

Prototipo de columna vertebral en 3D

# para el curso de Fundamentos de Ergonomía.



# Transformando la educación: impacto de la impresión 3D en el proceso de enseñanza-aprendizaje en SST

## *Transforming education: impact of 3D printing on the teaching-learning process in OHS (Occupational Health and Safety)*

### RESUMEN

En la formación académica en seguridad y salud en el trabajo (SST), los métodos tradicionales resultan insuficientes para preparar adecuadamente a los estudiantes. La carencia de recursos interactivos limita la comprensión y aplicación práctica de conceptos críticos, afectando la capacidad de gestionar y comprender riesgos laborales de manera efectiva.

Frente a esto, nuestra investigación introduce la impresión 3D en la educación de seguridad y la salud en el trabajo (SST). Esta tecnología permite crear modelos tridimensionales precisos de estructuras anatómicas y dispositivos de seguridad, facilitando un aprendizaje práctico y tangible. Los estudiantes pueden manipular estos modelos, comprendiendo mejor los efectos de posturas y movimientos en la columna vertebral, así como el desarrollo de trabajos en altura que son considerados trabajos de alto riesgo.

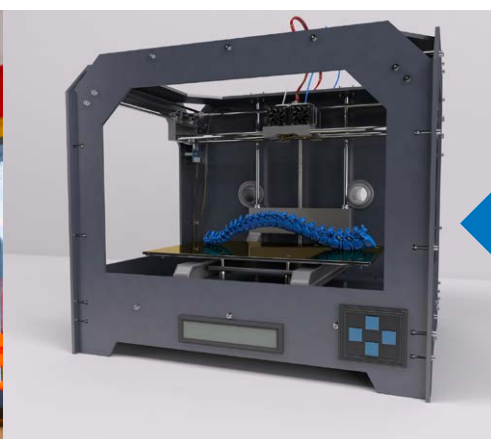
Implementamos un prototipo de columna vertebral impreso en 3D para el curso de Fundamentos de Ergonomía. Los resultados muestran una mejora del 32,81 % en la comprensión de los conceptos ergonómicos y un incremento del 36,42 % en la retención del conocimiento. Además, se diseñó un módulo de andamios con piezas desmontables para el proceso de comprensión de montaje y desmontaje de andamios en el curso Trabajos de Alto Riesgo, demostrando un aumento del 36,39 % en la capacidad de los estudiantes para ejecutar estas tareas. Estos hallazgos subrayan el potencial de la impresión 3D para transformar la educación en SST.

### ABSTRACT

*In academic training in Occupational Safety and Health (OSH), traditional methods are insufficient to adequately prepare students. The lack of interactive resources limits the understanding and practical application of critical concepts, affecting the ability to effectively manage and understand occupational hazards.*

*Against this backdrop, our research introduces 3D printing in Occupational Safety and Health (OSH) education. This technology enables the creation of accurate three-dimensional models of anatomical structures and safety devices, facilitating hands-on, tangible learning. Students can manipulate these models, better understanding the effects of postures and movements on the spine, as well as the development of work at heights that are considered high-risk jobs.*

*We implemented a 3D printed spine prototype for the Fundamentals of Ergonomics course. The results show a 32,81% improvement in the understanding of ergonomic concepts and a 36,42% increase in knowledge retention. In addition, a scaffolding module with detachable parts was designed for the process of understanding scaffolding assembly and disassembly in the High Risk Work course, demonstrating a 36,39% increase in students' ability to execute these tasks. These findings underscore the potential of 3D printing to transform OSH education.*



### Palabras Claves

Impresión 3D, educación superior, seguridad y salud en el trabajo, ergonomía, columna vertebral, andamios, trabajos en altura, trabajos de alto riesgo, innovación educativa, metodología de enseñanza, aprendizaje interactivo, innovación en SST, prototipos educativos en 3D, simulación.

### Key words

3D Printing, Higher Education, Occupational Health and Safety, Ergonomics, Spine, Scaffolding, Work at height, High Risk Jobs, Educational Innovation, Teaching Methodology, Interactive Learning, Innovation in SST, 3D Educational Prototypes, Simulation.

## INTRODUCCIÓN

Para preparar a los estudiantes para la complejidad del mercado laboral actual, es esencial incorporar herramientas de enseñanza innovadoras en el cambiante panorama de la educación superior. La seguridad y salud en el trabajo (SST) no es una excepción, pues demanda profesionales con conocimientos teóricos y habilidades prácticas en la implementación de medidas de seguridad.

Este estudio explora cómo los módulos didácticos con fabricación digital creados por docentes pueden mejorar la experiencia de aprendizaje. Dichos módulos, que incluyen modelos impresos en 3D, prototipos cortados con láser y simulaciones modeladas por computadora, ofrecen a los estudiantes herramientas interactivas que representan desafíos y soluciones de seguridad del mundo real.

Investigaciones previas destacan la efectividad de la impresión 3D en la educación [18]. Por ejemplo, se ha demostrado que los modelos impresos en 3D mejoran significativamente la comprensión de estructuras anatómicas complejas en estudiantes de medicina. Asimismo, integrar la impresión 3D e Industria 4.0 en la enseñanza de la ingeniería facilita la comprensión de teorías y conceptos clave [9], y mejora las habilidades de dibujo en 3D, optimizando la retención de conocimientos y la capacidad para aplicar conceptos teóricos en contextos prácticos.

El uso de material didáctico creado con impresoras 3D permite desarrollar prototipos, investigar diseños y visualizar componentes y procesos, lo cual enriquece la enseñanza en disciplinas como medicina e ingeniería biológica [8]. Esta tecnología también se aplica en otros campos, como la ergonomía [12]. En el currículo de SST, se promueve un enfoque práctico donde los estudiantes manipulan, analizan y rediseñan material didáctico para explorar distintos escenarios de seguridad, convirtiéndose en participantes activos del aprendizaje. Los proyectos de impresión 3D desarrollan habilidades como la resolución de problemas, el aprendizaje autodirigido y el pensamiento crítico [3], además de promover una comprensión más profunda a través de la interacción.

Los estudios revisados indican que la impresión 3D mejora el aprendizaje de ciencia y tecnología mediante la enseñanza, demostración, apoyo docente y desarrollo de tecnologías avanzadas [22].

