

# UCUENCA

**Universidad de Cuenca**

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Industrial

**Elaboración del Procedimiento de seguridad para el uso y Manejo de Máquinas y Herramientas de los Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Industrial**


Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor:**

Pablo Andrés García Montalván

**Director:**

Paulina Rebeca Espinoza Hernández

ORCID:  0000-0001-9416-5225

**Cuenca, Ecuador**

2025-09-18

## Resumen

Los laboratorios universitarios constituyen un pilar esencial en la formación académica de los estudiantes, al complementar la teoría con la práctica y garantizar un aprendizaje integral. En este contexto, la seguridad adquiere un papel fundamental, ya que protege la integridad de estudiantes y docentes, al mismo tiempo que contribuye a la prolongación de la vida útil de los equipos. El presente trabajo de titulación tiene como objetivo la elaboración de instructivos de seguridad basados en la información proporcionada por la Dirección de Planificación de la Universidad de Cuenca. Dichos instructivos buscan regular el uso de máquinas y herramientas en los laboratorios de Fabricación Digital, Industria 4.0 y Manufactura Flexible de la carrera de Ingeniería Industrial. Para su desarrollo, se revisaron fichas técnicas de los equipos, bibliografía especializada y se realizó un análisis detallado de los riesgos asociados al uso de herramientas manuales y maquinaria. Este proceso contempló las etapas de identificación, estudio, clasificación y caracterización de riesgos. Entre los principales peligros detectados se encuentran lesiones por contacto con partes móviles, exposición a ruidos y vibraciones, así como riesgos eléctricos. De forma complementaria, se elaboraron planos detallados de los laboratorios que muestran la distribución de equipos, rutas de evacuación y elementos clave para garantizar un entorno seguro y organizado. Tanto los planos como los instructivos de seguridad constituyen herramientas técnicas de apoyo para estudiantes, docentes y personal administrativo, orientadas a fortalecer la cultura preventiva y consolidar una gestión integral de la seguridad en los espacios prácticos de la carrera.

*Palabras clave del autor:* entorno, peligros, seguridad industrial, salud, fabricación digital, sistema



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

**Repositorio Institucional:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Abstract

University laboratories are an essential pillar in student training, as they complement theory with practice and ensure comprehensive learning. In this context, safety plays a fundamental role, since it protects the integrity of students and faculty while also contributing to the extended useful life of the equipment. The objective of this thesis is the development of safety manuals based on the information provided by the Planning Department of the University of Cuenca. These manuals are designed to regulate the use of machines and tools in the laboratories of Digital Manufacturing, Industry 4.0, and Flexible Manufacturing of the Industrial Engineering program. For their development, technical data sheets of the equipment were reviewed, specialized literature was consulted, and a detailed analysis of the risks associated with the use of hand tools and machinery was carried out. This process included the identification, study, classification, and characterization of risks. Among the main hazards identified were injuries caused by contact with moving parts, exposure to noise and vibrations, and electrical risks. Additionally, detailed laboratory layouts were created, showing the distribution of equipment, evacuation routes, and other key elements aimed at ensuring a safe and organized environment. Together, these layouts and safety manuals serve as technical reference tools for students, faculty, and administrative staff. Their purpose is to strengthen a preventive culture and promote comprehensive safety management within the practical training spaces of the Industrial Engineering program at the University of Cuenca.

Author keywords: environment, hazards, industrial safety, health, digital manufacturing, system



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

**Institutional Repository:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

1.	Introducción .....	10
1.1	Objetivos .....	11
1.1.1	Objetivo General .....	11
1.1.2	Objetivos Específicos.....	11
2.	Marco Teórico.....	11
2.1	ABET y sus criterios .....	11
2.1.1	¿Qué es Abet? .....	11
2.1.2	Criterio 1. Estudiantes.....	11
2.1.3	Criterio 2. Objetivos Educativos del Programa.....	12
2.1.4	Criterio 3. Resultados del Estudiante .....	12
2.1.5	Criterio 4. Mejora Continua.....	12
2.1.6	Criterio 5. Plan de Estudios .....	12
2.1.7	Criterio 6. Profesorado .....	12
2.1.8	Criterio 7. Infraestructura y Apoyo Institucional .....	12
2.2	Conceptos para el Análisis de Riesgos Laborales.....	12
2.2.1	Actos inseguros .....	12
2.2.2	Agente de exposición .....	13
2.2.3	Agentes químicos .....	13
2.2.4	Condiciones inseguras.....	13
2.2.5	Factor de riesgo.....	13
2.2.6	Luz UV .....	13
2.2.7	Medidas de prevención.....	13
2.2.8	Peligro .....	13
2.3	Máquinas y herramientas de los laboratorios.....	14
2.3.1	Brazo robótico .....	14
2.3.2	Chiller .....	14
2.3.3	Computer Numerical Control CNC Router.....	14
2.3.4	Compresor.....	14
2.3.5	Cortadora Laser .....	14
2.3.6	Durómetro .....	15
2.3.7	Esmeril.....	15

2.3.8	Fibra Láser .....	15
2.3.9	Fresadora .....	15
2.3.10	Gafas Virtuales .....	15
2.3.11	Impresora de Filamento .....	15
2.3.12	Impresora de Resina.....	16
2.3.13	Curador de Resina .....	16
2.3.14	Impresora UV .....	16
2.3.15	Máquina Universal de Ensayos.....	17
2.3.16	Mezclador .....	17
2.3.17	Osciloscopio .....	17
2.3.18	Regulador de Voltaje .....	17
2.3.19	Taladro de Banco.....	17
2.3.20	Taladro Eléctrico.....	17
2.3.21	Taladro Inalámbrico .....	18
2.3.22	Termo Formadora .....	18
2.3.23	Torno.....	18
2.4	Riesgos Identificados en los laboratorios .....	18
2.4.1	Riesgos Mecánicos .....	18
2.4.2	Riesgos Físicos .....	19
2.4.3	Riesgos Químicos .....	20
2.4.4	Riesgos Ergonómicos o Biomecánicos .....	20
2.4.5	Riesgos Visuales/Ópticos.....	21
2.4.6	Riesgos Eléctricos y de Incendio .....	21
2.4.7	Equipo de Protección Personal.....	22
3.	Metodología .....	22
3.1	Fase 1. Identificación de Riesgos .....	22
3.1.1	Riesgos Mecánicos: .....	23
3.1.2	Riesgos Físicos:.....	23
3.1.3	Riesgos Químicos .....	23
3.1.4	Riesgos Ergonómicos / Biomecánicos: .....	23
3.1.5	Riesgos Visuales / Ópticos .....	23
3.1.6	Riesgos Eléctricos y de Incendio o Explosión .....	24
3.2	Fase 2. Analizar, Clasificar y Caracterizar los Riesgos Identificados.....	24
3.2.1	Enfoque Aplicado .....	24

3.2.2	Enfoque basado en procesos .....	25
3.2.3	Participación Activa de la comunidad educativa .....	25
3.2.4	Análisis Cualitativo de Riesgos: .....	25
3.2.5	Análisis Cuantitativo y Evaluación del Nivel del Riesgo: .....	26
3.2.6	Sustento técnico y normativo .....	27
3.3	Fase 3. Elaboración del Instructivo de Seguridad .....	27
3.3.1	Fundamento Metodológico.....	28
3.3.2	Estructura estandarizada de los instructivos.....	29
3.3.3	Finalización de los Instructivos.....	30
3.4	Fase 4. Determinación de la Señalización .....	30
3.4.1	Levantamiento para la señalización .....	30
3.4.2	Criterios Normativos y Técnicos para el Diseño .....	31
4.	Resultados.....	32
4.1	Identificación de Riesgos.....	32
4.2	Instructivos.....	39
4.3	Señalización .....	39
4.3.1	Fabricación Digital .....	39
4.3.2	Industria 4.0 .....	40
4.3.3	Manufactura Flexible .....	40
5.	Discusión .....	41
6.	Conclusiones .....	42
7.	Referencias.....	44
8.	Anexos.....	49

**Índice de figuras**

<b>Figura 1</b> <i>Distribución porcentual de los Tipos de Riesgo en el Laboratorio de Fabricación Digital</i> .....	37
<b>Figura 2</b> <i>Distribución Porcentual de los Tipos de Riesgo en el Laboratorio de Industria 4.038</i>	
<b>Figura 3</b> <i>Distribución Porcentual de los Tipos de Riesgo en el Laboratorio de Manufactura Flexible</i> .....	39

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Matriz de Valoración de la Probabilidad</i> .....	26
<b>Tabla 2</b> <i>Matriz de Valoración de la Consecuencia</i> .....	26
<b>Tabla 3</b> <i>Matriz de Evaluación de Riesgos</i> .....	32
<b>Tabla 4</b> <i>Descripción de Riesgos Identificados por Categoría</i> .....	34
<b>Tabla 5</b> <i>Número de Riesgos Identificados por Laboratorio y Tipo</i> .....	36

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo con todo mi cariño, admiración y respeto a mis padres, quienes han sido mi principal fuente de inspiración. Gracias por su amor incondicional, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles, y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la honestidad. Cada logro que alcanzo es también suyo, porque sin su apoyo constante y sacrificio silencioso, este camino no habría sido posible.

También dedico esta tesis a la carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, por haberme brindado una formación sólida, integral y de calidad. Agradezco profundamente a los docentes, personal administrativo y compañeros que formaron parte de este proceso, por su guía, compromiso y acompañamiento a lo largo de estos años de aprendizaje. Esta institución no solo me proporcionó conocimientos técnicos, sino también valores, experiencias y amistades que me acompañarán por siempre.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Rodrigo Guamán, director de carrera de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, por su liderazgo, compromiso institucional y por fomentar un entorno académico de excelencia que ha sido fundamental para nuestra formación profesional.

De manera muy especial, agradezco a mi tutora de tesis, Ing. Paulina Espinoza, por su guía, paciencia y valioso acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo. Su dedicación, conocimientos y consejos fueron fundamentales para el cumplimiento de cada etapa de esta investigación.

Extiendo también mi gratitud a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Industrial, quienes con su enseñanza y ejemplo contribuyeron significativamente a mi crecimiento académico y personal. Cada clase, recomendación y palabra de aliento dejaron huella en este proceso formativo.

Finalmente, a mis compañeros y amigos, con quienes compartí experiencias, desafíos y aprendizajes a lo largo de esta etapa universitaria. Gracias por su apoyo, colaboración y por haber hecho de estos años una experiencia enriquecedora e inolvidable.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

## 1. Introducción

La Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, ubicada en el campus Balzay, dispone de instalaciones modernas que respaldan su desarrollo académico y tecnológico. En este contexto, la carrera de Ingeniería Industrial persigue la acreditación del Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), organismo internacional reconocido por certificar la calidad y excelencia de programas académicos en ingeniería, computación, tecnología de la información y ciencias aplicadas (Alhorani et al., 2021).

En el presente trabajo de titulación se abordará específicamente el Criterio 7 de ABET, que hace referencia a las instalaciones y recursos, con especial énfasis en la seguridad en el uso y manejo de máquinas y herramientas dentro de los laboratorios universitarios.

La seguridad en estos entornos es un aspecto fundamental para salvaguardar la salud y el bienestar de docentes, estudiantes, técnicos encargados, personal de mantenimiento, personal de limpieza y visitantes (Tremblay, 2018). Históricamente, las condiciones de seguridad en los laboratorios eran muy deficientes. A inicios del siglo XX, los equipos eran rudimentarios, las instalaciones carecían de medidas básicas de protección, y prácticas hoy inaceptables como fumar dentro de los laboratorios eran comunes (Zuo et al., 2024).

A partir de 1990, especialmente en los Estados Unidos, se comenzó a evidenciar una transformación significativa en materia de seguridad laboral con la implementación del Plan de Higiene Química (CHP), promovido por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). Esta normativa impulsó la adopción de programas de seguridad más estrictos, exigiendo a las instituciones designar responsables especializados en supervisar las prácticas de seguridad (Morris, 2021).

En los últimos años, el crecimiento de la investigación científica en universidades, hospitales, industrias farmacéuticas y manufactureras ha traído consigo nuevas exigencias en la gestión de la seguridad. Factores como la capacitación insuficiente del personal, el uso de equipos complejos, la presencia de sustancias químicas peligrosas y la posibilidad de emergencias, como incendios, han incrementado la complejidad de la gestión de riesgos en estos espacios (Qi et al., 2024).

