

# Virtualización, gamificación y clase invertida en el Laboratorio de Metalurgia

Ing. Emmanuel Alberto Coto Roque  
ecoto50273@ufide.ac.cr, Profesor de Ingeniería Electromecánica

## Abstract

The pandemic forced the Metallurgy Laboratory at Fidélitas University to transition to online learning. This presented a challenge as the virtual courses required the students to practice with online simulators and professional software, however, many students lacked the theoretical and applied knowledge to use these tools effectively. To solve this, students from laboratories 3 to 6 were instructed to study the prerequisite knowledge at home, to then analyze it at the beginning of the class before the simulations.

The researcher used an electronic form for collect the experiences of six immersive online laboratories that emulated similar conditions to the business environment and a visit to a company. The results show that the experience is positive and is possible to learn with virtualization, gamification and flipped classroom in the Metallurgy Laboratory. This document presents the experience of the students during four academic terms.

**Keywords:** Gamification, flipped classroom, virtualization, simulation, engineering, laboratory, metallurgy

## Resumen

La pandemia obligó al Laboratorio de Metalurgia de la Universidad Fidélitas a realizar la transición al aprendizaje en línea. Esto presentó un desafío ya que los cursos virtuales requerían que los estudiantes practicaran con simuladores en línea y software profesional, sin embargo, muchos estudiantes carecían de los conocimientos teóricos y aplicados para usar estas herramientas de manera efectiva. Para solucionar esto, se instruyó a los alumnos de los laboratorios 3 a 6 a estudiar los conocimientos previos en casa, para luego analizarlos al inicio de la clase antes de las simulaciones. El investigador utilizó un formulario electrónico para recopilar las experiencias de seis laboratorios inmersivos en línea que emulaban condiciones similares al entorno empresarial y una visita a una empresa. Los resultados muestran que la experiencia es positiva y es posible aprender con virtualización, gamificación y aula invertida

en el Laboratorio de Metalurgia. Este documento presenta la experiencia de los estudiantes durante cuatro semestres académicos.

**Palabras clave:** Gamificación, clase invertida, virtualización, simulación, ingeniería, laboratorio, metalurgia.

## 1. Introducción

Este artículo muestra las experiencias positivas de los estudiantes tras de la incorporación de la virtualización, gamificación y clase invertida en el Laboratorio de Metalurgia de la carrera de Ingeniería Electromecánica, en el proceso se utilizó software profesional con accesos educativos, aplicaciones para equipos móviles y simuladores en línea.

La virtualización se logró porque el uso de dichas herramientas permite la comprensión de ensayos y procesos utilizados en la fabricación y control de calidad metalúrgico y mecánico, haciendo una inversión económica casi nula y además permitiendo la movilidad del sitio en el que el estudiante realiza las prácticas sin menguar en el alcance de las habilidades esperadas. Lima (2016) definió que:

*“La virtualización es un proceso y resultado al mismo tiempo del tratamiento y de la comunicación mediante computadora de datos, informaciones y conocimientos. Consiste en representar electrónicamente y en forma numérico-digital, objetos y procesos que se encuentran en el mundo real.”*

Por lo mencionado anteriormente, lo desarrollado entra en la definición de virtualización.

Las técnicas utilizadas de gamificación y clase invertida están fuertemente sustentadas en la literatura y sus enfoques prácticos son aceptados a nivel pedagógico, la novedad se puede decir que está en incluirlo en una disciplina que tradicionalmente se ha desarrollado en talleres y empresas.

Por el tiempo limitado se generó guías para la instalación y uso de herramientas, también se asignaba lecturas de los temas de las siguientes lecciones para acelerar la clase al responder sobre dudas y aprovechar para las actividades de laboratorio, lo que está acorde con la definición de clase invertida de la investigación (Espada, 2020): “los estudiantes pueden ver los contenidos del tema a través del aula virtual fuera del horario lectivo y posteriormente en la clase realizar actividades y ejercicios prácticos que permitan consolidar esos contenidos.”

La gamificación encaja con lo propuesto por Ordás (2018): “un juego es una actividad para resolver problemas desde una aproximación lúdica y de eso trata la gamificación, de ponerse las gafas lúdicas y enfocar los problemas reales desde otro punto de Vista”, por lo anterior se debe buscar herramientas que permitan mantener el espíritu de un laboratorio de ingeniería donde normalmente las clases son de tipo instruccional con énfasis en el uso de equipos y visitas de campo, se puede decir que el enfoque es aprendizaje basado en problemas. Según Campos (2017):

El problema es diseñado por el profesor y se caracteriza por ser incompleto en información, pero significativo para el estudiante, lo que motiva el interés por su solución. El profesor ofrece orientación, sugiere recursos y brinda el apoyo que los grupos requieran.

Al ser un problema de información incompleta, la gamificación ajusta perfectamente ya que a nadie se le enseña a jugar, pero si la herramienta está correctamente formulada instruye, es decir es un complemento perfecto donde el estudiante se motiva y aprende.

Se seleccionó el laboratorio de Metalurgia ya que el curso se ha desarrollado normalmente con el apoyo de otras empresas que dan acceso a sus instalaciones para el análisis de los problemas en un ambiente real, pero con las restricciones de aforo de la pandemia (COVID-19) esas posibilidades se descartan, la dificultad para montar el laboratorio en la universidad no se da solamente por el espacio físico y la necesidad de inversión de cientos de miles de dólares de forma inmediata sino también por el riesgo que conlleva que varios estudiantes entren en contacto con los equipos.

Dado lo anterior se decide utilizar una combinación de software gratuito y profesional con versiones educativas, complementando con materiales para estudio en casa previo a la clase (Clase invertida) y visita a la empresa, la modalidad inició en el segundo cuatrimestre del 2020 y se mantiene a la fecha con ajustes de acuerdo con la retroalimentación obtenida. Los resultados muestran la percepción de los estudiantes ante las técnicas implementadas.

El objetivo de este trabajo es presentar a la comunidad educativa los resultados del estudio para que se considere esta clase de actividades en otros laboratorios, lo cual nos permite no solo cumplir con los objetivos de aprendizaje

sino incluir experiencias que con un modelo tradicional requieren inversión de cientos de miles de dólares y ahora es posible con inversión cero o muy baja.