Los docentes pueden mejorar la calidad de la enseñanza al permitir enfoques innovadores en sus sesiones [8]. La impresión 3D también beneficia a los docentes al enriquecer el entorno educativo, integrando diversos enfoques metodológicos [2]. Al adaptar los módulos a las últimas normativas, avances tecnológicos y cambios regulatorios, se asegura que los estudiantes reciban información actualizada y relevante.

Este estudio examina cómo los docentes han implementado con éxito módulos de fabricación digital diseñados en impresoras 3D (Fab Lab), analizando las dificultades, oportunidades y métodos para maximizar los beneficios educativos. Las tecnologías de impresión 3D fortalecen la motivación y refuerzan las competencias necesarias en el proceso educativo [19]. Finalmente, el artículo ofrece sugerencias para educadores interesados en innovar en la enseñanza de SST.

## FUNDAMENTOS

La integración de la impresión 3D en la educación puede mejorar los procesos educativos al proporcionar recursos innovadores en diversas disciplinas académicas [21], especialmente en el campo de seguridad y salud en el trabajo (SST), donde ha despertado creciente interés en la comunidad académica.

Esta tecnología no solo permite crear modelos tridimensionales precisos, sino que también es una herramienta eficaz para mejorar la comprensión y aplicación práctica de conceptos clave en SST.

### Comparación con enfoques tradicionales y tecnologías alternativas

Tradicionalmente, la formación en seguridad y salud en el trabajo (SST) ha recurrido a métodos convencionales, como libros de texto, presentaciones y simulaciones en 2D. Aunque valiosos, estos métodos suelen ser limitados en interactividad y en la representación de escenarios complejos. Diversos estudios señalan que los métodos tradicionales pueden ser insuficientes para brindar una comprensión profunda y práctica de los riesgos laborales [1].

### Ventajas de la tecnología de impresión 3D

La impresión 3D ofrece una ventaja significativa al proporcionar modelos físicos que los estudiantes pueden manipular, fomentando la creatividad y motivándolos a participar activamente en clase [3]. Al representar con precisión estructuras anatómicas, como la columna vertebral, y elementos de seguridad, esta tecnología facilita un aprendizaje más tangible y participativo. Recientes investigaciones han demostrado que los modelos tridimensionales mejoran la comprensión y retención del conocimiento frente a los métodos tradicionales [16]. Además, la impresión 3D permite desarrollar recursos didácticos innovadores en áreas como informática, programación y diseño de productos [5].

La investigación de Karsenty *et al.* (2021) muestra que el uso de modelos impresos en 3D para enseñar cardiopatías congénitas mejora tanto el desempeño como la comprensión de los estudiantes en comparación con métodos tradicionales. A pesar de algunas limitaciones, estos modelos se consolidan como herramientas valiosas en la educación médica, destacando su efectividad para facilitar el aprendizaje de diversos conceptos [11].

### Perspectivas de otros autores

Investigaciones sobre impresión 3D en la educación: Varios estudios han destacado los beneficios de la impresión 3D en la educación técnica y científica. Un estudio de De la Cruz-Campos *et al.* (2022) indica que las experiencias educativas con impresión 3D logran resultados significativos a través de la experimentación operativa, el fomento de la motivación y mejores resultados académicos. Los estudiantes aprenden experimentando y disfrutando, lo que despierta en ellos el deseo de adquirir conocimientos aplicables tanto en el ámbito profesional como en el personal [7]. La posibilidad de crear modelos físicos que los estudiantes pueden manipular y examinar en detalle supera las limitaciones de los recursos educativos tradicionales.

## Ventajas de la tecnología de impresión 3D

La impresión 3D puede aplicarse a tareas como el diseño y prueba de prototipos y productos finales. En ingeniería y diseño, es fundamental disponer de materiales didácticos que presenten problemas y situaciones reales, permitiendo a los estudiantes interactuar, analizar y responder de manera práctica, promoviendo la educación experiencial y superando la unilateralidad en la transmisión de información [4].

A pesar de sus beneficios, como el fomento de habilidades prácticas y el aumento del interés en disciplinas STEM<sup>1</sup>, la implementación actual de la impresión 3D sigue siendo incipiente, lo que destaca la necesidad de más investigaciones y políticas educativas que faciliten su adopción [14]. Aunque la impresión 3D es una tecnología avanzada, aún presenta limitaciones que dificultan su uso generalizado. Se requiere un estudio más profundo para predecir parámetros clave del proceso, optimizando la transición del diseño al producto final y simplificando el proceso sin necesidad de información adicional sobre el objeto impreso [17].

## Comparación con simulaciones virtuales

Si bien las simulaciones virtuales ofrecen experiencias interactivas, Smith *et al.* (2020) destacan que los modelos impresos en 3D añaden una dimensión de interacción física, crucial para comprender conceptos complejos [20]. La integración de simulaciones virtuales y modelos físicos en el aula proporciona una experiencia de aprendizaje más completa, permitiendo a los estudiantes explorar conceptos teóricos de manera práctica y visual, lo cual facilita una comprensión más profunda [23]. Esta combinación fomenta la interactividad y el compromiso, aumentando el interés y la retención del conocimiento en los estudiantes.

## Beneficios en seguridad y la salud en el trabajo (SST)

En el ámbito de seguridad y salud en el trabajo, Johnson y Lewis (2021) evidencian que la impresión 3D mejora significativamente la formación práctica. Los modelos tridimensionales permiten a los estudiantes configurar equipos de seguridad y practicar procedimientos de emergencia en un entorno controlado, optimizando su preparación para situaciones reales [10].

El uso de modelos 3D de objetos naturales en la educación superior mejora la calidad, accesibilidad y visibilidad del material de estudio, potenciando el desarrollo del pensamiento espacial en los estudiantes. La integración de estas tecnologías en la educación ambiental digital es crucial para formar una nueva generación de especialistas en industrias como la ecología y la industrial, facilitando la comprensión mediante una visualización efectiva [15].

Khurma *et al.* (2023) examinan la incorporación de la impresión 3D en la educación STEM en escuelas primarias de los Emiratos Árabes Unidos, destacando la percepción positiva de estudiantes y docentes. El uso de la impresión 3D no solo facilita la comprensión de conceptos abstractos, sino que también incrementa el interés y las actitudes de los estudiantes hacia carreras STEM [13]. Sin embargo, se señalaron obstáculos como la escasez de tiempo y la falta de capacitación para los educadores, lo que sugiere la

necesidad de formación y recursos adecuados para maximizar sus beneficios. Se observó, además, que un mayor nivel de integración de la impresión 3D en módulos didácticos predice positivamente el interés de los estudiantes en carreras STEM, tanto en áreas analíticas como empáticas [6].