A pesar del fortalecimiento de los mecanismos de supervisión y control, se han presentado incidentes recientes con consecuencias significativas, lo cual evidencia la persistencia de condiciones inseguras en ciertos entornos de laboratorio. Según Ye et al (2014), los accidentes en instalaciones académicas y de investigación pueden derivar en lesiones

graves, daños materiales y repercusiones legales, resaltando la necesidad de una gestión preventiva y sistemática de la seguridad. Por ello, resulta esencial continuar perfeccionando las herramientas y procesos de identificación, evaluación y control de riesgos, con el fin de salvaguardar la integridad de los estudiantes y preservar el entorno de trabajo.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Desarrollar el Instructivo de seguridad para el uso y manejo de Máquinas y Herramientas de los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Cuenca.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Identificar los riesgos presentes en cada máquina y equipo de los laboratorios, considerando tanto los aspectos técnicos como los organizacionales.

Analizar, clasificar y caracterizar los riesgos identificados, teniendo en cuenta su naturaleza y el impacto potencial de sus consecuencias.

Desarrollar los Instructivos de Seguridad para la operación de las máquinas, que incluya medidas de control de riesgos específicas para cada equipo, así como la señalética adecuada para los laboratorios.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1 ABET y sus criterios**

La presente sección aborda el significado y estructura de ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), así como los criterios fundamentales que esta organización emplea para acreditar programas académicos en los campos de la ingeniería, tecnología, informática y ciencias aplicadas.

#### **2.1.1 ¿Qué es Abet?**

ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology). Es una certificación reconocida internacionalmente que garantiza la calidad y excelencia de programas académicos en áreas como la ingeniería, la computación, la tecnología de la información y las ciencias aplicadas. Esta acreditación es otorgada por ABET Inc., una organización sin fines de lucro con sede en los Estados Unidos (Hussain et al., 2021).

#### **2.1.2 Criterio 1. Estudiantes**

En este criterio se evalúa el proceso de admisión, progreso, asesoramiento, evaluación del desempeño estudiantil y como se determina que los estudiantes han cumplido con los resultados del programa (Faiz y Almutairi, 2021).

### **2.1.3 Criterio 2. Objetivos Educativos del Programa**

Describe lo que los egresados deben lograr dentro de unos años después de graduarse, en términos de desempeño profesional, contribución a la sociedad y liderazgo (Faiz y Almutairi, 2021).

### **2.1.4 Criterio 3. Resultados del Estudiante**

Evalúa las competencias que los estudiantes deben adquirir al momento de graduarse. Por ejemplo, habilidades para resolver problemas complejos de Ingeniería, comunicación efectiva, trabajo en equipo, ética profesional y aprendizaje continuo (Faiz y Almutairi, 2021).

### **2.1.5 Criterio 4. Mejora Continua**

Requiere que el programa use evaluaciones sistemáticas para mejorar el contenido curricular y los resultados del estudiante, garantizando su calidad a lo largo del tiempo (Faiz y Almutairi, 2021).

### **2.1.6 Criterio 5. Plan de Estudios**

Evalúa si el plan de estudios cubre áreas clave como Matemáticas, Ciencias, Ingeniería, Diseño, Ética, Comunicación, etc., con suficiente contenido y profundidad (Faiz y Almutairi, 2021).

### **2.1.7 Criterio 6. Profesorado**

Revisa si el cuerpo docente tiene las calificaciones apropiadas, experiencia académica y profesional, y participa en actividades de mejora continua y desarrollo profesional (Faiz y Almutairi, 2021).

### **2.1.8 Criterio 7. Infraestructura y Apoyo Institucional**

Asegura que el programa cuenta con laboratorios, bibliotecas, software, financiamiento, personal y apoyo institucional suficiente para alcanzar sus objetivos (Faiz y Almutairi, 2021).

## **2.2 Conceptos para el Análisis de Riesgos Laborales**

En esta sección se describen los conceptos para el análisis de Riesgos Laborales.

### **2.2.1 Actos inseguros**

Son acciones negligentes en inobservancia de procedimientos estándares de trabajo seguro (Noboa, 2025)

### **2.2.2 Agente de exposición**

Es todo agente biológico, físico o químico al que el trabajador está expuesto en su puesto de trabajo y que, en función de la dosis de la intensidad de su exposición, puede generar un riesgo para su seguridad y salud (Noboa, 2025).

### **2.2.3 Agentes químicos**

Es todo elemento o compuesto químico que puede presentar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores, debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la forma en la que se utiliza o se halla presente en el ambiente de trabajo (Noboa, 2025)

### **2.2.4 Condiciones inseguras**

Son características del ambiente de trabajo, conformado por el espacio físico, herramientas, estructuras, equipos y materiales en general, que incumplen con los requisitos establecidos para ser seguros y por tal motivo conllevan un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores (Noboa, 2025).

### **2.2.5 Factor de riesgo**

Es el elemento agresor o conjunto de ellos que, estando presente en las condiciones de trabajo, puede aumentar la probabilidad de ocurrencia de un accidente, incidente de trabajo o enfermedad profesional (Noboa, 2025).

### **2.2.6 Luz UV**

La luz ultravioleta (UV) es un tipo de radiación electromagnética con una longitud de onda más corta que la luz visible, pero más larga que los rayos X. Se encuentra en el rango de 10 a 400 nanómetros (nm) en el espectro electromagnético (Noboa, 2025).

### **2.2.7 Medidas de prevención**

Son acciones que se adoptan con el fin de evitar o disminuir los riesgos laborales, dirigidas a proteger la salud y seguridad de los trabajadores dentro del ejercicio de su jornada laboral (Noboa, 2025).

### **2.2.8 Peligro**

Es la amenaza, fuente, situación, condición o características que potencialmente pongan en riesgo la vida, afectar la seguridad y salud de los trabajadores, así como la infraestructura o el entorno (Noboa, 2025).

### **2.3 Máquinas y herramientas de los laboratorios**

La siguiente sección describe el concepto de las máquinas y herramientas de los laboratorios de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Cuenca, La documentación fotográfica de cada equipo se encuentra en el Anexo A.

#### **2.3.1 Brazo robótico**

Son máquinas que se utilizan para diversas aplicaciones en la industria manufacturera, como soldadura, pintura y recubrimiento, ensamblaje, metrología e inspección de calidad. Los movimientos rápidos y precisos son un requisito para los sistemas de control de movimiento de nueva generación con el fin de aumentar el rendimiento del proceso de fabricación (Schuchert y Karimi, 2025).

#### **2.3.2 Chiller**

Responsable de producir agua fría para disipar el calor de la carga (Nisa et al., 2025).

#### **2.3.3 Computer Numerical Control CNC Router**

Es una máquina controlada por computadora que utiliza un sistema numérico computarizado para automatizar el proceso de corte, fresado y perforado de materiales como madera, plástico, metales blandos y materiales compuestos. Este tipo de máquina es muy versátil y se utiliza en diversas industrias para la fabricación de componentes y piezas con alta precisión y eficiencia (H. Tian et al., 2024).

#### **2.3.4 Compresor**

Es una máquina o dispositivo que se utiliza para aumentar la presión de un gas (como el aire) al reducir su volumen. Es muy común en aplicaciones industriales, automotrices, de refrigeración y neumáticas (Jaatinen-Värri et al., 2024).

#### **2.3.5 Cortadora Laser**

Las cortadoras láser se han convertido en una herramienta esencial para las pequeñas y medianas empresas (PYME) gracias a su eficiencia y productividad. Estas máquinas tienen una amplia gama de usos, permitiendo a las empresas cortar metal, papel, tela, madera y otros materiales. Gracias a las continuas mejoras técnicas, las PYME pueden satisfacer mejor a los clientes con diseños complejos y cortes precisos (Shaw, 2024).

### 2.3.6 Durómetro

Es un instrumento que se utiliza para medir la dureza de un material, es decir, su resistencia a ser penetrado, rayado o deformado. La dureza es una propiedad importante en materiales como metales, plásticos, gomas y otros, ya que influye en su resistencia al desgaste, a la abrasión y a la deformación (Qi et al., 2024).

### 2.3.7 Esmeril

El esmeril es una herramienta eléctrica muy utilizada en diversos sectores industriales, talleres y labores de mantenimiento. Su función principal es la de desbastar, afilar, pulir o cortar materiales como metal, piedra, cerámica e incluso algunos plásticos. Esto se logra gracias a un disco abrasivo o muela que gira a alta velocidad y permite trabajar sobre la superficie de la pieza de forma precisa y controlada (Ji & Xu, 2025).

### 2.3.8 Fibra Láser

Equipo industrial que utiliza tecnología de láser de fibra óptica para realizar tareas como corte, grabado, marcado, soldadura o limpieza de materiales, especialmente metales. Es una de las máquinas más precisas y eficientes en el sector de manufactura avanzada (Deepak et al., 2023).

### 2.3.9 Fresadora

La fresadora es una máquina-herramienta fundamental en la fabricación y el mecanizado, diseñada para dar forma a superficies planas, curvas o incluso complejas. Su principio de funcionamiento se basa en el movimiento rotativo de una herramienta de corte llamada fresa, que va eliminando el material sobrante hasta lograr la forma deseada (Brno, CZ et al., 2022).

### 2.3.10 Gafas Virtuales

Son dispositivos electrónicos que se colocan en la cabeza como unas gafas o visores, y permiten al usuario sumergirse en un entorno digital simulado en 3D (González, Oneto et al., 2024).

### 2.3.11 Impresora de Filamento

La fabricación por filamento fundido (FFF) es una tecnología de fabricación aditiva (FA) predominante que utiliza una boquilla móvil para depositar filamentos y fabricar múltiples piezas por capas. Se ha utilizado ampliamente en diversos sectores, como la ingeniería biomédica, la industria aeroespacial, la automoción, los sensores electrónicos, la atención médica y la impresión de alimentos, entre otros. Gracias a sus soluciones prácticas en una

diversidad de materiales altamente rentables y flexibles, la FFF está recibiendo gran atención de los investigadores y se espera que tenga aplicaciones cada vez más profundas en el futuro previsible (Mikula et al., 2021).

### **2.3.12 Impresora de Resina**

Es un método de impresión 3D que expone resina fotocurable utilizando una fuente de luz de escaneo o proyección. La estereolitografía clásica utiliza una fuente láser UV de escaneo para exponer un vóxel a la vez. Los sistemas de proyección de luz digital (DLP) exponen una capa completa a la vez proyectando un patrón 2D de luz UV utilizando una fuente LED colimada y un panel de pantalla de cristal líquido (LCD) (Ma et al., 2025).

### **2.3.13 Curador de Resina**

Durante el proceso de inyección de resina, se utiliza comúnmente un proceso de infusión de resina asistida por vacío para reducir la formación de burbujas durante la inyección y el curado de la resina epoxi. Es crucial evaluar el estado de curado de la resina para determinar la velocidad de inyección y la duración del proceso de vacío. Si la velocidad de inyección de resina es demasiado rápida, el tiempo requerido para llenar el espacio anular es más corto y la resina permanece en un estado de sol, lo que lleva a defectos de burbujas durante la reacción de curado. Por el contrario, si la velocidad de inyección es demasiado lenta, la resina puede alcanzar el punto de gel durante el proceso, lo que resulta en un aumento repentino de la viscosidad y una distribución desigual de la capa de resina dentro del espacio anular. (Ma et al., 2025).

### **2.3.14 Impresora UV**

La tecnología de impresión ultravioleta (UV), gracias a su alta velocidad de conformado y su superior calidad de impresión, ha sustituido gradualmente las técnicas tradicionales de serigrafía en la producción industrial moderna. Se aplica ampliamente en el embalaje de productos, marcas registradas, marcado de fechas de producción, trazabilidad farmacéutica y coloración artística. Con el avance de la fabricación inteligente, la impresión UV también se ha utilizado ampliamente en la producción personalizada, líneas de montaje inteligentes y sistemas de fabricación flexibles, lo que la hace especialmente adecuada para procesos de fabricación con formas complejas y requisitos de personalización. Por ejemplo, la impresión UV se ha empleado ampliamente en la fabricación inteligente de exteriores de automóviles, componentes aeroespaciales y electrónica de consumo, así como en superficies de dispositivos médicos con estructuras geométricas especiales (Liu et al., 2025).

### **2.3.15 Máquina Universal de Ensayos**

Las máquinas de ensayo universales permiten evaluar las características mecánicas de materias primas y componentes mediante la evaluación de su rendimiento en diversos métodos de ensayo bajo diferentes tensiones de tracción o compresión. El término "universal" se refiere a los diversos tipos de ensayos que puede realizar un equipo de ensayo unificado. Los más comunes son los ensayos de resistencia a la tracción y a la compresión (Saritha et al., 2023).