## 2. Referentes teóricos

El trabajo cuenta con múltiples referentes para crear una propuesta de trabajo docente que trate de emular las experiencias que se dan en las visitas a empresas, tanto a nivel de ensayos de materiales como de procesos de fabricación y control de calidad. Para esto se adquiere el software Strength of Materials Virtual Lab, que es utilizado por el profesor de forma demostrativa, los estudiantes también pueden adquirir una versión gratis con limitaciones de uso o la versión paga de Android o Windows, complementado con simuladores en línea, software estudiantil y aplicaciones para móvil que son accesibles sin limitación para los estudiantes.

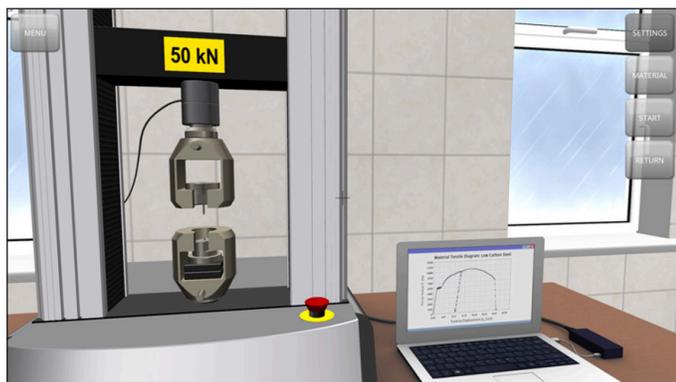
Si bien es cierto la carrera de ingeniería requiere la formalidad de los resultados en muchas ocasiones algunas herramientas también permiten llegar a un resultado que en principio es desafiante sin tener un paso a paso sino más bien mediante la experiencia que se da tras superar una serie de dificultades. Se podría decir que el caso más significativo es el uso del software Lathe Simulator con el cual los alumnos de una forma muy relajada aprenden la lógica de funcionamiento de un torno.

Las herramientas utilizadas en los laboratorios se mencionan a continuación, dado que todas las herramientas cumplen con la definición de virtualización se anota entre paréntesis si se combina con gamificación o clase invertida.

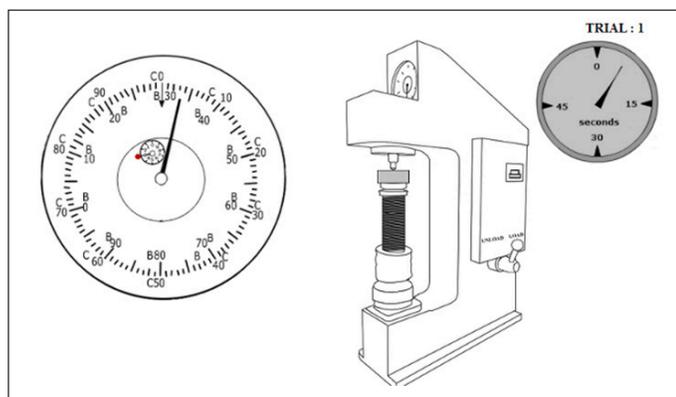
- Strength of Materials Virtual Lab, obtenido en Virtual Labs and Technical Simulators. (s. f.). (Gamificación).
- Rockwell Hardness Test, se trabaja en línea en The Virtual Lab at NITK Surathkal. (s. f.). (Gamificación)
- Ensayo de Dureza Vickers, se corre en línea en Steel University. (s. f.). (Gamificación)
- Lathe Simulator 1k62, se descarga de Virtual Labs and Technical Simulators. (s. f.). (Gamificación y clase invertida).
- Simuladores de Metrología de Eduardo J. Stefanelli en Stefanelli (s. f.). Se usan en línea. (Gamificación y clase invertida).
- Software EdgeCam, Homework Versión, se descarga de HEXAGON. (s. f.). (Gamificación y clase invertida).
- Welding Weight and Cost Calculator App by Let'sFab. se descarga de Let'sFab (2020). (Gamificación y clase invertida).
- Aplicación Flat Pattern descargada desde Safe For PC. (s. f.). (Gamificación y clase invertida).
- Laboratorio Virtual. Reacciones de Elementos Metálicos y no Metálicos con el Oxígeno, corre en línea en UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MEXICO. (s. f.). (Gamificación y clase invertida).
- Laboratorio de corrosión, uso en línea en Presenting Science. (s. f.). (Gamificación y clase invertida).

En la primera clase se utiliza los recursos “a, b y c”, el profesor introduce los conceptos de dureza y tensión dado que no se ha cubierto aún en el curso teórico e insta a que los estudiantes en un ambiente relajado usen los recursos para comprender el uso de la máquina de tracción que se ve en la Figura 1 y los durómetros Rockwell en la Figura 2 y Vickers pero como se indica Ordás (2018) respecto a la gamificación “Su reto es mantener el compromiso de los usuarios a largo plazo, y diseñar experiencias significativas y divertidas que generen un ambiente que empuje al público a actuar en un entorno de no juego”, por lo que la guía de laboratorio propone extraer datos para poder caracterizar un material como se hace en un laboratorio real, dicha mecánica se repite en el segundo laboratorio de compresión, torsión e impacto pero utilizando la herramienta “a” mencionada en metodología.

**Figura 1.** Software Strength of Materials Virtual Lab a la derecha y abajo simulación de ensayo de tensión de acero de bajo carbono en el mismo obtenido en Virtual Labs and Technical Simulators. (s. f.).



**Figura 2.** Simulación de ensayo de Dureza Rockwell de aluminio realizada por los alumnos Greivin Rivera Tencio, Marlon Fonseca Brenes, Brayan Villalobos Samudio y José Leonardo Nuñez Villalobos en línea con el Rockwell Hardness Test, en The Virtual Lab at NITK Surathkal. (s. f.).



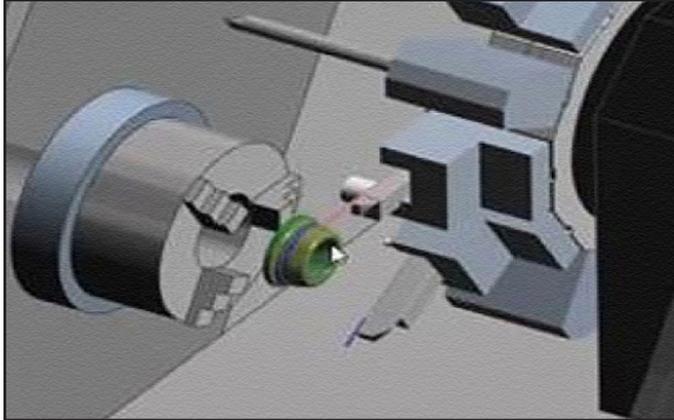
La forma de trabajo mencionada involucra a los alumnos y los hace investigar sobre materiales que se ajusten al comportamiento simulado en clase, la cantidad de datos incluso supera los que se usaban con las visitas a empresas.