## Aplicación en la educación superior

La implementación de la impresión 3D en los cursos de Trabajos de Alto Riesgo y Fundamentos de Ergonomía ha mostrado un impacto positivo en el aprendizaje. Comparado con estudios previos, nuestros resultados indican un aumento en la comprensión y retención del conocimiento, así como una mejora en las habilidades prácticas. El uso de modelos impresos en 3D, como la columna vertebral y módulos de andamios, permite a los estudiantes interactuar de manera más efectiva con los materiales educativos que los métodos tradicionales.

## METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación emplea un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar el impacto de la impresión 3D en el aprendizaje de seguridad y salud en el trabajo (SST). Se aplicaron un pretest y un postest a un solo grupo de estudiantes de los cursos de Trabajos de Alto Riesgo y Fundamentos de Ergonomía en una institución de educación superior.

El objetivo fue medir el impacto de los módulos didácticos impresos en 3D en la comprensión y retención de conocimientos ergonómicos, así como en la capacidad de los estudiantes para realizar tareas prácticas de montaje y desmontaje de andamios.

## Alcance de la investigación

El alcance de esta investigación es descriptivo-explicativo; no solo busca describir el fenómeno observado, sino también explicar las causas y efectos de la intervención educativa basada en impresión 3D en el aprendizaje de seguridad y salud en el trabajo (SST), abarcando los siguientes aspectos:

### Descriptivo

#### Descripción de la intervención

En la fase descriptiva, la investigación detalla las características y resultados de la implementación de los módulos didácticos impresos en 3D. Se busca describir el nivel de comprensión de conceptos ergonómicos y las habilidades de montaje y desmontaje de andamios en los estudiantes antes y después de la intervención. Para ello, se recopilaron datos cuantitativos mediante pretest y postest, y datos cualitativos a través de encuestas de satisfacción a estudiantes y docentes.

### Explicativo

En la fase explicativa, se busca entender las razones detrás de los resultados observados, analizando cómo y por qué el uso de modelos impresos en 3D mejora la comprensión y retención de conocimientos ergonómicos y las habilidades prácticas en comparación con los métodos tradicionales. Se examinarán los mecanismos mediante los cuales los modelos 3D impactan el aprendizaje, como el aumento de la interacción física con los

1 STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas)

conceptos, la visualización tridimensional de estructuras complejas y la posibilidad de realizar prácticas repetitivas sin riesgos.

### Qué incluye el alcance

- A. Evaluación de la efectividad de los modelos 3D** Medir el cambio en la comprensión de conceptos ergonómicos y en las habilidades de montaje y desmontaje de andamios a través de pruebas pretest y postest. Analizar los incrementos porcentuales en los resultados para evaluar la mejora en el rendimiento académico de los estudiantes.
- B. Percepción de la intervención:** Recoger y analizar las percepciones de estudiantes y docentes sobre la efectividad y utilidad de los modelos impresos en 3D en la enseñanza de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).
- C. Identificación de factores de éxito:** Determinar los aspectos específicos de la intervención que contribuyen significativamente a la mejora del aprendizaje, como la interacción tangible con los modelos y la visualización tridimensional de estructuras.
- D. Generación de conocimientos para futuras aplicaciones:** Proporcionar un marco teórico y empírico que sirva para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la educación de SST y áreas afines.

En resumen, esta investigación busca describir detalladamente los resultados de la implementación de modelos 3D en la educación de SST y explicar las razones de su efectividad, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y mejoras en los métodos de enseñanza en esta área.

## MÉTODOS

La metodología de esta investigación se centra en la implementación y evaluación de modelos impresos en 3D en el proceso de enseñanza-aprendizaje en los cursos de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). Este proceso se dividió en varias fases clave:

### Técnicas y herramientas

- **Impresión 3D:** Creación de modelos tridimensionales precisos, como la columna vertebral y andamios desmontables.
- **Encuestas y entrevistas:** Recolección de datos cualitativos para obtener retroalimentación de los estudiantes.
- **Evaluaciones cuantitativas:** Pruebas pre- y postintervención para medir el conocimiento y la retención.
- **Análisis estadístico:** Comparación de los resultados de las evaluaciones para determinar la efectividad de la intervención.

## DESARROLLO DE MATERIALES DIDÁCTICOS

**A. Creación de prototipos:** Diseño y producción de modelos tridimensionales mediante impresión 3D:

- **Columna vertebral:** Prototipo impreso en 3D para enseñar conceptos ergonómicos.

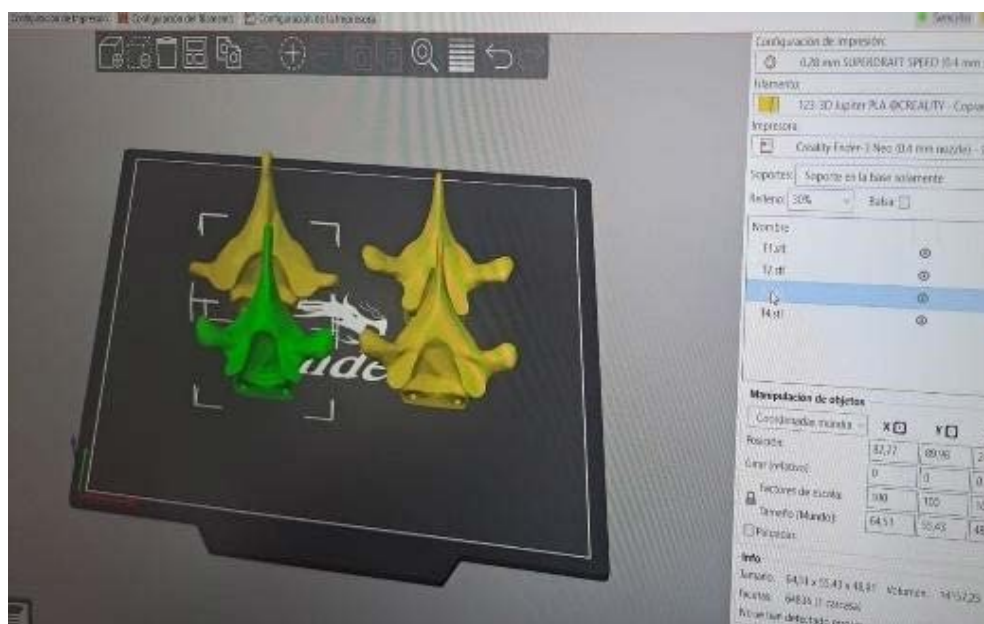


Figura 1. Diseño de prototipo de columna. Elaboración propia.