### **2.3.16 Mezclador**

Es un equipo didáctico, especializada en la fabricación de sistemas de enseñanza para la ingeniería y la formación técnica. Este tipo de mezcladores se utiliza principalmente con fines educativos en laboratorios de ingeniería, mecánica de fluidos o ingeniería de procesos (Dhankani y Pearce, 2017).

### **2.3.17 Osciloscopio**

Es un instrumento de medición electrónica que permite visualizar señales eléctricas en forma de ondas. Su función principal es mostrar cómo varía una señal eléctrica en el tiempo, lo que lo hace muy útil para analizar el comportamiento de circuitos electrónicos (Rohde y Schwarz, n.d.).

### **2.3.18 Regulador de Voltaje**

Es un dispositivo electrónico o eléctrico que se encarga de mantener constante el voltaje de salida, sin importar si el voltaje de entrada o la carga varían. Su objetivo principal es proteger equipos eléctricos o electrónicos contra sobrevoltajes, bajones o fluctuaciones que puedan dañarlos o hacer que funcionen incorrectamente (Attar et al., 2021).

### **2.3.19 Taladro de Banco**

Es una herramienta eléctrica fija, diseñada específicamente para realizar perforaciones con gran precisión en materiales como metal, madera o plástico. A diferencia de los taladros manuales, que dependen mucho de la fuerza y el pulso del operario, el taladro de banco ofrece un control superior gracias a su sistema vertical y a la mesa ajustable en altura y ángulo (Volk y Abriss, 2021).

### **2.3.20 Taladro Eléctrico**

Es una herramienta portátil y versátil que se utiliza para realizar perforaciones en diversos materiales como madera, metal, plástico o incluso concreto. Su funcionamiento se basa en

un motor eléctrico que acciona un mandril la parte donde se fijan las brocas para perforar de forma rápida y eficiente (Volk y Abriss, 2021)

### **2.3.21 Taladro Inalámbrico**

Es una herramienta eléctrica portátil que funciona con una batería recargable, eliminando la necesidad de cables y ofreciendo una gran libertad de movimiento. Gracias a esta característica, es muy valorado tanto en trabajos profesionales como en tareas domésticas (Volk y Abriss, 2021).

### **2.3.22 Termo Formadora**

Es una máquina de sobremesa diseñada para el moldeo por vacío de láminas plásticas, permitiendo crear moldes, prototipos y piezas tridimensionales de forma rápida y sencilla. Es especialmente útil en entornos como talleres, aulas, laboratorios de diseño y pequeñas industrias creativas. Consiste en calentar una lámina de plástico a una temperatura de conformado, extenderla sobre una forma de superficie única y sujetarla mediante la aplicación de vacío entre la forma, la superficie y la lámina. El tiempo de reacción en el termoformado se acorta al reducirse el número de pasos (Ain, 2013).

### **2.3.23 Torno**

Es una máquina-herramienta fundamental en los procesos de mecanizado y fabricación de piezas. Su principal función es dar forma a piezas cilíndricas o esféricas mediante el giro controlado de la pieza de trabajo sobre su propio eje. Mientras la pieza rota, una herramienta de corte se mueve en dirección longitudinal, transversal o angular para eliminar material y crear la forma deseada (Sandberg et al., 2020)

## **2.4 Riesgos Identificados en los laboratorios**

En esta sección se describe los conceptos y se clasifican según su origen o naturaleza los riesgos identificados en los laboratorios.

### **2.4.1 Riesgos Mecánicos**

Generados por la operación de máquinas o herramientas que poseen componentes móviles.

#### **a) Riesgo de cortes por objetos afilados**

Se da por materiales, residuos y partes de la máquina con bordes afilados, la manipulación inadecuada de estos elementos puede provocar cortes, perforaciones o heridas en las manos

y otras partes del cuerpo, aumentando el riesgo de infecciones o accidentes más graves (Chinniah, 2015a),

**b) Riesgo de fracturas por aplastamiento**

Se da por manipulación de partes y materiales pesados, por caídas de objetos. Este tipo de accidente puede ocasionar lesiones graves en manos, pies y extremidades, comprometiendo la integridad ósea y muscular del operador

**c) Riesgo de Golpes**

Este se da por la caída de objetos al momento de cambiar o retirar materiales de las máquinas. También se pueden dar golpes contra objetos por falta de orden y limpieza en el lugar de trabajo y zonas de paso. Por atropellos de equipos móviles y choques al ir despistado al caminar (Chinniah, 2015b)

**d) Riesgo de Quemaduras**

Por la manipulación de partes u objetos calientes, por la proyección de chispas o material incandescente al momento de imprimir (Li et al., 2021).

**e) Riesgo por caídas de objetos**

Se da por la manipulación y posicionamiento incorrecto de los materiales que se utilizan al momento de usar la máquina. Este tipo de riesgo puede ocasionar golpes, fracturas, lesiones en extremidades y daños en los equipos (Lortie y Pelletier, 1996)

**f) Riesgo de Proyección de Partículas**

Se genera por la proyección de fragmentos sólidos (como virutas, chispas, esquirlas o polvo), al momento de usar la máquina en materiales como metal, cerámica, madera, etc. Estas pueden impactar en el cuerpo del operador u otras personas cercanas (Z. Zhang et al., 2024).

## **2.4.2 Riesgos Físicos**

Originados por la exposición a agentes físicos presentes en el entorno.

**a. Riesgo de Ruido**

Esto se debe al ruido emitido por la impresora. También al ruido externo que existe en el exterior del laboratorio, así como al ruido provocado por los Sistemas de ventilación, climatización, extracciones localizadas en el área de trabajo. La falta del uso de equipos de

protección personal como orejeras o tapones auditivos puede agravar este riesgo (Gannouni et al., 2024).

### **2.4.3 Riesgos Químicos**

Originados por la exposición a sustancias peligrosas mediante inhalación, ingestión, contacto dérmico o absorción.

#### **a. Riesgo de Absorción de polvos y humos**

Este riesgo es originado al momento de realizar el corte del material, también debido a la falta o falla de un sistema de ventilación y absorción, esta se puede agravar si no se usa el equipo de protección personal (Y. Zhang et al., 2024).

#### **b. Riesgo de inhalación de elementos nocivos**

Este riesgo se da por la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVs), presentes en las tintas UV que se liberan durante la impresión o al momento de realizar la curación. Estos pueden ser perjudiciales si se inhalan con frecuencia o en grandes concentraciones (X. Tian et al., 2024)

#### **c. Riesgo Químico**

Estos riesgos se dan por derrames o contactos accidentales con materiales que contengan sustancias químicas como pinturas, barnices, lacas, tintas, disolventes, etc. Incorrecto envasado y etiquetado de sustancias químicas. Inhalación de gases y vapores por recipientes abiertos. Inexistencia y/o deficiencia en el sistema de ventilación. La falta de uso de equipos de protección personal al momento de manipular estos productos químicos (Noboa, 2025).

### **2.4.4 Riesgos Ergonómicos o Biomecánicos**

Asociados a la exposición prolongada a esfuerzos físicos intensos y cargas biomecánicas elevadas en el entorno laboral.

#### **a. Riesgo Ergonómico**

El uso de la cortadora láser presenta un riesgo ergonómico debido a posturas inadecuadas, movimientos repetitivos y la manipulación de materiales. La falta de una altura adecuada del equipo, la necesidad de inclinarse o levantar objetos pesados y la exposición prolongada a vibraciones y ruido (Bontempi et al., 2024).

### **b. Riesgo de Manejo manual de cargas**

Se da por la manipulación de partes de la máquina o herramientas pesadas como las mordazas, probetas o accesorios que se utilizan para los ensayos. Este tipo de riesgo puede provocar dolor en la parte baja de la espalda, hernias discales, estiramientos o desgarros de músculos en espalda, tendinitis y lesiones en hombros y esguinces en muñecas y manos (Roffey et al., 2010).

### **2.4.5 Riesgos Visuales/Ópticos**

Relacionados con la exposición a agentes o condiciones nocivas para la salud ocular.

#### **a. Riesgo de Irritación Ocular**

Este riesgo se genera debido a la exposición prolongada a la luz del láser, así como la emisión de partículas finas y vapores que se generan durante el corte de los materiales. La falta de protección visual adecuada puede provocar esta molestia (Bontempi et al., 2024).

#### **b. Riesgo de Irritación Ocular por Luz UV**

Se da por ver directamente a la luz ultravioleta (UV) sin la protección necesaria induce efectos nocivos en los ojos y puede causar enfermedades como pterigión, cataratas, queratopatía por gotitas climáticas, retinopatía solar y melanoma uveal (Hisham et al., 2024).

### **2.4.6 Riesgos Eléctricos y de Incendio**

Derivados a descargas eléctricas, cortocircuitos, explosiones o incendios.

#### **a. Riesgo Eléctrico**

Se da por conexiones defectuosas sobrecargas en el sistema eléctrico y manipulación inadecuada de dispositivos energizados. Este riesgo puede provocar descargas eléctricas, cortocircuitos, incendios o daños en los equipos. La exposición a corriente eléctrica sin las debidas precauciones puede generar desde lesiones leves hasta accidentes graves, como quemaduras, fibrilación cardiaca o incluso electrocución (Chi et al., 2009).

#### **a) Riesgo de Incendio y explosiones**

Pueden ser provocados por encender fuegos en el lugar de trabajo, instalaciones eléctricas defectuosas o sobrecargadas. Uso de sustancias inflamables o combustibles en el puesto de trabajo. Almacenamiento en conjunto de diferentes sustancias inflamables (Abdullahi et al., 2025).

### 2.4.7 Equipo de Protección Personal

Es el implemento destinado al uso adecuado por parte del trabajador, con la finalidad de protegerlo de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad y salud en el lugar y/o centro de trabajo químicos (Noboa, 2025).

## 3. Metodología

Se llevó a cabo la identificación de los riesgos potenciales presentes en los laboratorios de Fabricación Digital, Industria 4.0 y Manufactura Flexible de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Cuenca. Este proceso se desarrolló mediante una metodología mixta, que integró enfoques cualitativos y cuantitativos para garantizar un diagnóstico integral y riguroso de las condiciones de seguridad.

Desde el enfoque cualitativo, se aplicaron técnicas como la observación directa en campo y entrevistas semiestructuradas a usuarios clave (docentes, técnicos y estudiantes), lo que permitió identificar situaciones de riesgo desde la experiencia cotidiana y operativa de los involucrados. Por otro lado, el enfoque cuantitativo se fundamentó en el uso de matrices de evaluación de riesgos basadas en la normativa emitida por el Ministerio de Trabajo del Ecuador, lo que permitió asignar niveles de criticidad y priorizar las acciones correctivas necesarias.

Los riesgos identificados fueron clasificados conforme a su naturaleza en: físicos, mecánicos, eléctricos, químicos y ergonómicos, considerando tanto el uso como el mantenimiento de máquinas y herramientas dentro de las actividades académicas.

El proceso se desarrolló en cuatro fases secuenciales:

Fase 1: Identificación de riesgos

Fase 2: Análisis, clasificación y caracterización de los riesgos identificados

Fase 3: Elaboración del instructivo de seguridad

Fase 4: Determinación de la señalización adecuada

Estas fases resultaron fundamentales para el diseño e implementación de estrategias orientadas a la creación de un entorno académico seguro, eficiente y alineado con los estándares vigentes de seguridad laboral.

### 3.1 Fase 1. Identificación de Riesgos

En esta fase se realizaron inspecciones visuales en cada laboratorio basándose en fichas técnicas, se consultó al docente encargado de los laboratorios y se recopiló información mediante entrevistas realizadas a los estudiantes que hacen usos de estos equipos. Además, se verificó el comportamiento operativo de las máquinas y herramienta, su disposición física y las prácticas cotidianas asociadas a cada actividad.

Como resultado del proceso de identificación, se logró documentar los siguientes y se los ordeno según su naturaleza o fuente de origen:

### **3.1.1 Riesgos Mecánicos:**

Relacionados con el movimiento de máquinas, herramientas o partes móviles.

- a. Riesgo de cortes por objetos afilados.
- b. Riesgo de fracturas por aplastamiento.
- c. Riesgo de golpes.
- d. Riesgo de quemaduras.
- e. Riesgo por caídas de objetos.
- f. Riesgo de proyección de partículas.

### **3.1.2 Riesgos Físicos:**

Proviene de agentes físicos como temperatura, sonido, radiación, entre otros.

- a. Riesgo de ruido.

### **3.1.3 Riesgos Químicos**

Derivados de sustancias químicas o sus emisiones.

- a. Riesgo de absorción de polvos y humos.
- b. Riesgo de inhalación de elementos nocivos.
- c. Riesgo químico.

