ya se apreció anteriormente. Es posible sin embargo reducir estas cargas no relacionadas con la distracción, como las impuestas por el mareo por Realidad Virtual, y algunas cargas debidas al diseño ergonómico, si los diseñadores de estos sistemas virtuales tiene en cuenta algunas recomendaciones.

En el estudio “Influence of Comfort on 3D Selection Task Performance in Immersive Desktop Setups” (Lubos, 2015) se buscó demostrar que la comodidad o comfort es un factor determinante en el desempeño al realizar las tareas usando Interfaces Inmersivas. En su estudio los usuarios obtuvieron significativamente un mejor desempeño en la prueba de selección de objetos en la interface tridimensional cuando tuvieron donde apoyar su brazo. Los investigadores sin embargo señalan que el confort es subjetivo por lo que también se uso una medida subjetiva obteniendo, nuevamente, que los participantes se sentían más cómodos con la posibilidad de apoyar el brazo.

En el 2016 la Universidad de Valencia advierte sobre los peligros y daños colaterales del uso de la Realidad Virtual: *“En lo que a visión se refiere, la baja resolución (640x800 píxeles en cada ojo) y la tasa de refresco (60hz) que se está usando por ejemplo en el actual OculusRift que puede provocar al movernos un efecto de desenfoque parecido al que podemos tener cuando hemos bebido más de la cuenta”*. Otros peligros que advierte son el golpearse con objetos alrededor de la casa, por lo que recomienda que se utilice esta tecnología en espacio abierto, y la tensión en el cuello: *“Al utilizar OculusRift estaremos poniendo peso en nuestra cabeza y teniendo en cuenta la cantidad de movimientos que vamos a realizar, y más si somos de los que nos gusta jugar, conseguiremos muy*

probablemente que se resienta nuestro cuello”. (Universidad Internacional de Valencia, 2016).

A la luz de lo visto en otras fuentes hay que decir que estos problemas asociados a la percepción visual, o la tensión en el cuello variarían indudablemente con la tecnología utilizada y pueden aumentar o disminuir. Igualmente sucederá con el síndrome de Brazo de Gorila que los diseñadores ya han empezado a tener en cuenta para hacer más ergonómicos sus diseños. También la carga física dependerá de la facilidad de la interacción lo cual será determinante a su vez en la carga mental percibida y en la carga de trabajo en general.

En un estudio del 2011, “Investigating Mental Workload of VR Training versus Serious Game Training on Shoot Operation” (Investigando la carga de trabajo mental del entrenamiento de realidad virtual vs. Juego Serio en Operación de Disparo), los investigadores Ta-Min Hung, Tien-Lung Sun crearon dos tipos de ambientes de entrenamiento llamando a estos “Realidad Virtual” y “Juego Serio”. Al añadir más contrincantes a eliminar en el juego de disparar se aumentó la carga mental. Los investigadores pensaron que al añadir más carga mental en uno de los dos ambientes los jugadores aprenderían a adaptarse a trabajar en ambientes bajo presión. Es deseable entonces, según los resultados deseados, aumentar la carga mental durante los entrenamientos para conseguir un mejor resultado de desempeño en un ambiente de trabajo bajo presión, repensándose pues la inconveniencia de una alta carga mental pues esta también puede ser variada para mejorar los resultados en el desempeño del trabajador.

6.9. Análisis de Resultados

Como se puede apreciar con los hallazgos obtenidos, es muy difícil determinar hasta qué punto el uso de Realidad Virtual aumenta o disminuye la carga de trabajo en sus usuarios. En primera medida es porque si bien existen estudios razonablemente bien diseñados para medir este fenómeno, los resultados entre los estudios no son comparables y la evidencia que relacionan la realidad Virtual con un descenso en el desempeño de los trabajadores no es concluyente.

Las razones para esto están en los factores que pueden ser determinantes para unos puntajes mayores o menores en la medición de la carga de trabajo y el desempeño. Principalmente las diferencias entre las personas analizadas, involucrándose aquí variables como edad, experiencia con los equipos, y diferencia en el procesamiento visual, espacial y de memoria de trabajo que puede existir entre e individuos. En segunda medida, cada programa de entrenamiento, o juego, o interfaz para trabajo usando Realidad Virtual tiene sus propias características en términos de diseño, haciendo que cada programa tenga diferentes requerimientos en términos de carga física o mental.