La figura anterior muestra la configuración en un software de impresión 3D para el modelo de vértebras, con cuatro vértebras alineadas y los parámetros de impresión optimizados.

Para crear el modelo de la columna vertebral, se utilizó una impresora 3D de alta precisión con tecnología de modelado por deposición fundida (FDM). El diseño se realizó con software de diseño asistido por computadora (CAD) y se imprimió con filamento de ácido poliláctico (PLA), un material biodegradable y resistente.



Figura 2. La impresora 3D Ender en proceso de impresión de modelos de vértebras visibles sobre la plataforma. El filamento, colocado en la parte superior de la máquina, está listo para alimentar la impresora

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Posicionamiento del prototipo utilizando una plantilla para alinear correctamente las vértebras en su ubicación anatómica y colocación de piezas en una prenda

Fuente: Elaboración propia.

- **Andamios:** Modelo de andamio impreso en 3D con piezas desmontables, diseñado para enseñar técnicas de montaje y desmontaje.



Figura 4. Impresora 3D Ender en proceso de fabricación de piezas de andamio a escala, utilizando filamento PLA de la marca eSUN

Fuente: Elaboración propia.

**Validación de modelos:** Los modelos fueron validados por expertos en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) para garantizar su precisión y relevancia educativa.

## IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO

**Participantes:** Estudiantes de la carrera de Seguridad y Salud en el Trabajo; la muestra del estudio consistió en 130 estudiantes matriculados en los cursos de Trabajos de Alto Riesgo y Fundamentos de Ergonomía, seleccionados mediante muestreo por conveniencia.

**Procedimiento:** Los estudiantes interactuaron con los modelos impresos en 3D durante las sesiones prácticas del curso.

- **Aplicación del pretest:** Aplicado para establecer el nivel inicial de conocimientos.
- **Intervención:** Talleres prácticos utilizando modelos 3D.
- **Aplicación del postest:** Evaluó la mejora en la comprensión y habilidades prácticas.
- **Encuestas de satisfacción:** Administradas al finalizar la intervención.

## Aplicación del prototipo de columna

Aplicación de las sesiones con apoyo visual de diapositivas y el uso de prototipos impresos en 3D.



Figura 5. Capacitación en ergonomía con el prototipo de vértebras de la columna junto a los estudiantes.

Fuente: Elaboración propia.

Este modelo tridimensional permite a los estudiantes visualizar y manipular una representación precisa de la columna vertebral humana.



Figura 6. Demostración práctica utilizando el modelo de columna vertebral sobre la espalda de un participante. Algunos estudiantes seleccionados emplearon el prototipo para realizar la demostración

Fuente: Elaboración propia.

La interacción con este modelo facilita la comprensión de los efectos de distintas posturas y movimientos en la columna, promoviendo un aprendizaje práctico y tangible de conceptos ergonómicos. Esto refuerza el conocimiento anatómico de los estudiantes y les ayuda a comprender la importancia de una postura adecuada en el entorno laboral.



Figura 7. El prototipo se utilizó para que los estudiantes visualizaran el movimiento de las vértebras al levantar una carga de forma incorrecta

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. El prototipo se utilizó para visualizar la posición de las vértebras al levantar una carga de manera correcta

Fuente: Elaboración propia.

### Aplicación del prototipo de andamio a escala

Aplicación de las sesiones utilizando el prototipo del andamio para reforzar los conceptos.



Figura 9. Los estudiantes realizaron el montaje y desmontaje de un andamio impreso a escala

Fuente: Elaboración propia.

Este modelo, utilizado como material didáctico y compuesto por piezas desmontables, permite a los estudiantes aprender y practicar el montaje y desmontaje de andamios de forma segura y efectiva, reduciendo así la exposición a peligros y riesgos asociados con el uso de andamios reales.

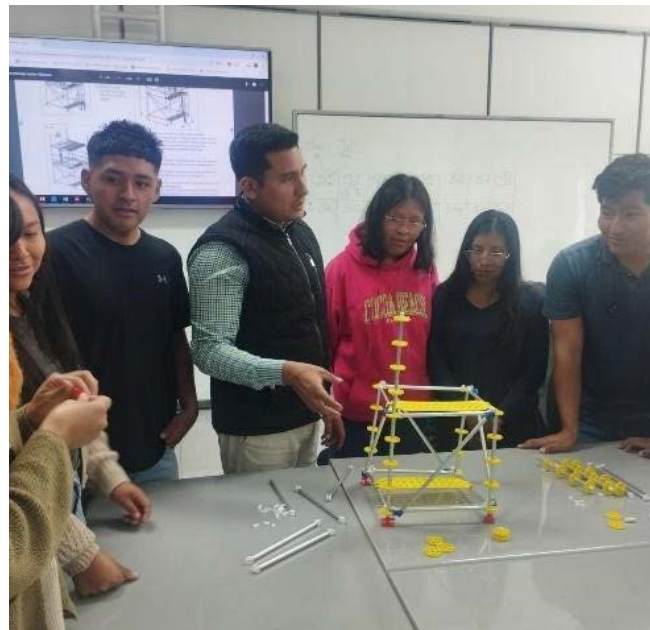


Figura 10. Demostración de la importancia de dominar las técnicas de montaje y desmontaje de andamios

Fuente: Elaboración propia.

El modelo simula un andamio real, ofreciendo una experiencia educativa práctica sin los riesgos asociados al uso de andamios a gran escala. Los estudiantes pueden practicar la secuencia correcta de montaje y desmontaje, mejorando su habilidad para realizar estas tareas en situaciones reales.



Figura 11. Participación activa y colaborativa de los estudiantes durante la actividad

Fuente: Elaboración propia.



## RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Pretest y postest:** Evaluaron la comprensión de conceptos ergonómicos y la capacidad de montaje y desmontaje de andamios antes y después de la intervención.
- **Encuestas de satisfacción:** Recopilaron las percepciones de estudiantes y docentes sobre la efectividad de los modelos 3D.

## Análisis de datos

### Cuantitativo

Se realizó un análisis estadístico de las puntuaciones obtenidas en las evaluaciones para determinar el aumento en la comprensión y retención del conocimiento.

Tabla 1  
Cuadro de estadísticos descriptivos

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2
Media	13,1769	17,98461538
Varianza	2,9685	2,681932021
Observaciones	130,0000	130
Coefficiente de correlación de P	0,5697	
Diferencia hipotética de las medias	0,0000	
Grados de libertad	129,0000	
Estadístico t	-35,1241	
P(T<=t) una cola	0,0000	
Valor crítico de t (una cola)	1,6568	
P(T<=t) dos colas	0,000000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,9785	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran una diferencia significativa entre las medias de las dos variables ( $p < 0,001$ ) y una correlación moderada ( $r = 0,57$ ), lo que sugiere una relación positiva que merece un análisis más profundo de los factores involucrados. La tabla presenta los resultados de una prueba t para medias de dos muestras emparejadas, utilizada para comparar las medias de dos conjuntos de datos emparejados y determinar si existe una diferencia significativa entre ellas. A continuación, se ofrece una interpretación detallada de los resultados:

### A. Estadísticas descriptivas

- **Media:** La media de la variable 1 es 13,1769, mientras que la de la variable 2 es 17,9846, lo que indica que, en promedio, los valores de la variable 2 son más altos que los de la variable 1.

- **Varianza:** La varianza de la variable 1 es 2,9685 y la de la variable 2 es 2,6819, mostrando una variabilidad similar en ambas muestras.
- **Observaciones:** Ambas variables cuentan con 130 observaciones.

### B. Correlación

- **Coefficiente de correlación de Pearson:** El coeficiente de correlación es 0,5697, indicando una correlación positiva moderada entre las dos variables.

### C. Prueba t

- **Diferencia hipotética de las medias:** La diferencia hipotética es 0, lo que significa que se está evaluando si no hay diferencia entre las medias de las dos variables.
- **Estadístico t:** El valor del estadístico t es -35,1241, indicando una diferencia significativa entre las dos medias.
- **P(T<=t) una cola:** El valor p para una prueba de una cola es 0,0000, lo que indica que la diferencia es significativa en una dirección.
- **Valor crítico de t (una cola):** El valor crítico de t para una cola es 1,6568.
- **P(T<=t) dos colas:** El valor p para una prueba de dos colas es 0,000000, lo que sugiere una diferencia altamente significativa entre las medias de las dos variables.
- **Valor crítico de t (dos colas):** El valor crítico de t para dos colas es 1,9785.

Los resultados muestran una diferencia significativa entre las medias de la Variable 1 y la Variable 2. Con un valor p de 0,0000 (una cola) y 0,000000 (dos colas), podemos rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencia entre las medias, aceptando la hipótesis alternativa de que sí existe una diferencia significativa entre los resultados del pretest y el postest.

Estos hallazgos son consistentes con los datos del resumen de la investigación, que indican una mejora significativa en la comprensión y retención del conocimiento al utilizar los modelos didácticos impresos en 3D.

### Cualitativo

Se realizó un análisis temático de las respuestas de encuestas y entrevistas para identificar patrones y percepciones comunes sobre el uso de modelos 3D.

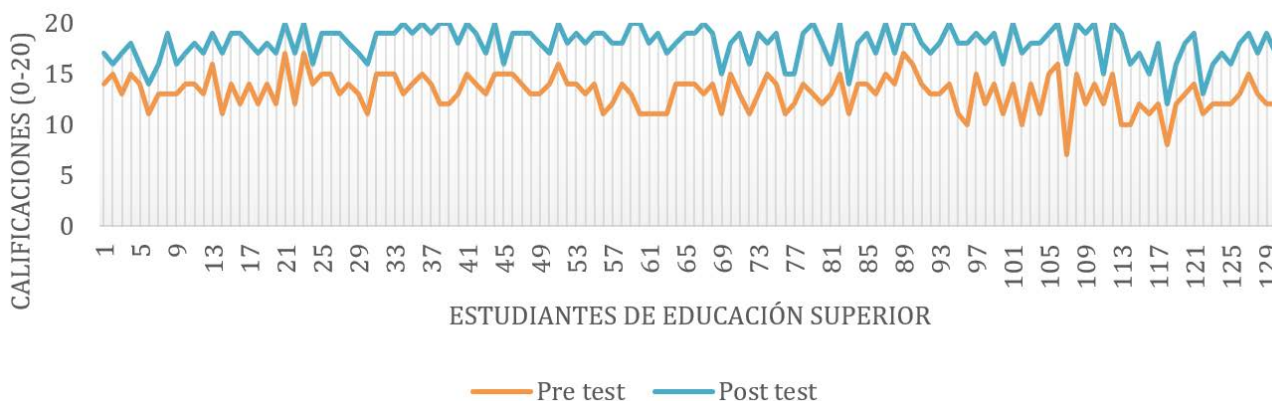


Figura 12. Comparación de las calificaciones de los estudiantes en el pretest y posttest, mostrando una diferencia significativa en los resultados  
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico muestra los resultados de la evaluación de conocimientos, evidenciando una tendencia hacia puntajes más altos en el posttest en comparación con el pretest. Este aumento significativo sugiere una mejora sustancial en la comprensión y retención de la información.

### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### Comparación con datos

Comparación de los promedios obtenidos por los estudiantes en las pruebas de pretest y posttest.