### **3.1.4 Riesgos Ergonómicos / Biomecánicos:**

Provocados por condiciones de trabajo inadecuadas que afectan el cuerpo humano.

- a. Riesgo ergonómico.
- b. Riesgo de manejo manual de cargas.

### **3.1.5 Riesgos Visuales / Ópticos**

Por exposición a radiación visible, láser o UV.

- a. Riesgo de irritación ocular.
- b. Riesgo de irritación ocular por luz UV.

### **3.1.6 Riesgos Eléctricos y de Incendio o Explosión**

Asociados al contacto con instalaciones o equipos eléctricos, por materiales inflamables, fuentes de calor o fallos eléctricos.

- a. Riesgo eléctrico.
- b. Riesgo de incendio y explosiones.

Toda esta información fue sistematizada en una matriz de identificación de riesgos, donde se detalló para cada uno su descripción, causas, su vinculación al funcionamiento de cada maquina y herramienta, personal expuesto y sus medidas de mitigación o control. Esta matriz sirvió como base para la posterior evaluación cualitativa de los mismos y propuesta de acciones correctivas y preventivas.

## **3.2 Fase 2. Analizar, Clasificar y Caracterizar los Riesgos Identificados**

Esta fase se basa en el análisis, clasificación y caracterización de los riesgos determinados en la Fase 1. Este proceso se desarrolló con el fin de profundizar en la comprensión de cada uno de los riesgos encontrados, estableciendo sus causas, consecuencias potenciales y nivel de criticidad, con la finalidad de facilitar su posterior mitigación.

La presente fase constituyó se fundamenta en la gestión del riesgo, que permitió pasar de un listado descriptivo de riesgos a una valoración técnica y estructurada, capaz de establecer prioridades y orientar recursos hacia aquellos escenarios con mayor potencial de afectación a la salud, seguridad y continuidad operativa dentro del entorno y ambiente académico.

### **3.2.1 Enfoque Aplicado**

La recolección de datos se realizó mediante dos fuentes principales: entrevistas a usuarios frecuentes de los laboratorios (estudiantes) y observación directa en cada uno de los laboratorios. Esto permitió conseguir información tanto subjetiva como objetiva sobre las condiciones de seguridad, las prácticas habituales, y los peligros percibidos y reales en cada espacio.

En la sistematización y organización de los riesgos identificados, se utilizó la herramienta de matriz de Evaluación de Riesgos Laborales propuesta por el Ministerio del Trabajo del Ecuador. Esta matriz, está contemplada dentro de los requisitos para el Reglamento de

Seguridad y Salud en el Trabajo, con la cual se estableció la valoración estructurada para cada riesgo en función de criterios como la probabilidad de ocurrencia, el nivel de deficiencia, la exposición y la consecuencia esperada. De esta manera, se pudo determinar el nivel de riesgo resultante y establecer una clasificación.

### **3.2.2 Enfoque basado en procesos**

Lo que Permite asociar cada riesgo con las actividades específicas de operación con las máquinas y herramientas.

### **3.2.3 Participación Activa de la comunidad educativa**

Integrando las percepciones y experiencias de la comunidad educativa que hacen uso las máquinas y herramientas de los laboratorios de la carrera de Ingeniería Industrial, para obtener información se aportó una visión práctica, contextual y situada, que complemento la observación técnica, permitiendo una comprensión más completa de los riesgos.

### **3.2.4 Análisis Cualitativo de Riesgos:**

El análisis cualitativo realizado en la Fase 2 permitió una evaluación detallada de cada uno de los riesgos previamente identificados, considerando aspectos técnicos, humanos y del entorno. Este análisis se centró en describir las características del peligro, identificar sus causas más probables, analizar los mecanismos de exposición y determinar las posibles consecuencias para los estudiantes, docentes y personal técnico que utilizan los laboratorios. Gracias a este enfoque, fue posible comprender de manera integral el contexto en el que ocurren los riesgos y establecer medidas preventivas más eficaces. Cada riesgo fue caracterizado mediante una ficha técnica que incluye:

- a. Tipo de riesgo.
- b. Nivel de riesgo.
- c. Acciones.
- d. Medidas preventivas.

Entre los riesgos analizados destacan:

- a. Riesgo de irritación ocular por luz UV.
- b. Riesgo por fracturas por aplastamiento.
- c. Riesgo de absorción de polvos y Humos.
- d. Riesgo químico.
- e. Riesgo de manejo manual de cargas.
- f. Riesgo eléctrico.

Este análisis permitió comprender no solo la peligrosidad de cada riesgo, sino también el contexto específico en el que se presentan dentro del ámbito teórico/práctico, permitiendo así adaptar las futuras medidas de control a las necesidades reales del entorno.

**3.2.5 Análisis Cuantitativo y Evaluación del Nivel del Riesgo:**

Como complemento al análisis cualitativo, se desarrolló un análisis cuantitativo de los riesgos utilizando una matriz recuperada del portal oficial del Ministerio de Trabajo del Ecuador. Esta herramienta considera dos parámetros fundamentales: la probabilidad (P) de que ocurra un evento riesgoso y la consecuencia (C) que dicho evento podría generar. Este enfoque permitió transformar la información recopilada en datos numéricos, facilitando así la clasificación y priorización de los riesgos en función de su nivel de criticidad.

Los valores asignados se establecieron con base en:

- a. Observaciones directas de los procesos.
- b. Por Juicio de los docentes y encargados.
- c. Factores de exposición como frecuencia de uso del equipo, número de personas expuestas y condiciones ambientales.

La escala utilizada fue:

**Tabla 1**

*Matriz de Valoración de la Probabilidad*

<b>Probabilidad (P)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
<b>Baja</b>	Poco probable de ocurrir	1
<b>Media</b>	Puede ocurrir ocasionalmente	2
<b>Alta</b>	Ocurrencia frecuente	3

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 2**

*Matriz de Valoración de la Consecuencia*

Consecuencia (C)	Descripción	Valor
Leve	Lesiones menores, sin incapacidad	1
Moderada	Lesiones con incapacidad temporal	2
Grave	Lesiones permanentes o muerte	3

**Fuente:** Elaboración Propia

El Nivel de Riesgo (NR) se calculó como:

$$NR = P \times C$$

Según el resultado, los riesgos se clasificaron en:

**Bajo (1-2 puntos):** Riesgos aceptables, se recomienda monitoreo continuo.

**Medio (3-4 puntos):** Riesgos moderados, requieren controles específicos.

**Alto (6-9 puntos):** Riesgos críticos, requieren intervención inmediata.

### 3.2.6 Sustento técnico y normativo

Se utilizaron referencias normativas actualizadas:

- a. **Decreto Ejecutivo 255:** Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores.
- b. **OSHA 1910:** Regulaciones generales para maquinaria y espacios de trabajo.
- c. **ANSI Z535:** Normas para señalización y advertencias de seguridad.

El cruce de la evidencia técnica con el análisis de campo permitió validar los resultados y asegurar que las medidas propuestas posteriormente estén fundamentadas en prácticas reconocidas y eficaces.

### 3.3 Fase 3. Elaboración del Instructivo de Seguridad

En esta fase se tuvo como objetivo principal la elaboración de instructivos de seguridad específicos para cada una de las máquinas y herramientas presentes en los laboratorios de Fabricación Digital, Industria 4.0 y Manufactura Flexible de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Cuenca. Esta fase se diseñó no solo como una respuesta directa a los

riesgos previamente identificados y clasificados, sino también como una estrategia integral para reforzar las prácticas seguras dentro del entorno académico. Asimismo, se concibió como un componente complementario que contribuya al cumplimiento de los requisitos de la acreditación internacional ABET, particularmente en lo relacionado con el Criterio 7: Infraestructura y Apoyo Institucional, que exige evidencias claras de políticas y medidas que garanticen un entorno de aprendizaje seguro, funcional y sostenido.

El desarrollo de estos instructivos tiene la finalidad de ser una herramienta fundamental dentro del sistema de gestión de seguridad en el entorno universitario, ya que permite transformar información técnica que antes se encontraba dispersa o muy poco clara en documentos o libros prácticos, estructurados o estandarizados. Cada instructivo cumplen una triple función: sirve como documento de consulta para los estudiantes, docentes y técnicos docentes, como material de apoyo en los procesos formativos, y como directriz operativa que orienta el uso seguro de la máquinas y herramientas. Su propósito es reducir los riesgos, facilitar la comprensión de los procedimientos técnicos, y asegurar el cumplimiento tanto de las normativas institucionales como de los estándares internacionales aplicables al entorno educativo y tecnológico.

### 3.3.1 Fundamento Metodológico

Para la elaboración de los instructivos se adoptó una metodología mixta de tipo técnico-participativa, que combinó múltiples técnicas de recolección de datos con validación directa de campo. Este enfoque permitió garantizar que los instructivos fueran precisos desde el punto de vista técnico, pero también comprensibles y pertinentes para el contexto educativo en el que se aplicarían. Las principales acciones metodológicas fueron:

**Inspección visual de las máquinas y herramientas**, observando su funcionamiento real, los puntos de riesgo más evidentes y los hábitos de uso por parte de los estudiantes.

**Entrevistas con estudiantes, docentes y técnicos docentes**, quienes compartieron experiencias, recomendaciones y observaciones sobre las buenas prácticas y los errores comunes en la operación de las máquinas y herramientas.

**Revisión de fichas técnicas**, con el fin de respetar los parámetros de establecidos por los desarrolladores de cada máquina y herramienta.

**Estudio comparativo de instructivos proporcionados por la Universidad de Cuenca**, para incorporar buenas prácticas y referencias normativas.

**Revisión de normativa vigente en seguridad laboral**, se revisó el Decreto Ejecutivo 255 del Ecuador, las Normas ISO 12100, 45001, 11228 y los lineamientos de OSHA.

Estas fuentes permitieron desarrollar los instructivos adecuados, contextualizados y alineados con los objetivos formativos a las exigencias de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Cuenca.

### **3.3.2 Estructura estandarizada de los instructivos**

Esta estandarización respondió a la necesidad de contar con documentos claros, funcionales y consistentes, tanto para fines operativos como educativos y de gestión preventiva. La estructura de cada uno de los instructivos se basó en un modelo ya utilizado por la Universidad de Cuenca el cual fue adaptado con una estructura clara y concisa para facilitar su lectura, comprensión y aplicación. A continuación, se describen los componentes que integran cada uno:

#### **a. Encabezado Informativo**

Cada instructivo comienza con un encabezado superior que contiene el nombre del equipo, los datos institucionales (Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Ingeniería Industrial) asignado por la la dirección de planificación para su trazabilidad.

#### **b. Objetivo**

En esta sección se establece de manera explícita la finalidad principal del instructivo, para reforzar la alineación del documento con el sistema de gestión de seguridad institucional.

#### **c. Responsable**

En esta sección se define claramente quien es el estudiante, docente y docente técnico responsable de la maquina o herramienta.

#### **d. Definiciones**

Esta sección reúne los conceptos clave sobre seguridad y operación de equipos, incluyendo términos relacionados con riesgos y maquinaria. Su objetivo es unificar la comprensión de estos conceptos para asegurar una interpretación coherente y estandarizada por parte de los usuarios.

#### **e. Desarrollo**

Esta sección presenta las medidas preventivas y los errores comunes a evitar durante el uso de la máquina, con el fin de promover buenas prácticas, prevenir riesgos y fomentar un comportamiento seguro y consciente.

**f. Procedimiento**

Esta sección detalla el procedimiento a seguir antes, durante y después del uso del equipo, con el objetivo de estandarizar su operación, prevenir errores y asegurar su conservación y seguridad conforme a las normativas.

**g. Referencias**

Cada instructivo incluye referencias normativas y bibliográficas que sustentan su contenido. En el caso de los instructivos analizados, se citan el Decreto Ejecutivo 255 del Ecuador y Occupational Safety and Health Administration (OSHA), como fuentes académicas y técnicas obtenidas de bases digitales como Scopus, scienceDirect, Scielo, etc.

### **3.3.3 Finalización de los Instructivos**

Los instructivos de seguridad fueron completamente desarrollados y finalizados, siguiendo los lineamientos técnicos, normativos y pedagógicos establecidos en esta investigación.

Una vez concluida su elaboración, los instructivos fueron revisados y aprobados por la Coordinación de Procesos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, garantizando así su coherencia con los criterios institucionales de calidad documental y su alineación con los procesos formales de gestión interna.