Entre el laboratorio 3 y 6 se incluye la técnica de clase invertida antes mencionada, se amplía temas vistos en el curso teórico lo que hace más comprensible los contenidos para los estudiantes. En la primera parte de la clase se abre un espacio para preguntas y comentarios; resulta sorprendente como algunos estudiantes se involucran haciendo menciones de lecturas o videos extra dado el interés en el tema, algunos también comparten experiencias de su trabajo. Una vez finalizada dicha sección se hace un quiz, el cual ciertamente no tiene valor formal en la evaluación, sin embargo se ofrece puntaje extra a los que tengan más calificaciones altas al final del cuatrimestre, con eso se aprovecha otro principio de la gamificación que es la recompensa inmediata, esto provoca que los que acumulen puntos visualicen el 100% ya que es la única forma de asegurar estar en los premiados, transcurridos los diez a quince minutos del quiz se comenta de inmediato para aclarar las dudas. Se debe aclarar que el Laboratorio de Metalurgia es a medio tiempo, siete lecciones, por lo que la semana que no hay clase el estudiante revisa los contenidos.

El laboratorio de metrología básica y maquinado convencional utiliza las herramientas “e” y “d” citadas en la Metodología, en el caso del Lathe Simulator 1k62 es uno de los que más se disfruta por el nivel de realismo de los gráficos y sonidos que hacen sentir a los alumnos frente a un torno real, además de poder usarlo en los teléfonos, table o computador. En el caso de Simuladores de Metrología de Eduardo J. Stefanelli, resulta increíble el realismo y funcionalidad de los mismos. En su informe los estudiantes entregan la hoja de proceso funcional de una pieza que hayan simulado y una serie de mediciones que muestran la comprensión de los instrumentos.

En el laboratorio de Simulación y programación CNC (Control numérico computarizado) se utiliza la herramienta “f”, EdgeCam es un software profesional, el de uso más extendido en lo que corresponde a CAM (Computer Aided Manufacturing), en este caso el estudiante debe instalarlo antes de la clase, su versión Homework no requiere ningún pago. Una vez en clase, se dan algunas guías paralelas, pero los estudiantes son nativos digitales y pronto lo dominan, aunque consulta detalles técnicos de materiales, herramientas, velocidades, etc. Como resultado de este laboratorio deben obtener una pieza para torno como se ve en la Figura 3 y otra para fresadora, la simulación va desde la asignación de material de partida, herramientas, parámetros tecnológicos, sujeción y máquina herramienta.

**Figura 3.** Simulación de pieza torneada en CNC realizada por los alumnos Victoria Castro Ramírez, Diego Armando Guevara Zeledón Y José Manuel Villalobos Acuña con el software EdgeCam descargado de HEXAGON. (s. f.).



El laboratorio de Calderería utiliza las herramientas “g” y “h” y está enfocado a entender cómo calcular la cantidad de soldadura según el tipo de bisel y proceso de soldadura, además de la creación de desarrollos metálicos, que en palabras simples es la forma estirada o plana de una pieza doblada. Los estudiantes entregan los desarrollos y cálculos de cantidad y costos de soldadura para dos figuras diferentes, ambas aplicaciones son para dispositivos móviles y normalmente les agrada la posibilidad de usarlas en un trabajo, sin embargo, son las únicas en las que se ha reportado dificultad para conseguirlas gratis para usuarios de iOS por lo que algunos han incurrido en un gasto de \$5.

El laboratorio de Corrosión utiliza las herramientas “i” y “h”, esto ayuda a comprender la oxidación y corrosión y cómo se ve afectado el proceso ante el cambio de electrolito (medio o ambiente), los estudiantes reportan las reacciones obtenidas en las simulaciones, generalmente el gráfico de las herramientas les ayuda a comprender de forma amigable una química que en muchas ocasiones se cree compleja.

Todas las herramientas anteriores cumplen con los principios utilizados por investigadores a nivel mundial, traduzco a Gavroskaya (2021) refiriéndose a las condiciones para que un laboratorio virtual sea inclusivo:

*“Al crear un laboratorio virtual, varios factores que lo hacen fácil de usar deben ser tomados en cuenta. Por lo tanto, las herramientas de visualización deben ser portables a diferentes hardware, plataformas y sistemas operativos, el control del experimento debe ser comprensible para cualquier usuario, el laboratorio debe mostrar completamente los procesos reales para ayudar al estudiante adquirir experiencia práctica, los datos del usuario deben estar protegidos, el rendimiento del sistema no debería depender del número de sus usuarios. El cumplimiento de estas normas garantiza la conveniencia y comodidad del uso del laboratorio virtual.”*

Lo anterior se cumple con los casos anteriores.

En el último laboratorio los estudiantes deben visitar una empresa en tríos; algunos ejemplos se ven en las Figuras 4 y 5. Lo que se busca es observar los materiales y procesos utilizados, reportar los resultados tras la ejecución de los procesos, analizarlos, compararlos con lo ejecutado en los laboratorios previos y ofrecer recomendaciones que es fundamental en el quehacer del ingeniero. Cada trío expone su visita de tal forma que los estudiantes aprenden cómo se aplica lo ejecutado en el curso en diferentes empresas. La vista a la empresa está alineado con lo indicado por Metaute (2018):

Los resultados muestran que es necesario implementar las visitas empresariales como estrategia constante en el proceso de formación. La relación entre instituciones de educación y sector productivo deberá ser de trabajo colaborativo, en el que la búsqueda y generación del conocimiento por parte de las Instituciones de Educación Superior se enfoque en lo que requiere la empresa de hoy.

**Figura 4.** Proceso de doblado en el taller Dimeinsa, visita realizada por los alumnos Kevin Anchía Sáenz, Marco Cascante Tardencilla y Juan Pablo Chavarría Lanuza



**Figura 5.** Equipo CNC de la visita de los Alumnos Daniel Álvarez y Luis Arce



La forma de trabajo comentada permite aprender de forma relajada pero también retadora y efectiva. Al final del curso se abre un espacio para comentarios donde se puede decir lo bueno y lo malo para ir mejorando, dados esos comentarios se ha sustituido un par de aplicaciones del laboratorio de metrología básica y maquinado y del laboratorio de calderería, sin embargo, muchos estudiantes reaccionan de forma positiva. Cito a la estudiante Joselyn Castro Barrientos que cursó el laboratorio en el grupo 1 del primer cuatrimestre del 2021, dado que resume varias ideas: “en mi experiencia personal el laboratorio de metalurgia lo considero el mejor Lab virtual, las aplicaciones que se usan realmente sirven en el aprendizaje del curso y la experiencia en mi caso de visitar un taller y vivir de cerca el tocar y experimentar con las máquinas fue demasiado gratificante...”