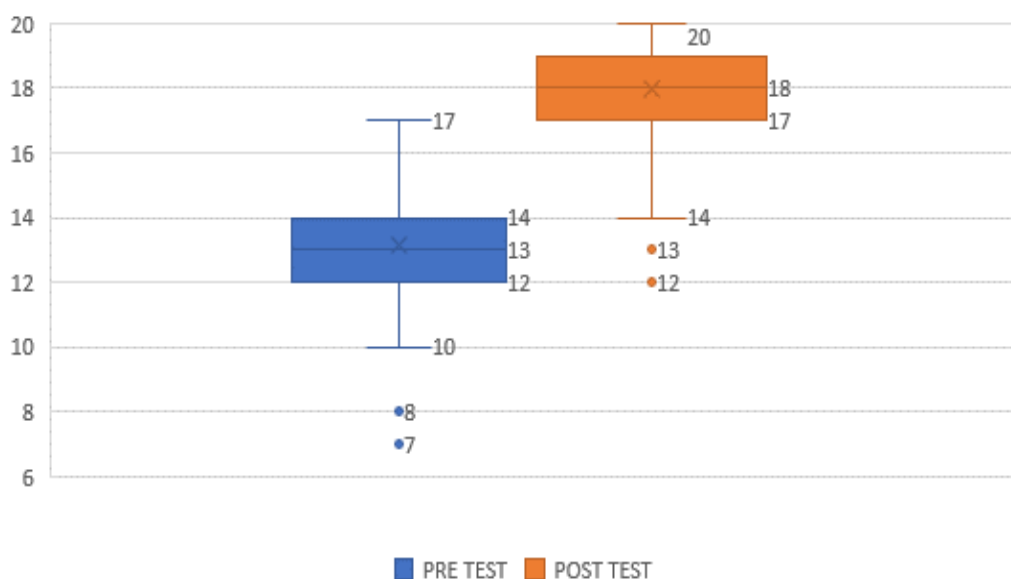


Figura 13. Resultados de las evaluaciones realizadas antes y después de la clase, utilizando módulos didácticos impresos en 3D  
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico muestra los promedios obtenidos en la evaluación de conocimientos, comparando el pretest y el posttest, y evidenciando una mejora significativa en los conocimientos adquiridos. La nota promedio aumentó de 13 en el pretest a 18 en el posttest.

#### Percepción docente

La implementación de modelos didácticos impresos en 3D en las sesiones de clase fue evaluada mediante una encuesta específica aplicada a docentes de educación superior técnica. Los resultados y comentarios obtenidos brindan una visión valiosa sobre la efectividad y los beneficios de esta innovación educativa.

#### Resultados de la encuesta

La encuesta aplicada a los docentes incluyó preguntas sobre diversos aspectos de la implementación, como la utilidad de los modelos en la enseñanza, la facilidad de integración en el plan de estudios y la percepción de mejora en el aprendizaje de los estudiantes. A continuación, se presentan los resultados más relevantes:

Primera pregunta: El 66 % de los docentes respondió que no han utilizado previamente módulos didácticos en fabricación digital (como material didáctico en 3D), lo que indica que la tecnología de impresión 3D aún no ha sido ampliamente explorada en su contexto educativo y presenta una oportunidad

para introducir nuevas metodologías. El 34 % restante afirmó haberlos utilizado, lo cual sugiere que algunos docentes están ya a la vanguardia en la adopción de innovaciones tecnológicas en educación.

Segunda pregunta: El 90 % de los docentes consideró que sería «muy fácil» o «fácil» integrar módulos didácticos en 3D en su plan de clases, mientras que el 10 % adoptó una postura neutral. Esto refleja una percepción optimista hacia la incorporación de esta tecnología y sugiere que, con el apoyo adecuado, la integración puede ser exitosa.

Tercera pregunta: El 90 % de los docentes considera que los módulos didácticos en 3D ayudarían a los estudiantes a retener mejor la información, mientras que el 10 % indicó que ayudarían de forma moderada. La mayoría tiene una percepción positiva sobre el impacto de estos módulos en la retención de conocimientos, destacando que su naturaleza interactiva y visual podría facilitar una mejor asimilación de los contenidos.

Cuarta pregunta: El 96 % de los docentes cree que sería «muy útil» o «útil» utilizar un prototipo de columna vertebral para enseñar ergonomía y posturas correctas, mientras que el 4 % tiene una opinión neutral. Esto muestra un fuerte respaldo hacia el uso de esta herramienta en la enseñanza de ergonomía.

Quinta pregunta: El 98 % de los docentes cree que sería «muy útil» o «útil» utilizar módulos didácticos en 3D en la enseñanza

de su materia, con un 2 % en posición neutral. Estos resultados reflejan una percepción positiva sobre la utilidad de los módulos 3D, destacando su potencial para mejorar la comprensión de los estudiantes.

Sexta pregunta: El 100 % de los docentes expresó interés en implementar módulos 3D en sus cursos. Este interés generalizado subraya la disposición de los docentes para innovar en sus metodologías de enseñanza y experimentar con nuevas herramientas tecnológicas.

### Comentarios de los docentes

Además de las respuestas cuantitativas, los docentes proporcionaron comentarios cualitativos que destacan tanto los beneficios como algunos desafíos encontrados:

- «Los modelos impresos en 3D han transformado la forma en que enseñamos conceptos ergonómicos. Los estudiantes pueden ver y tocar lo que antes solo podían imaginar».
- «La capacidad de desmontar y volver a montar los modelos proporciona una experiencia de aprendizaje interactiva que no se puede replicar con métodos tradicionales».

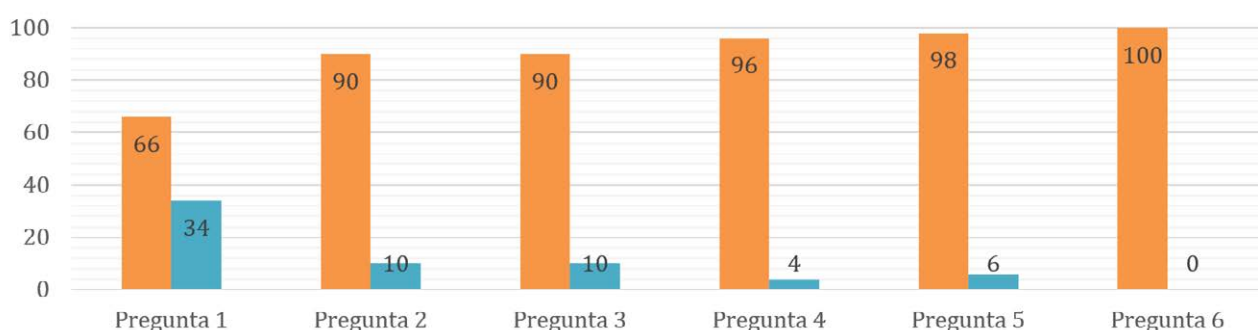


Figura 14. Análisis de los resultados del cuestionario aplicado a los docentes

Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### Resultados

Los resultados indican que la implementación de modelos didácticos impresos en 3D tiene un impacto positivo significativo en el aprendizaje de los estudiantes en el área de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). El aumento del 32,81 % en la comprensión de conceptos ergonómicos, del 36,42 % en la prueba de conocimientos y del 36,39 % en la capacidad de montaje y desmontaje de andamios sugiere que estos módulos interactivos facilitan una mejor asimilación de conceptos teóricos y prácticos esenciales.