## **3.4 Fase 4. Determinación de la Señalización**

En esta fase se detalla el proceso mediante el cual se diseñó y determinó el sistema de señalización para los laboratorios de Fabricación Digital, Industria 4.0 y Manufactura Flexible de los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Cuenca. La señalización constituye un componente esencial dentro del sistema de seguridad, ya que permite alertar sobre riesgos, informar sobre procedimientos de emergencia, orientar a los usuarios en el uso seguro del espacio, y reforzar comportamientos preventivos en el entorno laboral-académico.

### **3.4.1 Levantamiento para la señalización**

**a) Levantamiento físico de los laboratorios**

El proceso inicio con un levantamiento técnico detallado de los laboratorios de Fabricación Digital, Industria 4.0 y manufactura Flexible de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Cuenca. Esta etapa consistió en realizar una inspección visual acompañadas de mediciones físicas, en la que se registraron:

- a. Dimensiones generales de los laboratorios.
- b. Ubicación exacta de cada equipo, máquina o estación de trabajo.
- c. Disposición del mobiliario auxiliar (escritorios, sillas, estanterías).
- d. Accesos principales, salidas de emergencia, ventanas y rutas de evacuación.
- e. Ubicación de Equipos de emergencia: extintores y alarmas.

Esta información se documentó con croquis y fotografías que posteriormente fueron digitalizados para su modelado. Se procuro tomar en cuenta las observaciones de los docentes encargados de los laboratorios, quienes aportaron con información practica sobre los riesgos y el comportamiento de los estudiantes dentro del entorno de trabajo.

#### **b) Digitalización y diseño en AutoCAD**

Con base en el levantamiento físico, se elaboraron planos detallados en AutoCAD que reflejan fielmente y a escala las condiciones de los laboratorios. Estos planos incluyen:

- a. Distribución del espacio físico que ocupa cada maquina y herramienta.
- b. La señalización propuesta según tipo y ubicación.
- c. Las rutas de Evacuación.
- d. Las áreas delimitadas por niveles de Riesgo.
- e. La simbología empleada para representar cada tipo de señal.

El plano técnico permite el análisis, la validación y la posterior implementación física del sistema de señalización.

#### **3.4.2 Criterios Normativos y Técnicos para el Diseño**

Se consideraron diversas normativas y estándares técnicos para garantizar que la señalización cumpla con criterios de eficacia, legalidad y comprensión. Entre ellos:

- a. Decreto Ejecutivo 255: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores del Ecuador.
- b. Norma ISO 7010 sobre señales gráficas de seguridad.
- c. Norma ISO 3864 sobre principios de diseño de señales de seguridad.
- d. Norma ANZI Z535 sobre colores, formados y uso de símbolos para advertencias.

Se aplicaron además los siguientes principios técnicos:

- a. Colores estandarizados: rojo (emergencia/prohibición), amarillo (advertencia), azul (obligación), verde (seguridad/evacuación).
- b. Uso de pictogramas claros, con alto contraste y sin ambigüedad.

Estos principios fueron aplicados rigurosamente en los planos. Cada señal fue ubicada pensando en su función específica dentro del flujo de trabajo del laboratorio. El diseño también incluyó la utilización de señalización horizontal, especialmente en rutas de evacuación y delimitación de zonas de alto riesgo, utilizando los colores normalizados.

## 4. Resultados

### 4.1 Identificación de Riesgos

En esta sección se detalla los resultados obtenidos en base a cada uno de los objetivos planteados. En cuanto al proceso de identificación y clasificación de riesgos en los laboratorios de Fabricación Digital, Industria 4.0 y Manufactura Flexible, se logró reconocer un total de 44 riesgos distribuidos en seis grandes categorías: mecánicos, físicos, químicos, ergonómicos/biomecánicos, visuales/ópticos y eléctricos o de incendio. Esta identificación se llevó a cabo mediante inspecciones visuales, entrevistas con docentes y estudiantes, y análisis del entorno operativo de cada máquina o herramienta. Los riesgos documentados reflejan las condiciones reales de uso, mantenimiento y disposición de los equipos, permitiendo establecer una base sólida para su análisis cualitativo y cuantitativo posterior.

A partir del análisis realizado de los riesgos identificados en los laboratorios, se procedió a la elaboración de la Matriz de Evaluación de Riesgos, tomando como referencia la metodología establecida en la Matriz de Riesgos del Ministerio de Trabajo del Ecuador (Ver en el Anexo D). Esta herramienta permite analizar de forma sistemática los peligros presentes, evaluando su probabilidad de ocurrencia y la severidad de sus consecuencias para determinar el nivel de riesgo (NR). La matriz fue cuidadosamente adaptada a las condiciones operativas reales de los laboratorios, considerando aspectos como el tipo de equipos utilizados, la naturaleza de las actividades, la frecuencia de exposición, el perfil de los usuarios y las medidas de control existentes. Esta adaptación garantiza una evaluación más precisa, que permite priorizar los riesgos según su criticidad y establecer acciones preventivas eficaces para promover un entorno académico seguro y conforme con la normativa nacional vigente.

### Tabla 3

*Matriz de Evaluación de Riesgos*

Riesgo	NC (Nivel de Consecuencia)	NP (Nivel de Probabilidad)	Nivel de Riesgo	ACCIONES	MEDIDAS PREVENTIVAS	RESPONSABLE
			$NR = NP \times NC$			
Cortes por Objetos Afilados	1	3	3	Mantener vigilancia	Uso obligatorio de guantes resistentes y corte controlado	Técnico Docente
Fracturas por Aplastamiento	3	1	3	Aplicar medidas preventivas	Colocar Protectores y señalización	Técnico Docente
Riesgo de Golpes	2	3	6	Aplicar medidas preventivas	Señalización de advertencia	Técnico Docente
Riesgo por Caídas de Objetos	3	2	6	Aplicar medidas preventivas	Evitar Acumulación de materiales elevados	Técnico Docente
Riesgo de Proyección de Partículas	2	2	4	Aplicar medidas preventivas	Uso de gafas de Protección	Técnico Docente
Riesgo de Quemaduras	3	2	6	Aplicar medidas preventivas	Uso de guantes Resistentes al calor	Técnico Docente
Riesgo de Ruido	2	2	4	Aplicar medidas preventivas	Uso de protectores auditivos	Técnico Docente
Riesgo de Absorción de Polvos y Humos	2	2	4	Aplicar medidas preventivas	Uso de mascarillas	Técnico Docente
Riesgo de Inhalación de	3	2	6	Aplicar medidas	Uso de Mascarilla y Ventilación	Técnico Docente

Elementos Nocivos				preventivas	n Adecuada	
Riesgo Químico	3	1	3	Aplicar medidas preventivas	Uso de guantes y gafas especiales	Técnico Docente
Riesgo Ergonómico	3	2	6	Aplicar medidas preventivas	Pausas activas y rotación de tareas	Técnico Docente
Riesgo de Manejo Manual de Cargas	3	2	6	Aplicar medidas preventivas	Capacitación	Técnico Docente
Riesgo de Irritación Ocular	3	2	6	Aplicar medidas preventivas	Uso de gafas	Técnico Docente
Riesgo de irritación Ocular por luz UV	3	3	9	Aplicar medidas preventivas	Uso de gafas con filtros UV	Técnico Docente
Riesgo Eléctrico	3	2	6	Aplicar medidas preventivas	Revisión constante del cableado	Técnico Docente
Riesgo de Incendio y Explosiones	3	2	6	Aplicar medidas preventivas	Extintores accesibles	Técnico Docente

**Fuente:** Elaboración propia basada en el modelo propuesto por el Ministerio del Trabajo del Ecuador.

**Tabla 4**

*Descripción de Riesgos Identificados por Categoría*

Categoría de Riesgo	Descripción del Riesgo

<b>Riesgos Mecánicos</b>	Riesgo de Cortes por Objetos Afilados
	Riesgo de Fracturas por Aplastamiento
	Riesgo de Golpes
	Riesgo por Caídas de Objetos
	Riesgo de Proyección de Partículas
<b>Riesgos Físicos</b>	Riesgo de Quemaduras
	Riesgo de Ruido
<b>Riesgos Químicos</b>	Riesgo de Absorción de Polvos y Humos
	Riesgo de Inhalación de Elementos Nocivos
	Riesgo Químico
<b>Riesgos Ergonómicos Biomecánicos</b>	Riesgo Ergonómico
	Riesgo de Manejo manual de Cargas
<b>Riesgos Visuales Ópticos</b>	Riesgo de Irritación Ocular
	Riesgo de irritación Ocular por luz UV
<b>Riesgos Eléctricos y de Incendio o Explosión</b>	Riesgo Eléctrico
	Riesgo de Incendio y Explosiones

**Fuente:** Elaboración Propia

También, se presenta la distribución de los principales tipos de riesgo identificados en los laboratorios de Fabricación Digital, Industria 4.0 y Manufactura Flexible. Esta clasificación responde al trabajo de campo realizado durante las inspecciones técnicas, y tiene como propósito mostrar en qué espacios se concentran con mayor frecuencia los distintos riesgos laborales.

La categoría con mayor prevalencia corresponde a los riesgos mecánicos, sumando un total de 15 incidencias, siendo más frecuentes en el laboratorio de Manufactura Flexible, con 6 casos. Le siguen los riesgos físicos con 8 registros, distribuidos de forma relativamente equitativa entre Fabricación Digital e Industria 4.0. Los riesgos ergonómicos y biomecánicos también representan una categoría relevante con 7 incidencias, asociados al manejo de cargas, posturas forzadas y repeticiones de movimiento, especialmente en Manufactura Flexible.

Los riesgos químicos, ópticos/visuales y eléctricos/incendio presentan una menor frecuencia, con 5, 4 y 5 casos respectivamente, aunque su presencia no debe subestimarse debido a su potencial gravedad. Estos datos permiten establecer un punto de partida claro para priorizar acciones preventivas, señalar adecuadamente las zonas de riesgo y reforzar los procedimientos de seguridad específicos para cada laboratorio.

**Tabla 5**

*Número de Riesgos Identificados por Laboratorio y Tipo*

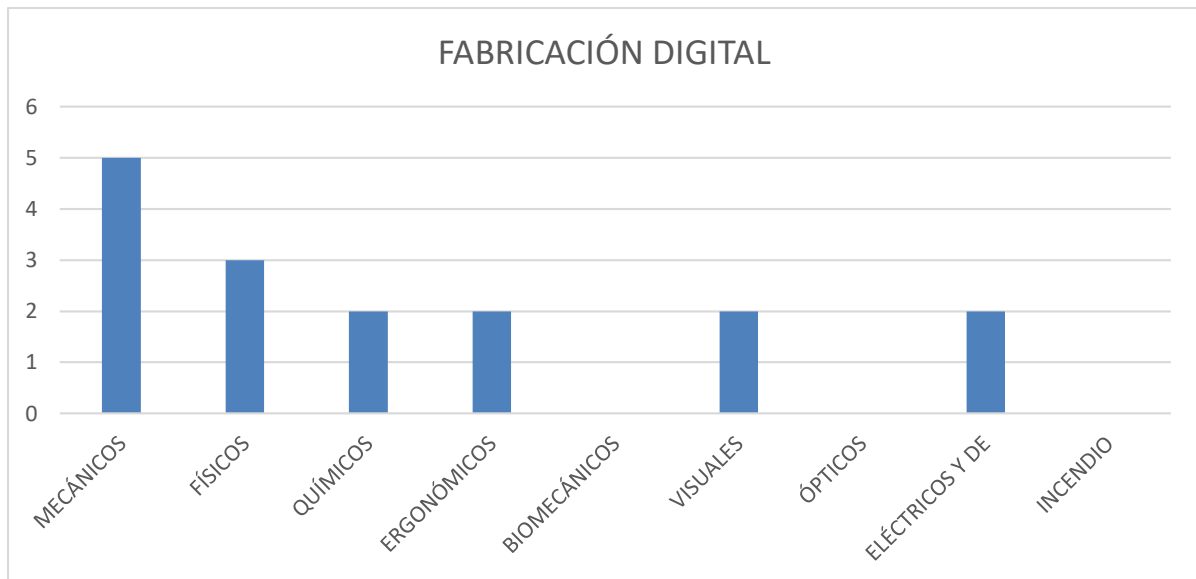
<b>TIPO DE RIESGO</b>	<b>FABRICACIÓN DIGITAL</b>	<b>INDUSTRIA 4.0</b>	<b>MANUFACTURA FLEXIBLE</b>	<b>TOTAL</b>
<b>MECÁNICOS</b>	5	4	6	15
<b>FÍSICOS</b>	3	2	3	8
<b>QUÍMICOS</b>	2	1	2	5
<b>ERGONÓMICOS BIOMECÁNICOS</b>	2	2	3	7
<b>VISUALES ÓPTICOS</b>	2	1	1	4
<b>ELÉCTRICOS Y DE INCENDIO</b>	2	1	2	5

**Fuente:** Elaboración Propia

En el laboratorio de Fabricación Digital, los riesgos mecánicos son los más frecuentes, representando un 31% del total, lo que evidencia la exposición constante a elementos cortantes, partes móviles o herramientas con potencial de causar lesiones físicas. Le siguen los riesgos físicos con un 19%, los cuales están asociados principalmente a temperaturas elevadas, ruido o superficies calientes. Los riesgos químicos, ergonómicos, eléctricos y ópticos presentan porcentajes similares (entre el 12% y 13%), lo que demuestra una distribución más equilibrada pero no menos significativa en cuanto a su presencia. Esta variedad de riesgos exige una estrategia de prevención integral que contemple tanto aspectos mecánicos como ambientales y posturales.