A nivel de la medición de la carga de trabajo, también es importante notar que los métodos de evaluación o baterías aún están mejorándose y actualizándose continuamente y que los estudios utilizan diferentes baterías para obtener sus resultados a partir de las correlaciones entre las variables de tales baterías. Se evidenció el desarrollo de las evaluaciones para medir el mareo por realidad virtual, a partir del cuestionario de mareo por simulador, que a su vez fue un desarrollo de la evaluación Pensacola Motion Sickness.

Un avance en la medición de la carga de trabajo es el que se puede lograr al combinar el uso de cascos o visores de realidad virtual con sensores o electrodos que midan directamente la carga mental en tiempo real al tiempo que se trabaja con ella. Ya existen pruebas y estudios avanzando en esta dirección. La medición de la carga de trabajo mediante la medición de los componentes mentales y físicos separadamente está volviéndose obsoleta y no aporta la mejor comprensión al fenómeno.

Lo que sí se puede mencionar es los hallazgos de diferentes estudios que demuestran un aumento en la carga de trabajo en factores como: Mareo por Realidad Virtual (Reportada por un 25 a 40% de los usuarios), desorientación y Brazo de Gorila. Un estudio encontró una mayor carga de trabajo en la modalidad de Realidad Virtual en todas las variables de la prueba NASA TLX: Demanda Mental, Demanda física, Demanda temporal, Desempeño, Esfuerzo, Frustración e Inestabilidad Postural, aunque la diferencia con las otras modalidades de entrenamiento no fue muy alta. En la otra mano se halló un artículo que encontró menos carga mental general, aunque mayores niveles de frustración y esfuerzo, con el entrenamiento con Realidad Virtual, lo que se debe atribuir a la calidad del diseño del programa de entrenamiento. De cualquier modo, en el estudio con una mayor aunque insignificante carga, los sujetos encontraron recomendable el uso de la Realidad Virtual.

Aún falta por medir el impacto que tiene en la carga mental un factor de la organización del trabajo y es la interacción social. Este factor puede imponer cargas no esperadas que pueden casar acumulación y fatiga u otros efectos adversos para el bienestar del trabajador. Diversos estudios apuntan a que la forma en que está organizado el trabajo tiene un impacto muy grande en la carga de trabajo percibida por el trabajador y que la medición de este fenómeno aún no ha tenido un desarrollo satisfactorio. (IRSST, 2011).

Definitivamente los supervisores o diseñadores de la organización del trabajo que involucre realidad Virtual tendrán que tener en cuenta las implicaciones acá mencionadas, aumentar su entendimiento de la carga de trabajo impuesta y tener en cuenta factores como la programación, el diseño, procedimientos y estándares.

Por otro lado, se ha planteado que la Realidad Virtual permitirá a los trabajadores tener una mejor concentración en sus labores mediante eliminación de distractores, lo que tendría un impacto positivo en el desempeño, lo que hará que las empresas busquen este tipo de beneficio en sus diseños de métodos de trabajo. Ya hay testimonios de trabajadores que afirman que esto sucede, como es el caso de trabajadores que deben manejar una gran cantidad de datos numéricos.

Otra manera en la que la Realidad Virtual puede ayudar a aumentar el desempeño es que su uso es motivante, y ya se ha comprobado que el uso de esta tecnología en programas de entrenamiento aumenta el desempeño de los aprendices de 17 al 49%. Aparte de la motivación como factor clave para mejorar el desempeño, se debe tener en cuenta que la curva de aprendizaje al usar estos sistemas es mucho mayor que con la enseñanza tradicional. Se demostró por medio de un experimento bastante confiable que la usabilidad del Entrenamiento y la sensación de Presencia disminuye los indicadores Estrés y de Carga de Trabajo y aumenta el desempeño (Lackey & Salcedo, 2016). Por otro lado ciertos programas pueden disminuir las demandas mentales pero aumentan la carga física por la complejidad del manejo del mouse o las interfaces produciendo frustración y estrés. Otros autores sugirieron que es deseable aumentar la Carga de Trabajo durante el entrenamiento para obtener un mejor desempeño en el trabajo en el mundo real.