La encuesta utilizada para este artículo se realizó entre el trece y el veintiséis de agosto del 2021 con un formulario electrónico que se envió a los estudiantes solicitando participación voluntaria y recopilaba las respuestas de forma anónima, esto era para que no se evitara retroalimentación negativa en caso de corresponder dado que los del segundo período del 2021 estaban en la fase final y otros que lo habían llevado anteriormente cursaban otro curso con el docente. Sin embargo, se logró recopilar experiencias de los cuatro períodos por lo que se puede decir que los resultados en general han sido positivos.

### 3. Metodología

#### Población y muestra

El estudio se realizó considerando como población los estudiantes que han cursado el laboratorio de forma virtual, es decir los del segundo y tercer cuatrimestre del 2020 y los del primer y segundo cuatrimestre del 2021, la muestra será de tipo simple aleatoria haciendo distribución electrónica

del formulario y apelando al deseo voluntario de participar, al cierre del formulario habían participado 49 personas de una población total de 126.

#### Hipótesis

La investigación permitió documentar las experiencias positivas de los estudiantes para probar la hipótesis del investigador que deben presentar una aprobación por el uso de los simuladores y anuencia a la recomendación de la modalidad virtual en un porcentaje mayor al 80%, también se quiere mostrar que las herramientas pueden ser utilizadas en dispositivos móviles con facilidad, esperando que se utilice dichos dispositivos por al menos el 50% de los estudiantes y documentar que los problemas de su uso son principalmente por infraestructura. Otro tema es la conveniencia del cambio de horario permitido por la virtualidad donde se espera que al menos un 80% de los estudiantes perciban más conveniente el horario de sábado que el de entre semana nocturno, en cuanto a las herramientas propiamente se espera obtener una valoración sobre el 85% como de calidad buena y excelente para cada laboratorio y con un acuerdo del enfoque a la industria mayor al 90% como muy de acuerdo y acuerdo. Finalmente, pero no menos importante se desea obtener una percepción mayor al 90% de acuerdo o muy de acuerdo con el laboratorio de visita para entender los usos industriales de lo hecho en clase.

#### Variables:

Para poder probar lo anterior se establecen las variables de la Tabla 1, con las siguientes preguntas y opciones de respuesta.

**Tabla 1.** Variables del estudio

VARIABLE	VALORES
Período en el que cursó el laboratorio 2021, II Cuatrimestre 2021 Comprensión de situaciones que se dan en la empresa con simuladores	II Cuatrimestre 2020, III Cuatrimestre 2020, I Cuatrimestre 2021 Muy de acuerdo, en acuerdo, en desacuerdo, en completo desacuerdo
Experiencia de problemas	Sí, no
Causa de los problemas	Equipo con Hardware limitado, conexión a internet, no acceso a la versión gratis, otra
Uso de celular o tablet	Sí, no
Horario más favorable que el tradicional	Sí, no
Calidad de herramientas de dureza y tensión	Excelente, Bueno, regular, pésimo
Calidad de herramientas de compresión torsión e impacto	Excelente, Bueno, regular, pésimo
Calidad de herramientas de maquinado convencional	Excelente, Bueno, regular, pésimo
Calidad de herramientas de simulación y programación CNC	Excelente, Bueno, regular, pésimo
Calidad de herramientas de Calderería	Excelente, Bueno, regular, pésimo
Calidad de herramientas de Corrosión	Excelente, Bueno, regular, pésimo
Enfoque Industrial de materiales, ejercicios y lecturas	Muy de acuerdo, en acuerdo, en desacuerdo, en completo desacuerdo
Pertinencia del laboratorio final de visita para entender los usos en la industria	Muy de acuerdo, en acuerdo, en desacuerdo, en completo desacuerdo
Anuencia a la recomendación del laboratorio virtual	Sí, no

**Instrumento**

La encuesta de diez preguntas utilizada para este artículo se realizó entre el 13 y el 26 de agosto del 2021 con un formulario electrónico que se envió a los estudiantes solicitando participación voluntaria y recopilaba las respuestas de forma anónima, esto era para que no se evitara retroalimentación negativa en caso de corresponder dado que los del segundo período del 2021 estaban en la fase final y otros que lo habían llevado anteriormente cursaban otro curso con el docente, el error máximo del instrumento es de 8.5 %

Según lo descrito anteriormente se utiliza una muestra simple aleatoria, haciendo la distribución electrónica del formulario y apelando al deseo voluntario de participar.

**Procedimientos**

Se utiliza software de aceptación en la industria que bajo su modalidad educativa tiene versiones gratis, recursos en línea y aplicaciones que permiten recrear la experiencia de un laboratorio físico, de esta manera la virtualización del laboratorio se hace en solo tres semanas, aunque los materiales para los estudiantes sí se desarrollaron de forma paralela a las lecciones durante el segundo cuatrimestre del 2020 y sucesivas mejoras.

Se explica el desarrollo del curso desde la primera lección, los materiales que se ofrecen para el trabajo autónomo, la revisión de dudas, comprobaciones de comprensión y las prácticas que se generan, hasta cerrar con una visita a la empresa en equipos, para comparar las experiencias de laboratorio con la realidad y obtener retroalimentación de empresas y profesionales que se transmiten a todo el grupo en la última lección. Las lecciones se realizaron por videoconferencia con una frecuencia quincenal y tras las

prácticas de todas las sesiones los estudiantes tenían un entregable asignado para una semana después de la lección.

La modalidad virtual se implementó a partir del segundo cuatrimestre del 2020 por lo que el docente realizó una encuesta a través de un formulario electrónico que se distribuyó a estudiantes del segundo y tercer cuatrimestre del 2020 y del primer y segundo cuatrimestre del 2021, la participación de dicha encuesta fue libre y anónima, ya que los estudiantes del segundo cuatrimestre del 2021 estaban en la fase final, estudiantes de otros períodos cursaban otros cursos con el docente y no se quería limitar una retroalimentación negativa en caso de que correspondiera. La encuesta fue llenada entre el 13 y 26 de agosto del 2021, se motivó a los estudiantes a que participaran para buscar oportunidades de mejora en futuras versiones.