**Figura 1**

*Distribución porcentual de los Tipos de Riesgo en el Laboratorio de Fabricación Digital*

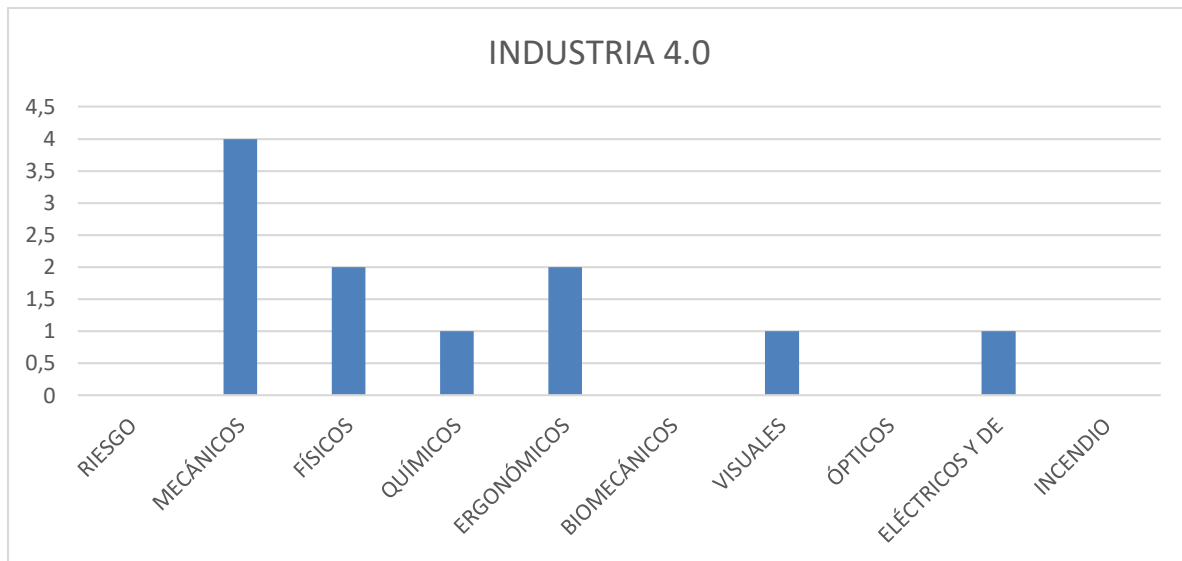


**Fuente:** Elaboración Propia

En el laboratorio de Industria 4.0, se observa una concentración marcada de riesgos mecánicos, que alcanzan el 37% del total, siendo la categoría más crítica en este entorno. Tanto los riesgos ergonómicos como los químicos ocupan el segundo lugar con un 18% cada uno, revelando la importancia de atender aspectos relacionados con posturas de trabajo prolongadas, manipulación de cargas, y exposición a sustancias. Los riesgos físicos, eléctricos, visuales y ópticos se encuentran en una menor proporción (9% cada uno), aunque su impacto potencial sigue siendo relevante. Este análisis sugiere que, aunque hay un riesgo predominante, se debe mantener una vigilancia constante sobre todos los tipos para garantizar condiciones seguras.

**Figura 2**

*Distribución Porcentual de los Tipos de Riesgo en el Laboratorio de Industria 4.0*

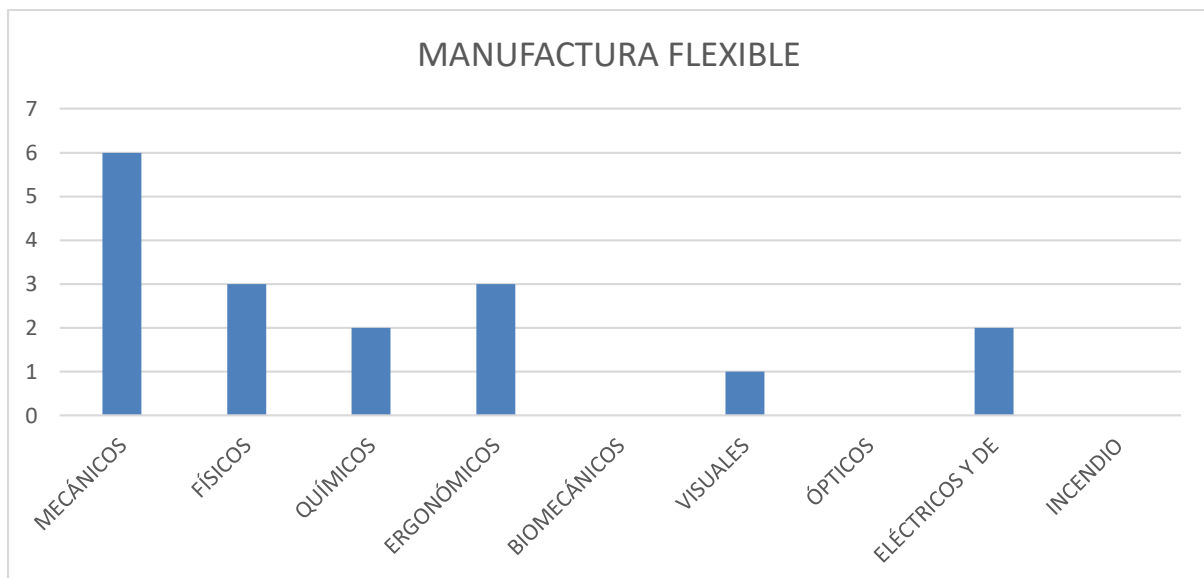


**Fuente:** Elaboración Propia

En el laboratorio de Manufactura Flexible se presenta la distribución porcentual de los distintos tipos de riesgo identificados. Los riesgos mecánicos constituyen el mayor porcentaje con un 35%, lo que evidencia su predominancia en este entorno. Le siguen los riesgos ergonómicos (18%) y los riesgos físicos (17%), relacionados principalmente con el esfuerzo físico y la interacción directa con maquinaria. Los riesgos químicos, eléctricos, visuales y ópticos se presentan en menor proporción, aunque su presencia sigue siendo relevante desde el punto de vista preventivo. Esta información permite orientar las estrategias de control hacia los riesgos más representativos del laboratorio.

**Figura 3**

*Distribución Porcentual de los Tipos de Riesgo en el Laboratorio de Manufactura Flexible*



**Nota.** Fuente: Elaboración Propia

## 4.2 Instructivos

Los instructivos de seguridad elaborados para la operación de las máquinas en los laboratorios de Fabricación Digital, Industria 4.0 y Manufactura Flexible constituyen una herramienta clave para mejorar la seguridad y reducir los riesgos asociados al uso de los equipos. Estos documentos orientan a los usuarios sobre las prácticas seguras necesarias durante la operación, contribuyendo a generar un ambiente de trabajo más seguro y a prevenir accidentes. Como ejemplo representativo, uno de estos instructivos se encuentra disponible para consulta en el Anexo B del presente trabajo.

## 4.3 Señalización

### 4.3.1 Fabricación Digital

Se desarrolló el plano del laboratorio de Fabricación Digital, donde se representa la distribución espacial de las máquinas, equipos y elementos de seguridad, así como la implementación del sistema de señalización conforme a las normativas vigentes. Se destacan las señales de advertencia y emergencia, ubicadas estratégicamente según el tipo de riesgo identificado en cada zona de trabajo.

Este diseño fue elaborado en AutoCAD y validado con base en los puntos críticos observados durante las inspecciones técnicas. Entre los aspectos relevantes se evidencia una correcta

señalización en áreas con presencia de máquinas y herramientas, zonas con riesgo eléctrico, puntos de evacuación, ubicación de extintores y rutas de escape. Se incluye simbología normalizada de acuerdo con la norma ISO 7010, garantizando claridad y comprensión visual.

La señalética permite mejorar la orientación, reducir la exposición a peligros y facilitar la actuación ante una emergencia.

#### **4.3.2 Industria 4.0**

El plano constituye una herramienta visual clave dentro del sistema de gestión de seguridad, facilitando tanto la capacitación preventiva como el cumplimiento de normas de seguridad ocupacional por parte de los usuarios del laboratorio.

Así, mismo se desarrolló el plano técnico de señalización del laboratorio de Industria 4.0, en el cual se representa la disposición espacial de las señales de seguridad instaladas sobre una de las paredes interiores del laboratorio. Este plano detalla con precisión la ubicación de señales de advertencia, emergencia y salida de evacuación, que fueron colocadas con base en el análisis de riesgos realizado durante la fase diagnóstica del proyecto.

El diseño muestra la relación directa entre los equipos instalados y los tipos de riesgo identificados, reflejando una señalización orientada a alertar a los usuarios sobre peligros específicos (mecánicos, eléctricos, ópticos) y facilitar la actuación en caso de emergencia. Asimismo, se incluye simbología normalizada de acuerdo con la norma ISO 7010, garantizando claridad y comprensión visual.

Este plano forma parte del sistema integral de seguridad implementado en el laboratorio y sirve como guía técnica para el mantenimiento, actualización y capacitación en temas de prevención de riesgos laborales.

#### **4.3.3 Manufactura Flexible**

Se desarrollo el plano general del laboratorio de Manufactura Flexible, en el cual se detalla la distribución física de equipos, estaciones de trabajo y elementos de seguridad, así como la implementación del sistema de señalización diseñado conforme a los estándares técnicos vigentes. La señalización se ha distribuido estratégicamente de acuerdo con los riesgos identificados en cada área, y fue desarrollada bajo normativa ISO 7010, complementada con lineamientos nacionales del Ministerio del Trabajo del Ecuador.

En el plano se identifican claramente zonas de operación de máquinas-herramienta, durómetros, bancos de prueba y áreas de estudio, todas ellas señalizadas con íconos que

advierten sobre riesgos mecánicos, eléctricos, de atrapamiento y de exposición a fuentes térmicas o químicas. Además, se incluye señalización para extintores, salidas de emergencia y rutas de evacuación, asegurando la correcta actuación ante incidentes o siniestros.

Como ejemplo representativo, uno de estos planos se encuentra disponible para consulta en el Anexo C del presente trabajo.

## 5. Discusión

La identificación, evaluación y señalización de riesgos en entornos educativos como los laboratorios universitarios no solo es un requisito técnico, sino una herramienta fundamental para preservar la integridad física de los usuarios y fomentar una cultura preventiva. En este estudio se logró mapear de manera detallada los riesgos presentes en el laboratorio de Fabricación Digital, lo que permitió implementar estrategias de control específicas y contextualizadas a la realidad operativa.

Diversos estudios respaldan la importancia de contar con sistemas estructurados de gestión de riesgos en entornos académicos. Por ejemplo, Lin et al., (2024), en un estudio de caso sobre seguridad en laboratorios universitarios en China, concluyen que una evaluación sistemática de riesgos, acompañada de señalización adecuada y protocolos de seguridad documentados, reduce significativamente la probabilidad de accidentes relacionados con el uso de maquinaria y materiales peligrosos. De manera similar, Bai et al., (2022) en un estudio sobre el estado actual y los desafíos de la seguridad en laboratorios universitarios en China, analizaron 110 accidentes reportados públicamente entre 2000 y 2020. Concluyeron que la implementación simultánea de señalización estandarizada, programas de capacitación continua e inspecciones periódicas redujo notablemente la frecuencia de errores humanos y eventos peligrosos derivados del manejo insuficiente de sustancias químicas.

Así mismo Ayi y Hon, (2018) analizaron el clima de seguridad y el cumplimiento de normas en laboratorios académicos en Canadá. A través de encuestas a usuarios y comparaciones entre laboratorios académicos, gubernamentales e industriales, encontraron que, aunque el 90 % de los participantes valoran la seguridad, solo el 40 % afirmaron que siempre usan equipo de protección personal (EPP) y apenas el 27 % aplica evaluaciones de riesgo antes de comenzar un experimento. Los investigadores concluyeron que mejorar el clima de seguridad requiere señalización clara, evaluación previa de riesgos y protocolos documentados, elementos que pueden aumentar notablemente el cumplimiento y reducir incidentes.