7. Conclusiones

Fue posible encontrar diversos artículos que buscaban medir el impacto del uso de los sistemas de Realidad Virtual sobre la carga de trabajo centrándose en factores como el Mareo por Realidad Virtual, la carga mental, el síndrome Brazo de gorila, el estrés, y la estabilidad postural. Se evidenció que cada tipo de programa utilizado en estas investigaciones presenta requerimientos específicos y que los resultados entre investigaciones no son fácilmente comparables entre sí.

La prueba más utilizada en los documentos hallados fue la evaluación subjetiva de carga de trabajo NASA TLX, pero los resultados obtenidos con las pruebas subjetivas diferían de los resultados obtenidos por el análisis mediante indicadores biológicos. Esto apunta a la necesidad de mejorar las pruebas subjetivas o combinar estas con otros indicadores.

Se puede concluir que no es el uso per se de la tecnología de la Realidad Virtual lo que impone requerimientos de tipo mental o físico que aumenten la carga de trabajo sino que estos dependen de la forma en que esté diseñado cada programa. La calidad del diseño y aspectos como la duración de la tarea, las características individuales de los usuarios y la complejidad de los contenidos de los entrenamientos se interrelacionan para producir un mayor o menor desempeño del trabajador.

8. Recomendaciones

Se recomienda en primera medida para futuras investigaciones realizar las pruebas con diferentes grupos de individuos y variar la duración de las tareas pues varias investigaciones halladas sugieren que esto podría arrojar resultados considerablemente diferentes.

Se recomienda para medir la carga mental de los usuarios de Realidad Virtual combinar medidas de tipo subjetivo con medidas de indicadores biológicos como la respuesta galvánica en la piel y la tasa cardiaca.

No se encontraron cifras relevantes para los efectos sobre la estabilidad postural y sería necesario conocer más a fondo esta temática. No se encontraron investigaciones que midan el impacto que tiene en la carga mental los factores de la organización del trabajo y la interacción social en programas de Realidad Virtual. Los datos acerca de la disminución de la carga de trabajo por medio de la Realidad Virtual son muy escasos o poco relevantes.

Finalmente se presentan en el anexo recomendaciones para los diseñadores de programas de realidad virtual para reducir las demandas físicas y mentales y evitar fenómenos como el mareo por realidad virtual y el síndrome de brazo de gorila. Su lectura será valiosa para comprender el objeto de estudio de esta investigación.

9. Referencias bibliográficas

- Chin-Jung Chao & Sheng-Yu Wu. 2017. Effects of three-dimensional virtual reality and traditional training methods on mental workload and training performance Human factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries Volume 27, Issue 4. Pages: 167-217
- Lackey, S.J & Salcedo, J.N. 2016. The stress and workload of virtual reality training: the effects of presence, immersion and flow. Ergonomics Journal.
- Hung, Ta-Min & Sun, Tien-Lung. 2011 Investigating Mental Workload of VR Training versus Serious Game Training on Shoot Operation Training. International Journal of Psychological and Behavioral Sciences, Vol:5, No:10. Retomado de: <https://waset.org/publications/10401/investigating-mental-workload-of-vr-training-versus-serious-game-training-on-shoot-operation-training>
- IRRSST. 2011. Exploratory Study to Identify Workload Factors that Have an Impact on Health and Safety. Retomado de: <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-701.pdf>
- Jang, Sujin; Stuerzlinger, Wolfgang, Ambike, Satyajit & Ramani, Karthik. 2017. Modeling Cumulative Arm Fatigue in Mid-Air Interaction based on Perceived Exertion and Kinetics of Arm Motion. In Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems. Retomado de: <https://engineering.purdue.edu/cdesign/wp/modeling-cumulative-arm-fatigue/>
- Design News. 2017. Virtual Reality by the Numbers: 5 Things You Need to Know in 2017. Retomado de: <https://www.designnews.com/electronics-test/virtual-reality-numbers-5-things-you-need-know-2017/76796037847189>
- IFA. 2014. Virtual reality in occupational safety and health. Folleto. Encontrado en: https://www.dguv.de/medien/ifa/en/fac/virtual_reality/sutave_flyer_en.pdf.
- Techrepublic. 2015. How NASA uses virtual reality to train astronauts. Retomado de: <https://www.techrepublic.com/article/how-nasa-uses-virtual-reality-to-train-astronauts/>
- Mejía, Jaqueline. 2014. Realidad Virtual Estado del arte y Análisis crítico. Universidad de Granada. España. Retomado de: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/515/1/T-SENESCYT-0326.pdf>