Los resultados y el análisis que se desprende de estos muestran que la aceptación de las técnicas propuestas es alta, obteniendo la aprobación y satisfacción de los estudiantes, pese a que al inicio muchos son escépticos y admiten que no querían matricular un laboratorio de metalurgia en modalidad virtual porque no parecía posible.

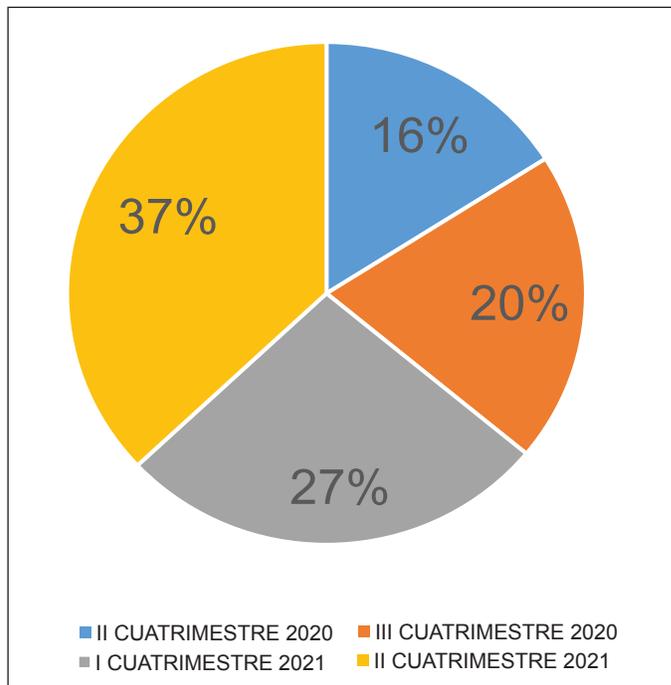
#### Análisis estadístico

El análisis se realizó con estadística descriptiva utilizando como principal herramienta los gráficos de pastel, esto debido a que son una herramienta sencilla para mostrar variables cualitativas como las anteriores de acuerdo a una frecuencia de manera porcentual y gráficos de áreas apiladas que permiten comparar fácilmente las magnitudes totales y mostrar la distribución respecto al total conocido.

## 4. Resultados

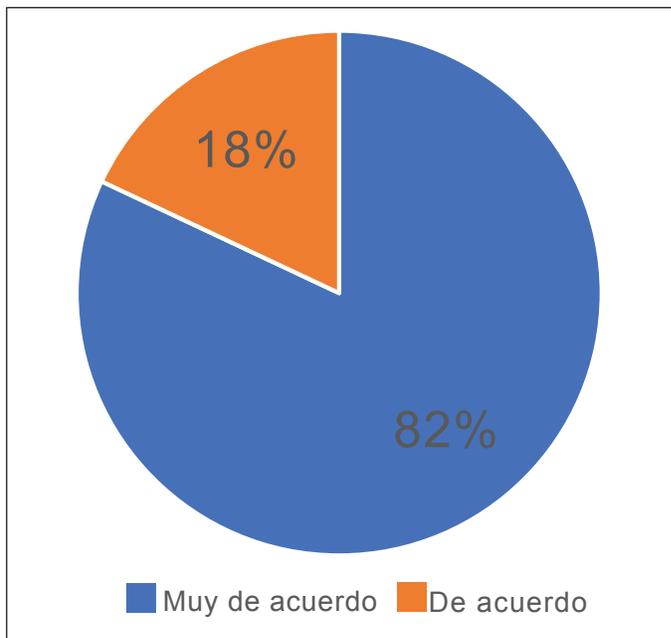
En la encuesta participaron 49 estudiantes y su distribución se ve en la Figura 6, esto corresponde al 39% de los estudiantes que han cursado el laboratorio en los cuatro períodos, como se puede observar en la figura, la mayor participación de estudiantes fue del período que transcurría al momento de aplicar el instrumento con un 37% y el menor del II Cuatrimestre del 2020 por la dificultad que provoca que muchos ya sen egresados con un 16%, sin embargo se obtiene participación de los cuatro períodos.

**Figura 6.** Porcentaje de estudiantes por período en la muestra.



A la pregunta ¿El uso de simuladores facilita la comprensión de situaciones que se dan en la empresa? El 82% de los estudiantes está muy de acuerdo y el 18% en acuerdo, lo cual se visualiza en la Figura 7.

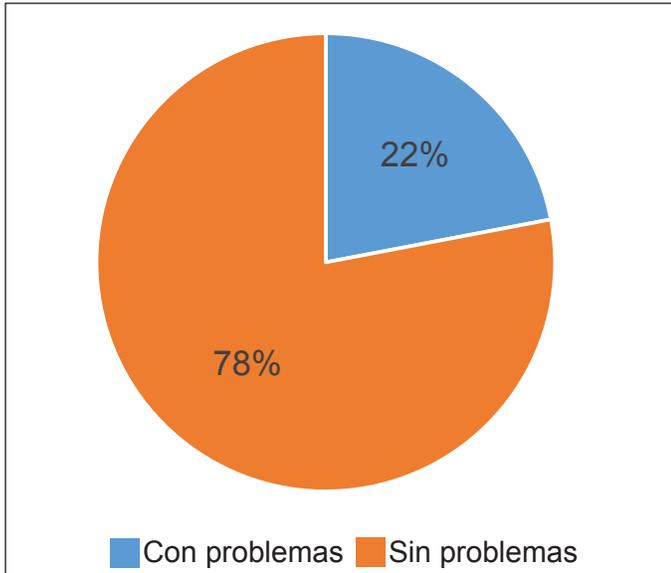
**Figura 7.** Acuerdo de los estudiantes en el uso de simuladores para la comprensión de situaciones empresariales.