También investigaciones recientes han evidenciado que la señalética eficaz, cuando se integra con la evaluación de riesgos y los protocolos operativos, resulta fundamental para mejorar la seguridad en los laboratorios académicos, Kalteh et al., (2024) analizaron la relación entre "guessability" (capacidad de reconocer correctamente) y características cognitivas de señales de seguridad en laboratorios farmacéuticos, hallando que numerosas señales no fueron correctamente entendidas por los estudiantes, lo que pone en riesgo la intervención oportuna frente a peligros potenciales. Esta investigación subraya la necesidad de que la señalética no solo esté presente, sino que también sea claramente interpretable, y que se acompañe de formación directa para asegurar su efectividad.

En este sentido, la señalización implementada en el presente proyecto no solo cumple una función normativa, sino también pedagógica. Según la norma *ISO 7010* (Símbolos gráficos — Colores de seguridad y señales de seguridad — Señales de seguridad registradas), los elementos gráficos de seguridad permiten una comunicación inmediata del peligro, incluso para personas con diferentes niveles de formación o dominio del idioma. Esto se vuelve especialmente relevante en entornos como los laboratorios académicos, donde la rotación de usuarios es constante.

En síntesis, los resultados obtenidos en este estudio coinciden con la literatura especializada en cuanto a la necesidad de diagnosticar, clasificar y comunicar adecuadamente los riesgos en laboratorios universitarios. Esto permite no solo reducir la ocurrencia de accidentes, sino también crear un entorno de aprendizaje responsable, alineado con estándares nacionales e internacionales en materia de seguridad y salud ocupacional.

## 6. Conclusiones

El desarrollo de este trabajo de titulación permitió evidenciar la importancia de implementar un sistema estructurado de seguridad en los laboratorios de Fabricación Digital, Industria 4.0 y Manufactura Flexible de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Cuenca. Dicha implementación contempló la elaboración de instructivos de uso seguro, el diseño de señalética conforme a normativas vigentes y la construcción de una matriz de riesgos basada en el modelo propuesto por el Ministerio del Trabajo del Ecuador.

En primer lugar, el proceso de identificación, clasificación y caracterización de riesgos permitió constatar la existencia de múltiples peligros asociados al uso de maquinaria, herramientas manuales y equipos automatizados. Mediante un enfoque técnico y adaptado a las condiciones reales del entorno universitario, se logró construir una matriz precisa y funcional que servirá como base para la toma de decisiones preventivas.

Por otra parte, se determinó que la señalización de seguridad, cuando es diseñada y ubicada correctamente, cumple no solo una función normativa, sino también una función pedagógica, ya que orienta a los usuarios y reduce significativamente la probabilidad de errores humanos. Su integración en los procedimientos operativos, instructivos técnicos y planos del laboratorio refuerza el cumplimiento de buenas prácticas y facilita auditorías internas y externas.

El desarrollo de instructivos técnicos específicos para cada máquina o equipo permitió estandarizar los procedimientos de trabajo, estableciendo protocolos claros para las etapas previas, durante y posteriores al uso de los equipos. Estos documentos constituyen un recurso fundamental para los procesos de inducción y fortalecen la cultura preventiva dentro del entorno académico.

Finalmente, se concluye que el trabajo realizado aporta significativamente a la seguridad institucional, y puede ser replicado como herramienta de referencia en otras carreras y universidades interesadas en implementar sistemas similares. El enfoque empleado, al combinar criterios técnicos, normativos y pedagógicos, sienta las bases para el fortalecimiento continuo de la gestión de seguridad ocupacional en contextos educativos.

En este sentido, la señalización propuesta en el presente proyecto no solo cumple una función normativa, sino también pedagógica. Según la norma *ISO 7010* (Símbolos gráficos — Colores de seguridad y señales de seguridad — Señales de seguridad registradas), los elementos gráficos de seguridad permiten una comunicación inmediata del peligro, incluso para personas con diferentes niveles de formación o dominio del idioma. Esto se vuelve especialmente relevante en entornos como los laboratorios académicos, donde la rotación de usuarios es constante.

En síntesis, los resultados obtenidos en este estudio coinciden con la literatura especializada en cuanto a la necesidad de diagnosticar, clasificar y comunicar adecuadamente los riesgos en laboratorios universitarios. Esto permite no solo reducir la ocurrencia de accidentes, sino también crear un entorno de aprendizaje responsable, alineado con estándares nacionales e internacionales en materia de seguridad y salud ocupacional.

## 7. Referencias

- Abdullahi, U. I., Zhang, W., Cao, Y., & Irankunda, G. (2025). Integrating IoT Technology for Fire Risk Monitoring and Assessment in Residential Building Design. *Buildings*, 15(8), 1346. <https://doi.org/10.3390/buildings15081346>
- Ain, M. S. (2013). Biofiber reinforced polymer composites for structural applications. *Developments in Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Composites for Civil Engineering*, 18–53. <https://doi.org/10.1533/9780857098955.1.18>
- Alhorani, R. A. M., Abu Elhajja, W., Bazlamit, S. M., & Ahmad, H. S. (2021). ABET accreditation requirements and preparation: Lessons learned from a case study of Civil Engineering Program. *Cogent Engineering*, 8(1), 1995109. <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1995109>
- Are your safety signs ISO 7010-compliant? ISO 7010 Safety Signs Guide Book Why this Guide? (s/f).*
- Attar, M., Repo, S., Homaei, O., & Siano, P. (2021). Mid-term operational planning of pre-installed voltage regulators in distribution networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 133, 107276. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107276>
- Ayi, H. R., & Hon, C. Y. (2018). Safety culture and safety compliance in academic laboratories: A Canadian perspective. *Journal of Chemical Health and Safety*, 25(6), 6–12. <https://doi.org/10.1016/J.JCHAS.2018.05.002>
- Bai, M., Liu, Y., Qi, M., Roy, N., Shu, C. M., Khan, F., & Zhao, D. (2022). Current status, challenges, and future directions of university laboratory safety in China. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 74, 104671. <https://doi.org/10.1016/J.JLP.2021.104671>
- Bontempi, A., Demarchi, D., & Ros, P. M. (2024). Design of Wireless Power Smart Personal Protective Equipment for Industrial Internet of Things. *IEEE Access*, 12, 79613–79625. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3408915>
- Brno University of Technology Institute of Production Machines Systems and Robotics Brno CZ, F. of M. E., Blecha, P., Marek, J., Brno University of Technology Institute of Production Machines Systems and Robotics Brno CZ, F. of M. E., Blecha, R., Brno University of Technology Institute of Production Machines Systems and Robotics Brno CZ, F. of M. E., Rozehnalova, J., Brno University of Technology Institute of Production Machines Systems and Robotics Brno CZ, F. of M. E., Heinrich, P., KOVOSVIT MAS Machinetools Sezimovo Usti CZ, a. s, Pacher, P., & University of Applied Management Inc. CZ, B. (2022). CNC MACHINE TOOL SAFETY FROM THE ASPECT OF HAZARD PERCEPTION BY OPERATING PERSONNEL. *MM Science Journal*, 2022(3), 5721–5728. [https://doi.org/10.17973/MMSJ.2022\\_10\\_2021123](https://doi.org/10.17973/MMSJ.2022_10_2021123)
- Chi, C.-F., Yang, C.-C., & Chen, Z.-L. (2009). In-depth accident analysis of electrical fatalities in the construction industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(4), 635–644. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2007.12.003>

- Chinniah, Y. (2015a). Analysis and prevention of serious and fatal accidents related to moving parts of machinery. *Safety Science*, 75, 163–173. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2015.02.004>
- Chinniah, Y. (2015b). Analysis and prevention of serious and fatal accidents related to moving parts of machinery. *Safety Science*, 75, 163–173. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2015.02.004>
- Deepak, J. R., Anirudh, R. P., & Saran Sundar, S. (2023). Applications of lasers in industries and laser welding: A review. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2023.02.102>
- Dhankani, K. C., & Pearce, J. M. (2017). Open-source laboratory sample rotator mixer and shaker. *HardwareX*, 1, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2016.07.001>
- Faiz, M. M. U., & Almutairi, M. S. (2021). On the ABET accreditation of academic programs and rankings of universities in Saudi Arabia. *2021 World Engineering Education Forum/Global Engineering Deans Council (WEEF/GEDC)*, 270–276. <https://doi.org/10.1109/WEEF/GEDC53299.2021.9657262>
- Gannouni, N., Wang, J., Rhouma, K. Ben, & Mhamdi, A. (2024). Human health effects associated with occupational and environmental acoustic trauma. *Health Sciences Review*, 12, 100181. <https://doi.org/10.1016/J.HSR.2024.100181>
- González Oneto, H., Moreno Yáñez, Y., & D'Andrea Pincheira, M. (2024). Realidad virtual inmersiva como complemento en la educación odontológica: un proceso de implementación para la docencia. *Educación Médica*, 25(5). <https://doi.org/10.1016/J.EDUMED.2024.100931>
- Hisham, M., Salih, A. E., C, M. S., Catacutan, M. K., Lee, S., & Butt, H. (2024). 4D-printed photochromic contact lenses for ultraviolet monitoring and protection. *Cell Reports Physical Science*, 5(10). <https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2024.102244>
- Hussain, W., Spady, W. G., Khan, S. Z., Khawaja, B. A., Naqash, T., & Conner, L. (2021). Impact Evaluations of Engineering Programs Using ABET Student Outcomes. *IEEE Access*, 9, 46166–46190. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3066921>
- Jaatinen-Värri, A., Honkatukia, J., Uusitalo, A., & Turunen-Saaresti, T. (2024). Centrifugal compressor design for high-temperature heat pumps. *Applied Thermal Engineering*, 239, 122087. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.122087>
- Ji, T., & Xu, X. (2025). Exploring the Integration of cloud manufacturing and cyber-physical systems in the era of industry 4.0 – An OPC UA approach. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 93, 102927. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102927>
- Kalteh, H., Salarian, A., Ramzani, S., Yazdani Cherati, J., Etemadinezhad, S., Kalteh, C. H., Cherati, Y. J., & Assessing, E. S. (2024). Cognitive Sign Features and Guessability of Lab Safety Signs. *Iranian Journal of Health Sciences*, 12(4), 291–304. <https://doi.org/10.32598/ijhs.12.4.667.3>

- Li, C., Yuan, Y., Amyotte, P., Xiao, M., Zheng, W., Bu, Y., Yuan, C., & Li, G. (2021). Friction spark generation and incendivity of several metal alloys. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 70, 104406. <https://doi.org/10.1016/J.JLP.2021.104406>
- Lin, Y., Li, Y., Liao, Z., Deng, M., Lin, Y., Li, Y., Liao, Z., & Deng, M. (2024). Analysis and Management of Laboratory Safety Causes in Universities: A Case Study of J University. *Advances in Applied Sociology*, 14(2), 89–103. <https://doi.org/10.4236/AASOCI.2024.142006>
- Liu, J., Lin, X., Huang, C., Cai, Z., Liu, Z., Chen, M., & Li, Z. (2025). A Study on Path Planning for Curved Surface UV Printing Robots Based on Reinforcement Learning. *Mathematics*, 13(4), 648. <https://doi.org/10.3390/math13040648>
- Lortie, M., & Pelletier, R. (1996). Incidents in manual handling activities. *Safety Science*, 21(3), 223–237. [https://doi.org/10.1016/0925-7535\(95\)00066-6](https://doi.org/10.1016/0925-7535(95)00066-6)
- Ma, G., Yin, X., Zhang, H., Zhao, Y., Ma, L., Zhang, Z., Yuan, X., & Li, W. (2025). Resin curing monitoring method for steel epoxy sleeves using circumferential SH guided waves. *NDT & E International*, 153, 103356. <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2025.103356>
- Mikula, K., Skrzypczak, D., Izydorczyk, G., Warchoń, J., Moustakas, K., Chojnacka, K., & Witek-Krowiak, A. (2021). 3D printing filament as a second life of waste plastics—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(10), 12321–12333. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10657-8>
- Morris, P. J. T. (2021). The history of chemical laboratories: a thematic approach. *Chemtexts*, 7(3), 21. <https://doi.org/10.1007/s40828-021-00146-x>
- Nisa, E. C., Kuan, Y.-D., & Lai, C.-C. (2025). Investigate dual chiller characteristics and improve the performance by integrating machine learning and genetic algorithms. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 148, 110472. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.110472>
- Noboa Azin Daniel. (2025). *decreto ejecutivo 255 - Buscar con Google*. [https://www.google.com/search?q=decreto+ejecutivo+255&rlz=1C1CHBD\\_esEC1120EC1120&oq=decreto+e&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUqBwgBEAAYgAQyBggAEEUYOTIHCAEQABiABDIHCAIQABiABDIGCAMQRRhAMgclBBAAGIAEMgclBRAAGIAEMgclBhAAGIAEMgclBxAAGIAE0gEJNTYwOWowajE1qAllsAIB8QVXECeuFxfhUvg&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=decreto+ejecutivo+255&rlz=1C1CHBD_esEC1120EC1120&oq=decreto+e&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUqBwgBEAAYgAQyBggAEEUYOTIHCAEQABiABDIHCAIQABiABDIGCAMQRRhAMgclBBAAGIAEMgclBRAAGIAEMgclBhAAGIAEMgclBxAAGIAE0gEJNTYwOWowajE1qAllsAIB8QVXECeuFxfhUvg&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- Qi, C., Zou, Q., Cao, Y., & Ma, M. (2024). Hazardous Chemical Laboratory Fire Risk Assessment Based on ANP and 3D Risk Matrix. *Fire*, 7(8), 287. <https://doi.org/10.3390/fire7080287>
- Roffey, D. M., Wai, E. K., Bishop, P., Kwon, B. K., & Dagenais, S. (2010). Causal assessment of workplace manual handling or assisting patients and low back pain: results of a systematic review. *Spine Journal*, 10(7), 639–651. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2010.04.028>

Rohde, & Schwarz. (s/f). *FUNDAMENTOS DE OSCILOSCOPIOS 2 CONTENTS*.