### Cálculo de los incrementos porcentuales

Los incrementos porcentuales se calcularon utilizando la fórmula:

$$I. de (\%) = \left( \frac{\text{Postest promedio} - \text{pretest promedio}}{\text{Pretest promedio}} \right) \times 100$$

### Interpretación de resultados

#### A. Mejora en la comprensión

Los estudiantes mostraron una mejora del 32,81 % en la comprensión de conceptos ergonómicos tras utilizar los modelos impresos en 3D.

- Pretest promedio: 6,4
- Postest promedio: 8,5

$$\text{Incremento. de (\%)} = \left( \frac{8,5 - 6,4}{6,4} \right) \times 100 = 32,81 \%$$

## B. Incremento en la retención del conocimiento

Se observó un incremento del 36,42 % en la retención del conocimiento en la prueba que incluía preguntas sobre conceptos ergonómicos y el montaje y desmontaje de andamios.

- Pretest promedio: 13,18
- Posttest promedio: 17,98

$$\text{Incremento. de (\%)} = \left( \frac{17,98 - 13,18}{13,18} \right) \times 100 = 36,42 \%$$

## C. Habilidades prácticas mejoradas

Los estudiantes demostraron un aumento del 36,39 % en su capacidad para montar y desmontar andamios tras interactuar con los modelos impresos en 3D.

- Pretest promedio: 6,76
- Posttest promedio: 9,22

$$\text{Incremento. de (\%)} = \left( \frac{9,22 - 6,76}{6,76} \right) \times 100 = 36,39 \%$$

## LIMITACIONES

**Muestra limitada:** La investigación se realizó con un número limitado de estudiantes, lo que podría afectar la generalización de los resultados.

**Duración del estudio:** El tiempo de implementación y evaluación fue breve, limitando la observación de los efectos a largo plazo.

**Recursos técnicos:** La disponibilidad y calidad de los equipos de impresión 3D pueden haber influido en la precisión y efectividad de los modelos.

**Variación de módulos:** Se utilizaron modelos específicos de la columna vertebral y andamios, sin explorar una gama más amplia de aplicaciones de impresión 3D en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).

## CONCLUSIONES

### Impacto positivo de la impresión 3D

Los estudiantes mostraron un incremento del 32,81 % en la comprensión de posturas correctas e incorrectas en ergonomía y del 36,39 % en habilidades prácticas relacionadas con el montaje y desmontaje de andamios. La introducción de la tecnología de impresión 3D en la educación de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) mejora notablemente la comprensión y retención de conocimientos, lo que se traduce en una mayor capacidad para aplicar estos conocimientos en situaciones prácticas.

Estos hallazgos destacan el potencial de la impresión 3D para transformar la educación en SST, proporcionando herramientas educativas efectivas que pueden ser adoptadas a mayor escala para mejorar la formación en seguridad y salud ocupacional. La posibilidad de manipular modelos físicos facilita un aprendizaje más interactivo y tangible, promoviendo una participación activa de los estudiantes.

## RECOMENDACIONES

**Ampliar la muestra y la duración del estudio:** Se recomienda aumentar el tamaño de la muestra y extender la duración de los estudios futuros para evaluar el impacto de la impresión 3D a largo plazo. Una muestra más grande y diversificada proporcionará datos más robustos y generalizables.

**Explorar diversas aplicaciones de impresión 3D en seguridad y salud en el trabajo (SST):** Es fundamental investigar el uso de la impresión 3D en diversos contextos dentro de SST, como el manejo de sustancias peligrosas, primeros auxilios, uso de extintores, y equipos de protección personal. También se sugiere evaluar la efectividad de diferentes tipos de modelos impresos para identificar qué enfoques son más efectivos en la enseñanza de conceptos específicos.

**Evaluar el impacto en diferentes contextos educativos:** Se recomienda explorar el uso de la impresión 3D en distintos niveles educativos, como la formación técnica, la educación continua y la capacitación laboral, así como en diversos contextos culturales.

**Desarrollar programas de capacitación docente en tecnologías 3D:** Dado el interés y la percepción positiva de los docentes hacia el uso de la impresión 3D, es esencial implementar programas de formación continua que los capaciten en el uso de esta tecnología y en metodologías de enseñanza innovadoras.

## REFERENCIAS

- [1] Berrones, L., Moyano, M., Espinoza, L. & Congacha, E. (2023). La gamificación en el aprendizaje significativo de las asignaturas de educación básica. *Revista Polo del Conocimiento*, 8(7), 240-262. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i7>
- [2] Borroy Tomás, D. (2022). ApS en tres dimensiones: una propuesta didáctica para la integración de la impresión 3D a través de metodologías activas. <https://repositorio.usj.es/handle/123456789/878>
- [3] Cabrera, L. & Córdova, M. (2023). Impresión 3D como herramienta educativa para el desarrollo del pensamiento creativo: revisión sistemática. *Apertura*, 15(2), 88-103. <https://doi.org/10.32870/ap.v15n2.2382>
- [4] Camacho, R., Rivas, C., Gastar, M. & Quiñonez, C. (2020). Innovación y tecnología educativa en el contexto actual latinoamericano. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28064146030>
- [5] Candia, F. (2022). Integración de la impresión 3D en la educación tecnológica. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1170>
- [6] Cheng, L., Antonenko, P., Ritzhaupt, A. & MacFadden, B. (2021). Exploración del papel de la impresión 3D y los niveles de integración STEM en el interés profesional de los estudiantes en STEM. *British Journal of Educational Technology*, 52, 1262-1278. <https://doi.org/10.1111/BJET.13077>