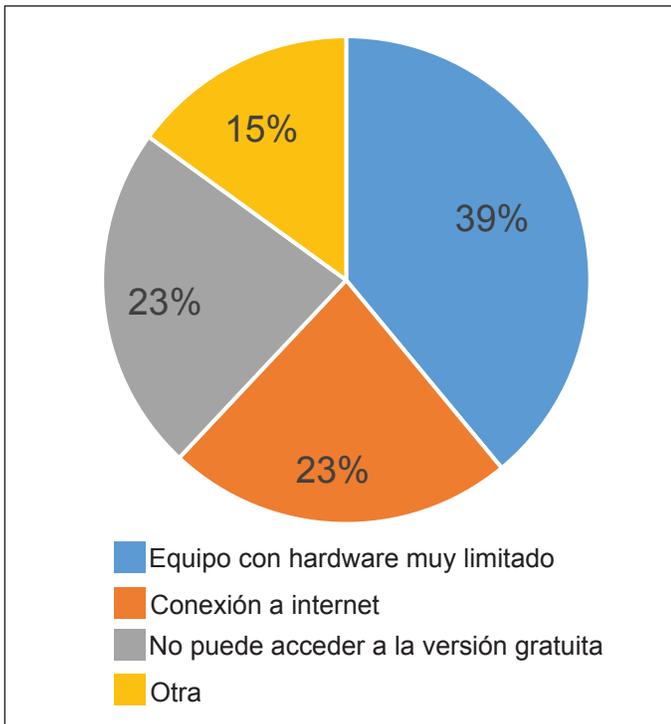
En la Figura 8 se aprecia que un 22% de los estudiantes tuvo problemas con el uso de las herramientas y un 78% no. Las causas de problemas se recopilan en la Figura 9, siendo el más importante equipo con hardware muy limitado con un 39%, la conexión a internet y el no acceso a la versión

gratuita ocuparon el segundo lugar con un 23% cada una, otras causas fueron el 15%.

**Figura 8.** Porcentaje de estudiantes que experimentó problemas con el uso de herramientas.

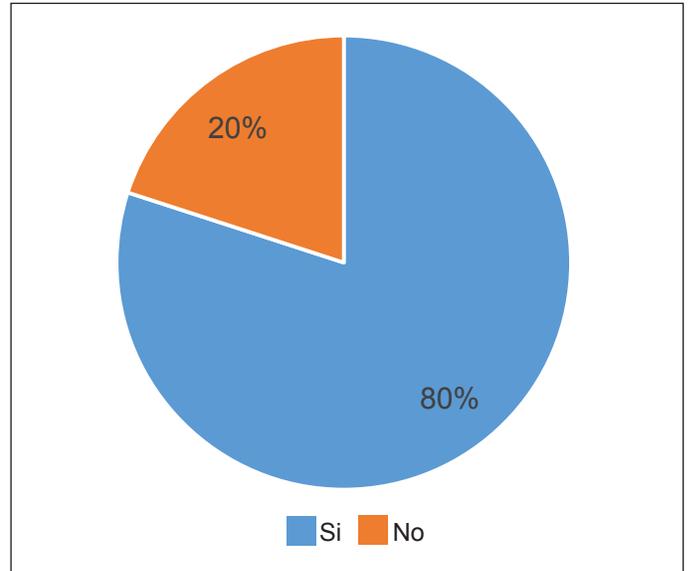


**Figura 9.** Causas de los problemas para el uso de herramientas.



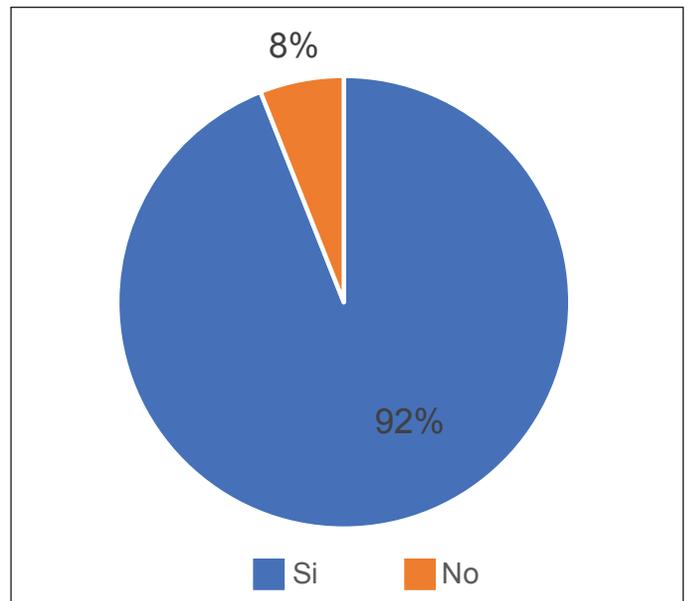
La Figura 10 muestra el porcentaje de estudiantes que utilizaron algún dispositivo móvil para atender alguna clase, es notable que un 80% hace uso de estos dispositivos cuando es posible.

**Figura 10.** Estudiantes que utilizaron dispositivos móviles para atender alguna clase



La pandemia también trajo un cambio de horario atendiendo la petición de algunos alumnos, por lo que en la Figura 11 se muestra la respuesta a la pregunta ¿Considera que el horario es más favorable que el tradicional de entre semana en la mañana o tarde? A lo que el 92% respondió afirmativamente y solo un 8% dijo no.

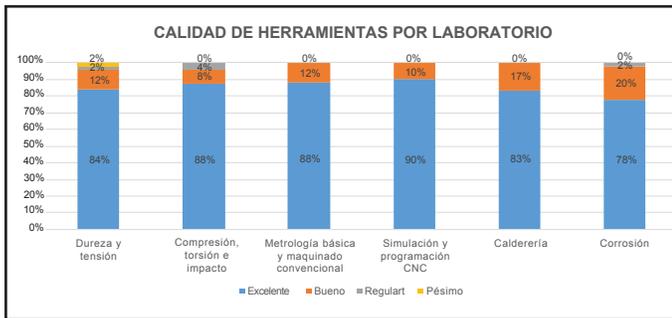
**Figura 11.** Acuerdo en mayor conveniencia del horario de sábado que entre semana durante el día.