- Kennedy, Robert & Laene, Norman. 1993. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. The International Journal of Aviation Psychology. Retomado de: https://www.twentymillisecons.com/pdf/simulator_sickness_questionnaire.pdf
- Parra, Manuel. 2010. Conceptos básicos en Salud Laboral. Retomado de: <http://www.oitchile.cl/pdf/publicaciones/ser/ser009.pdf>
- Pappas, Stephanie. 2016. Why Does Virtual Reality Make Some People Sick?. Retomado de <https://www.livescience.com/54478-why-vr-makes-you-sick.html>
- Mail Online. 2017. VR controllers leading gorilla arm fatigue. Retomado de: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4488824/VR-controllers-leading-gorilla-arm-fatigue.html>
- Universidad Internacional de Valencia. 2016. Realidad virtual: efectos secundarios y daños colaterales. Retomado de: <https://www.universidadviu.es/realidad-virtual-efectos-secundarios-y-danos-colaterales/>
- Samit, Jay. 2018. A Possible Cure for Virtual Reality Motion Sickness. Fortune. Retomado de: <http://fortune.com/2018/02/06/virtual-reality-motion-sickness/>
- Kamaraj. 2016. Stability and Workload of the Virtual Reality-Based Simulator-2. Retomado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26921682>
- Aghajani, Haleh. 2017. Measuring Mental Workload with EEG+fNIRS. Retomado de: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2017.00359/full>
- Bockholt, Nicholai. 2017. Realidad virtual, realidad aumentada, realidad mixta. y ¿qué significa "inmersión" realmente?. Retomado de: <https://www.thinkwithgoogle.com/intl/es-es/canales-de-publicidad/tecnologia-emergente/realidad-virtual-aumentada-mixta-que-significa-inmersion-realmente/>
- Díaz, Eva. 2010. Estudio Psicométrico del Índice de Carga Mental NASA-TLX con una Muestra de Trabajadores Españoles. Encontrado en: <http://scielo.isciii.es/pdf/rpto/v26n3/v26n3a03.pdf>
- Judy Barrett. 2004. Side Effects of Virtual Environments: A Review of the Literature. Departamento de Defensa del Gobierno de Australia. Encontrado en: <https://pdfs.semanticscholar.org/ab1b/4153e44abb4c1a1fcac5f2aace847d30ecf3.pdf>
- Newport, Cal. 2018. Ready Player Productive: On Virtual Reality and Cognitively Demanding Work. Encontrado en: <http://calnewport.com/blog/2018/05/17/ready-player-productive-on-virtual-reality-and-cognitively-demanding-work/>
- Leap Motion. 2016. Ergonomics in VR Design. (Ergonomía en diseño de Realidad Virtual). Retomado de <http://blog.leapmotion.com/ergonomics-vr-design/>

- OIT. 2003. Conceptos básicos en salud laboral. Retomado de:
http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Licenciatura/Enfermeria/ProgramaNivelacion/A21/Unidad%201/lec_13a_conceptos_basicos_salud_laboral.pdf
- Oskarsson, Per-Anders. 2006. Evaluación de los síntomas y efectos de los simuladores de vuelo basados en realidad Virtual y Sensibilidad Mejorada de las mediciones de estabilidad Retomado de:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.852.35&rep=rep1&type=pdf>
- Garcés, Jorge & Duque, Edison. 2007. Metodología para el análisis y la revisión crítica de artículos de investigación. Innovar vol.17 no.29. Bogotá. Retomado de:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512007000100011
- RTVE. 2015. Realidad Virtual tienes que conocerla. Retomado de:
<http://www.rtve.es/rtve/20150804/realidad-virtual-tienes-conocerla/1193280.shtml>
- Álvarez, Jenyree. 2016. Posibilidades didácticas de la Realidad Virtual. Retomado de:
<https://revistaeducacionvirtual.com/archives/author/jenyree>
- Vera, Guillermo. 2003. La realidad virtual y sus posibilidades didácticas. Retomado de:
<http://www.ugr.es/~sevimeco/revistaeticanet/Numero2/Articulos/Realidadvirtual.pdf>
- Lubos, Paul. 2015. Influence of Comfort on 3D Selection Task Performance in Immersive Desktop Setups. Department of Informatics University of Hamburg. Retomado de:
<https://pdfs.semanticscholar.org/3410/a078e22f98925c52caca3d9e1ef18aa053f0.pdf>