- [7]** De la Cruz-Campos, J., Campos-Soto, M., Rodríguez-Jiménez, C. & Ramos Navas-Parejo, M. (2022). Impresión 3D en educación. Perspectiva teórica y experiencias en el aula. *Revista Centra de Ciencias Sociales*, 1(1), 67-80. <https://doi.org/10.54790/rccs.16>
- [8]** Eslahi, A., Chadeesingh, D., Foreman, C. & Alpay, E. (2020). Impresoras 3D en la educación en ingeniería. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-35396-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-35396-4_7)
- [9]** Garcés, G. & Peña, C. (2020). Ajuste de la educación en ingeniería a la Industria 4.0: una visión desde el desarrollo curricular y el laboratorio. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 19(40), 129-148. <https://doi.org/10.21703/rexe.20201940garcés7>
- [10]** Johnson, L. & Lewis, M. (2021). Título del estudio sobre impresión 3D en SST. *Occupational Safety Journal*.
- [11]** Karsenty, C. *et al.* (2021). La utilidad de los modelos cardíacos impresos en 3D para la educación de los estudiantes de medicina en cardiopatías congénitas. *BMC Medical Education*, 21. <https://doi.org/10.1186/s12909-021-02917-z>
- [12]** Kermavnar, T., Shannon, A. & O'Sullivan, L. (2021). La aplicación de la fabricación aditiva/impresión 3D en aspectos ergonómicos del diseño de productos: una revisión sistemática. *Applied Ergonomics*, 97, 103528. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103528>
- [13]** Khurma, O., Ali, N. & Khine, M. (2023). Exploración del impacto de la integración de la impresión 3D en las actitudes STEM en las escuelas primarias. *Tecnología Educativa Contemporánea*. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13568>
- [14]** Kováčik, P. (2022). Posibilidades de la impresión 3D como tecnología moderna utilizada en la educación. *Revista de Educación, Tecnología y Ciencias de la Computación*. <https://doi.org/10.15584/jetacomps.2022.3.10>
- [15]** Lazareva, N. (2023). Uso de modelos 3D de objetos naturales como segmento componente del proceso educativo digital. *Boletín Educativo "Conciencia"*. <https://doi.org/10.26787/nydha-2686-6846-2023-25-1-11-17>
- [16]** Mata, A. (2023). Propuesta para la incorporación del modelado e impresión 3D para la enseñanza de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. <https://doi.org/10.15517/revedu.v47i1.51675>
- [17]** Nguyen, P. *et al.* (2022). Un enfoque de aprendizaje automático basado en datos para la optimización del proceso de impresión 3D. *Prototipado Virtual y Físico*, 17, 768-786. <https://doi.org/10.1080/17452759.2022.2068446>
- [18]** Olatunji, G., Osaghae, O. & Aderinto, N. (2023). Exploración del papel transformador de la impresión 3D en el avance de la educación médica en África: una revisión. *Annals of Medicine and Surgery*, 85, 4913-4919. <https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000001195>
- [19]** Sandybayev, A. (2021). Evaluación del efecto de las tecnologías de impresión 3D en la innovación y el emprendimiento: un estudio de caso práctico. *Sumerianz Journal of Business Management and Marketing*. <https://doi.org/10.47752/sjbm.43.105.114>
- [20]** Smith, J. *et al.* (2020). Título del estudio sobre simulaciones virtuales y modelos físicos. *Journal of Educational Technology*.
- [21]** Velkov, P. (2023). Impresión 3D en la educación: enfoques innovadores para el aprendizaje a través de tecnologías 3D modernas. *Educación STEM Innovadora*. <https://doi.org/10.55630/stem.2023.0526>
- [22]** Wibawa, B., Syakdliyah, H., Siregar, J. & Asrorie, D. (2021). Uso de la impresión 3D para el aprendizaje de las ciencias y la tecnología de fabricación. <https://doi.org/10.1063/5.0045380>
- [23]** Yula, Z. & Zhu, X. (2022). Análisis de aplicaciones del entorno de integración de realidad virtual basado en tecnología de realidad virtual en la enseñanza de educación física. *2022 2nd International Conference on Information Technology and Contemporary Sports (TCS)*, 76-81. <https://doi.org/10.1109/TCS56119.2022.9918720>

## ACERCA DE LOS AUTORES

### Fernando Hugo Humpiri Montoya

N.º de ORCID: 0009-0006-5370-1128

N.º autor Redalyc: 75350

Ingeniero Industrial formado en la UAI. Actualmente, curso la maestría en Docencia Universitaria y Gestión Educativa en la Universidad Tecnológica del Perú (UTP). Certificado como técnico en Emergencias Médicas en Argentina. Cuenta con una especialización en Higiene Laboral por la Universidad ESAN, así como con una especialización en Prevención de Riesgos Laborales por Ceeur de España. Especialista en Ergonomía Laboral por la Universidad Continental y CENEA - España. Instructor del Programa Internacional Stop The Bleed®. Certificación Internacional como Entrenador lúdico en SST por la Asociación Latinoamericana de Seguridad e Higiene en el trabajo (Alaseht). Docente Instructor de Seguridad y Salud en el Trabajo desde 2012 para Empresas de gran minería del sur del Perú. Ha liderado con éxito el desarrollo de cursos y programas de capacitación para empresas mineras. Actualmente, se desempeña como docente de la carrera Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo en Tecsup Arequipa.

 fhumpiri@tecsup.edu.pe

### McDonald Villacorta Choque

Egresado de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Jesuita Antonio Ruiz de Montoya y técnico en Mantenimiento de Equipo Pesado por el Instituto Superior Tecsup, cuenta con más de cinco años de experiencia en gestión de equipo pesado en minería a cielo abierto. Además, ha liderado la iniciativa nacional RED FESTILAB, cuyo objetivo es democratizar la ciencia en el país.

Fue ganador del Reto Bio del Ministerio de Producción de Perú, obteniendo un fondo semilla no reembolsable en soles con el proyecto OXCEM. Participó como expositor en el Panel Talk With Post Carbon Labs en el «Global Community Bio Summit 3.0» del Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 2019, y fue finalista en la Entrepreneurship World Cup, a realizarse en Arabia Saudita en 2020. Actualmente, se desempeña como docente en el área de gestión en Tecsup.

 mvillacorta@tecsup.edu.pe

Recibido: 30-04-24  
Revisado: 16-09-24  
Aceptado: 27-09-24



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons AtribuciónNoComercial 4.0 Internacional.