En la Figura 12 se visualiza la valoración cualitativa de calidad respecto a las herramientas de cada laboratorio, la única que tuvo una valoración de pésimo pero con tan sólo un 2% fue el laboratorio de Dureza y tensión, un 2% regular, 12% Buenos y un 84% excelente, mientras tanto los laboratorios de compresión, torsión e impacto y el de corrosión tuvieron su valoración más baja en regular pero con porcentajes muy bajos 4% y 2% respectivamente,

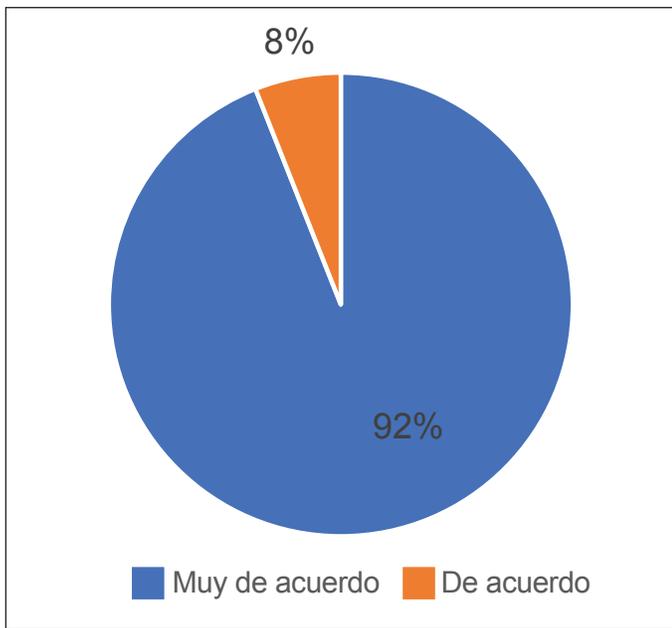
los restantes tres laboratorios solo tuvieron valoraciones de bueno y excelente superando en 83% el porcentaje de excelente.

**Figura 12.** Valoración cualitativa de la calidad de las herramientas de cada laboratorio.



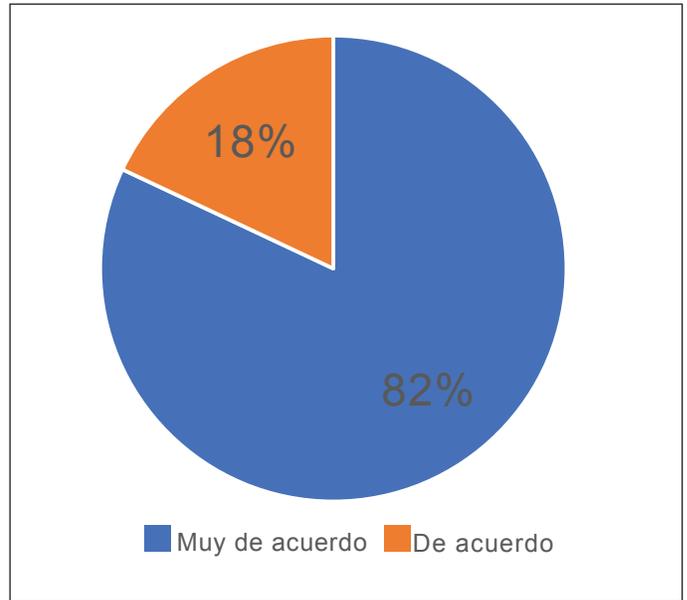
En la Figura 13 se muestra la respuesta a la pregunta ¿Los materiales, ejercicios y lecturas fueron pertinentes y enfocados en la industria? Obteniendo un 92% muy de acuerdo y un 8% de acuerdo.

**Figura 13.** Acuerdo del enfoque industrial de materiales, ejercicios y lecturas



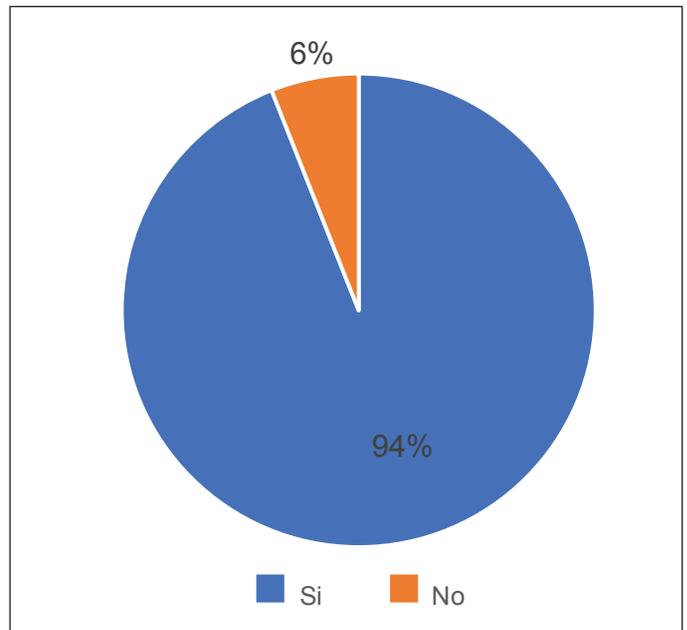
Como se aprecia en la Figura 14 el 82% de los estudiantes está muy de acuerdo en que el laboratorio de visita ayuda a entender los usos industriales y un 18% está de acuerdo.

**Figura 14.** Acuerdo con el laboratorio de visita para entender los usos industriales



Finalmente, en la Figura 15 se visualiza que el 94% de los estudiantes recomendarían el laboratorio virtual de metalurgia a otro estudiante y solo un 6% no.

**Figura 15.** Estudiantes que recomendarían el laboratorio virtual de metalurgia a otro.



## 5. Discusión

La experiencia de cuatro períodos lectivos asegura que es posible virtualizar un laboratorio de ingeniería con éxito, esto se afirma por la comprensión de los estudiantes de situaciones industriales con el uso de las herramientas donde se supera lo esperado con una anuencia a la recomendación de un 94%. Además, se da la facilidad del uso de dispositivos móviles obteniendo que un 80% los utiliza cuando es posible, esto es muy importante ya que muestra que puede realizarse los laboratorios desde cualquier lugar con conexión.

No obstante, hay que mencionar que aún hay una brecha con una minoría de estudiantes que no cuenta con las condiciones ideales para afrontar el uso de herramientas que requieren hardware que no corra con recursos mínimos o que tienen deficiencias en su conexión a internet ya sea por ubicación geográfica o limitaciones económicas, también existe problemas para acceso a la versión gratuita en especial en la plataforma iOS. Antes de la pandemia el curso solo se daba de lunes a viernes en horario diurno, esto porque los convenios con empresas solo permitían acceso en el horario que tienen personal de sobra para atender los grupos, con la virtualización muchos estudiantes que trabajan pidieron el cambio de horario al sábado que la mayoría tiene libre y el 92% apoya la conveniencia del nuevo horario, lo anterior concuerda con lo descrito por Espinosa (2018):

*“Al invertir la sala de clase es necesario que se dé más atención a los estudiantes. Eso hace que algunos profesores piensen que cualquier método activo se tornaría inviable en grupos numerosos y heterogéneos. Sin embargo, la inversión de la sala de clase promueve la interacción entre los alumnos y presenta mejores resultados justamente cuando hay una diferencia inicial en términos de comprensión por parte de ellos.”*

La valoración de todas las herramientas es excelente en un 78% o más en todos los casos y la combinación de percepción de bueno y excelente es del 96% al 100% por lo que se puede afirmar que en general la escogencia de las herramientas ha sido un acierto y se supera de gran manera las expectativas, esto a pesar de la diversidad de los métodos que se abarca y se ve reflejado en las 11 herramientas escogidas para el uso en clases e indicadas en la sección referentes teóricos.

Un 92% muy de acuerdo en el enfoque industrial de materiales, ejercicios y lecturas, y un 8% en acuerdo que valida el uso de la gamificación y clase invertida para la adquisición de habilidades, sumado al hecho de que los estudiantes también validan el uso del laboratorio de visita para relacionar las actividades y entender los usos industriales con un 82% muy de acuerdo y 18% de acuerdo, esta combinación favorece el entendimiento de que el conocimiento y prácticas no son ajenas y que de hecho representan situaciones semejantes a las

presentes en la empresa con la ventaja que permite equivocarse en muchos casos sin poner en riesgo equipos, herramientas, materiales o personas

Lo anterior es una demostración de que la virtualización permite portar la experiencia de un laboratorio obteniendo la comprensión con la facilidad de un juego que se aprende de manera natural sin forzarlo, además el uso de la clase invertida ayuda a obtener los mejores resultados ya que se amplía el tiempo de trabajo y el estudiante lleva la experiencia más allá del tiempo lectivo al leer investigar y afrontar retos antes de la clase.

Dados los resultados se puede indicar que la virtualización, gamificación y clase invertida son adecuados para laboratorios de ingeniería en la nueva realidad y se puede incorporar para la adquisición de habilidades en otras temáticas de ingeniería, coincidiendo con algunos autores como Osorio (2021) que indica:

*“Las metodologías y estrategias que emplean los profesores para que el estudiante permanezca conectado y motivado en la sesión virtual de clase, son muy diversas, sin embargo, la mayoría se centra en la interacción con los estudiantes a través de preguntas, debates, juegos, de manera que se capture su atención y se mantenga la participación.”*

## 6. Conclusiones

Finalmente se debe tener en cuenta los siguientes puntos para futuras experiencias:

- Los estudiantes tienen acceso a las herramientas, pero aún hay problemas por hardware, conexión a internet o acceso a versión gratuita.
- Hay satisfacción general de los estudiantes, tanto con los materiales, prácticas y anuencia a la recomendación de un 94% por lo que todos estos puntos merecen un tiempo de análisis para su escogencia y desarrollo.
- La versatilidad fuera de horario laboral y el uso de dispositivos móviles hace conveniente el laboratorio virtual de tal manera que se pueden ampliar las posibilidades de horario que sean convenientes para estudiantes que tienen una realidad en la que combinan trabajo y estudio.
- La visita a la empresa enriquece el conocimiento y ayuda a consolidar lo hecho en clase con la experiencia y observación de profesionales que amplían la visión única dada por un profesor.
- Elegir herramientas multiplataforma: Windows, Android e iOS para que ningún estudiante tenga problemas con su uso.
- Las herramientas deben requerir el menor hardware posible ya que se desconoce las posibilidades de los estudiantes para acceder a un equipo de alta gama y mucho van a utilizar equipos móviles que por lo general tienen hardware más limitado.

## 7. Referencias

- Campos Arenas, A. (2017). Enfoques de enseñanza basados en el aprendizaje. Ediciones de la U. <https://elibro.net/es/lc/ufidelitas/titulos/70303?page27>
- Espada, M., Rocu, P., Navia, J. A., & Gómez-López, M. (2020). Rendimiento académico y satisfacción de los estudiantes universitarios hacia el método flipped classroom. Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado, 24(1). <https://doi.org/10.30827/profesorado.v24i1.8710>
- Espinosa, T., Solano Araujo, I., & Veit, E. A. (2018). Aula invertida (flipped classroom): innovando las clases de física. Revista De Enseñanza De La Física, 30(2), 59–73. Recuperado a partir de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/22736>
- Gavronskaya, Y. (2021, 26 enero). Virtual Lab Model for Making Online Courses More Inclusive for Students with Special Educational Needs | Gavronskaya | International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET). International Journal of Emerging Technologies in Learning. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/18755>
- HEXAGON. (s. f.). Hexagon. HOMEWORK MODE REQUEST. Recuperado 6 de junio de 2020, de <https://www.edgcam.com/students>
- Metaute Paniagua, P. M., Flórez Osorio, G. A., Rúgeles Contreras, P. A., & Castaño, D. A. (2018). La dinamización de las estrategias pedagógicas actuales: una necesidad aplicable a los procesos de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes de ingeniería del siglo XXI. Revista Lasallista de Investigación, 15(1), 46–56. <https://doi.org/10.22507/rli.v15n1a4>
- Ordás, A. (2018). Gamificación en bibliotecas: el juego como inspiración. Editorial UOC. <https://elibro.net/es/lc/ufidelitas/titulos/59152?page=13,17>
- Osorio Gómez, J. C., Ledesma Arango, A. J., Segura González, M. P., Ramírez Guespu, J. A., & Castillo, F. (2021). UNA AÑO DESPUÉS: PERCEPCIONES SOBRE LA “OBLIGADA VIRTUALIZACIÓN” DE LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA EN COLOMBIA. Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería. Recuperado a partir de <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/1851>
- Presenting Science. (s. f.). Corrosion Virtual Lab. Recuperado 20 de abril de 2020, de <http://www.presentingscience.com/vac/corrosion/populab.htm>
- Pinjara, I. (2020, 19 agosto). Welding Weight and Cost Calculator App by Let'sFab. Let'sFab. <https://letsfab.in/welding-weight-and-cost-calculator/>
- Lima Montenegro, S. y Fernández Nodarse, F. A. (2016). La virtualización de la formación en la universidad del siglo XXI: experiencias y resultados. Editorial Universitaria. <https://elibro.net/es/lc/ufidelitas/titulos/71631?page=8>
- Safe For PC. (s. f.). Flat Pattern For PC Windows and MAC - Free Download. Recuperado 9 de febrero de 2021, de <https://safeforpc.com/flat-pattern-for-pc-windows-and-mac-free-download>
- Steel University. (s. f.). Hardness Test Simulation. Recuperado 15 de diciembre de 2021, de <https://content.steeluniversity.org/simulators/hardness-test/index.html?lang=es-ES>