Sandberg, M., Sandberg, K., Pousette, A., & Norén, J. (2020). Sustainability evaluation of timber dwellings in the north of Sweden based on environmental impact and optimization of energy and cost. *Procedia Manufacturing*, 44, 76–83. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.02.207>

Saritha, G., Iswarya, T., Keerthana, D., & Dhaniyath Baig, A. T. (2023). Micro universal testing machine system for material property measurement. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.329>

Schuchert, P., & Karimi, A. (2025). High-precision control of a robotic arm using frequency-based data-driven methods. *Control Engineering Practice*, 155, 106175. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2024.106175>

Shaw, J. (2024). When Should Small Businesses See an ROI on Laser Cutters? *Manufacturing Engineering*, 2, 18–19. [files/120/display.html](https://doi.org/10.1016/j.maneng.2024.100002)

Tian, H., Sun, Y., Chen, C., Zhang, Z., Liu, T., Zhang, T., He, J., & Yu, L. (2024). A novel FMECA method for CNC machine tools based on D-GRA and data envelopment analysis. *Scientific Reports*, 14(1), 26596. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77920-7>

Tian, X., Lv, S., Li, J., Zhang, J., Yu, L., Liu, X., & Xin, X. (2024). Recent advancement in synthesis and modification of water-based acrylic emulsion and their application in water-based ink: A comprehensive review. *Progress in Organic Coatings*, 189, 108320. <https://doi.org/10.1016/J.PORGCOAT.2024.108320>

Tremblay, J.-C. (2018). Safety of machinery in hospitals: An exploratory study in the province of Quebec, Canada. *Safety Science*, 103, 207–217. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.08.018>

Volk, O., & Abriss, M. (1975). INTERIOR FINISHES. *Formulations, Pt 1*, 369–414. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382243-7.00012-7>

Ye, L., Pan, Y., Jiang, J., & Zhang, W. (2014). A numerical study of the auto-ignition temperatures of CH<sub>4</sub>–Air, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>–Air, CH<sub>4</sub>–C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>–Air and CH<sub>4</sub>–CO<sub>2</sub>–Air mixtures. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 29(1), 85–91. <https://doi.org/10.1016/J.JLP.2014.02.005>

Zhang, Y., Yang, Y., Cao, Q., Wang, Y., Fan, J. N., Chen, H., Wang, X., Wang, F., Zhou, Y., & Quan, M. (2024). Distribution of oil mist particles and air quality improvement in the working area of the cutting workshop. *Journal of Hazardous Materials*, 480, 135812. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2024.135812>






Zhang, Z., Westerhoff, P., & Herckes, P. (2024). Evaluation of Potential Occupational Exposure and Release of Nanoparticles in Semiconductor-Manufacturing Environments. *Atmosphere*, 15(3), 301. <https://doi.org/10.3390/atmos15030301>

Zuo, K., Wu, Z., Zhao, C., & Liu, H. (2024). A Historical Study on the Scientific Attribution of Biosafety Risk Assessment in Real Cases of Laboratory-Acquired Infections. *Laboratories*, 1(2), 87–102. <https://doi.org/10.3390/laboratories1020007>

**8. Anexos**

**Anexo A**

Máquinas y herramientas disponibles en los Laboratorios

Laboratorio	Equipo	Fotografía
Fabricación Digital	Chiller	
Fabricación Digital	CNC Router	
Fabricación Digital	Cortadora Laser Nextion	
Fabricación Digital	Cortadora Laser Ayncubic	
Fabricación Digital	Esmeril Stanley	

<p>Fabricación Digital</p>	<p>Fibra Laser JPT</p>	
<p>Fabricación Digital</p>	<p>Gafas Virtuales Meta</p>	
<p>Fabricación Digital</p>	<p>Impresora de Filamento Bambulab</p>	
<p>Fabricación Digital</p>	<p>Impresora de Filamento Elego</p>	
<p>Fabricación Digital</p>	<p>Impresora de Filamento Prusa</p>	
<p>Fabricación Digital</p>	<p>Impresora de Resina</p>	

<p>Fabricación Digital</p>	<p>Curador de Resina</p>	
<p>Fabricación Digital</p>	<p>Impresora UV Mimage</p>	
<p>Fabricación Digital</p>	<p>Taladro de Banco</p>	
<p>Fabricación Digital</p>	<p>Taladro Eléctrico</p>	
<p>Fabricación Digital</p>	<p>Taladro Inalámbrico</p>	
<p>Industria 4.0</p>	<p>Brazo Robótico Wkata</p>	

<p>Industria 4.0</p>	<p>Impresora de Filamento Ender</p>	
<p>Industria 4.0</p>	<p>Impresora de Filamento Vyper</p>	
<p>Industria 4.0</p>	<p>Termo Formadora Vacucu 3D</p>	
<p>Manufactura Flexible</p>	<p>Brazo Robótico Mitsubishi</p>	
<p>Manufactura Flexible</p>	<p>Compresor</p>	
<p>Manufactura Flexible</p>	<p>Durómetro</p>	

<p>Manufactura Flexible</p>	<p>Fresadora Boxford</p>	
<p>Manufactura Flexible</p>	<p>Máquina Universal</p>	
<p>Manufactura Flexible</p>	<p>Mezclador Gunt</p>	
<p>Manufactura Flexible</p>	<p>Osciloscopio</p>	
<p>Manufactura Flexible</p>	<p>Regulador de Voltaje Eventek</p>	
<p>Manufactura Flexible</p>	<p>Torno Boxford</p>	

**Anexo B**

Instructivo de la Cortadora Laser Anycubic

# UCUENCA

## INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD PARA EL USO Y MANEJO DE LA CORTADORA DE LÁSER ANYCUBIC

**1. Objetivo:**

- Reducir los riesgos presentes en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Industrial (Fabricación Digital, Industria 4.0 y Manufactura Flexible), garantizando un uso seguro y eficiente de las máquinas y herramientas disponibles.

**2. Responsable:**

Usuario de la Máquina o equipo.

**3. Definiciones:****Actos Inseguros:**

Son acciones negligentes en inobservancia de procedimientos estándares de trabajo seguro.

**Chiller:**

Responsable de producir agua fría para disipar el calor de la carga.

**Condiciones Inseguras:**

Son características del ambiente de trabajo, conformado por el espacio físico, herramientas, estructuras, equipos y materiales en general, que incumplen con los requisitos establecidos

para ser seguros y por tal motivo conllevan un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores.

### **Cortadora Laser:**

Las cortadoras láser se han convertido en una herramienta esencial para las pequeñas y medianas empresas (PYME) gracias a su eficiencia y productividad. Estas máquinas tienen una amplia gama de usos, permitiendo a las empresas cortar metal, papel, tela, madera y otros materiales. Gracias a las continuas mejoras técnicas, las PYME pueden satisfacer mejor a los clientes con diseños complejos y cortes precisos.

### **Equipo de Protección Personal (EPP):**

Se define como cualquier dispositivo o accesorio que los empleados deben usar para protegerse de una o más amenazas que podrían poner en peligro la seguridad laboral. El EPP es una categoría amplia que incluye diversas herramientas y equipos diseñados para reducir los efectos de diversos riesgos, como los ergonómicos, físicos, químicos y biológicos. Estos instrumentos especializados son esenciales para establecer un entorno seguro.

### **Factor de Riesgo:**

Es el elemento agresor o conjunto de ellos que, estando presente en las condiciones de trabajo, puede aumentar la probabilidad de ocurrencia de un accidente, incidente de trabajo o enfermedad profesional.

### **Medidas de Prevención:**

Son acciones que se adoptan con el fin de evitar o disminuir los riesgos laborales, dirigidas a proteger la salud y seguridad de los trabajadores dentro del ejercicio de su jornada laboral.

### **Peligro:**

Es la amenaza, fuente, situación, condición o características que potencialmente pongan en riesgo la vida, afectar la seguridad y salud de los trabajadores, así como la infraestructura o el entorno.

### **Riesgo de Absorción de polvos y humos:**

Este riesgo es originado al momento de realizar el corte del material, también debido a la falta o falla de un sistema de ventilación y absorción, esta se puede agravar si no se usa el equipo de protección personal.

### **Riesgo de cortes por objetos afilados:**

Se da por materiales, residuos y partes de la cortadora con bordes afilados, la manipulación inadecuada de estos elementos puede provocar cortes, perforaciones o heridas en las manos y otras partes del cuerpo, aumentando el riesgo de infecciones o accidentes más graves.

**Riesgo de fracturas por aplastamiento:**

Se da por manipulación de partes y materiales pesados, por caídas de objetos, por una manipulación inadecuada al momento de abrir o cerrar la puerta de la cortadora. Este tipo de accidente puede ocasionar lesiones graves en manos, pies y extremidades, comprometiendo la integridad ósea y muscular del operador.

**Riesgo de Golpes:**

Este se da por la caída de objetos al momento de cambiar o retirar los materiales de la cortadora. También se pueden dar golpes contra objetos por falta de orden y limpieza en el lugar de trabajo y zonas de paso. Por atropellos de equipos móviles y choques al ir despistado al caminar.

**Riesgo de Incendio y explosiones:**

Pueden ser provocados por encender fuegos en el lugar de trabajo, instalaciones eléctricas defectuosas o sobrecargadas. Uso de sustancias inflamables o combustibles en el puesto de trabajo. Almacenamiento en conjunto de diferentes sustancias inflamables.

**Riesgo de Irritación Ocular:**

Este riesgo se genera debido a la explosión prolongada a la luz del láser, así como la emisión de partículas finas y vapores que se generan durante el corte de los materiales. La falta de protección visual adecuada puede provocar esta molestia.

**Riesgo de Ruido:**

Esto se debe al ruido emitido por la cortadora. También al ruido externo que existe en el exterior del laboratorio, así como al ruido provocado por los Sistemas de ventilación, climatización, extracciones localizadas en el área de trabajo. La falta del uso de equipos de protección personal como orejeras o tapones auditivos puede agravar este riesgo.

**Riesgo de Quemaduras:**

Por la manipulación de partes u objetos calientes, por la proyección de chispas o material incandescente al momento del corte.

**Riesgo Eléctrico:**

Se da por conexiones defectuosas sobrecargas en el sistema eléctrico y manipulación inadecuada de dispositivos energizados. Este riesgo puede provocar descargas eléctricas, cortocircuitos, incendios o daños en los equipos. La exposición a corriente eléctrica sin las debidas precauciones puede generar desde lesiones leves hasta accidentes graves, como quemaduras, fibrilación cardiaca o incluso electrocución.

**Riesgo Ergonómico:**

El uso de la cortadora láser presenta un riesgo ergonómico debido a posturas inadecuadas, movimientos repetitivos y la manipulación de materiales. La falta de una altura adecuada del equipo, la necesidad de inclinarse o levantar objetos pesados y la exposición prolongada a vibraciones y ruido.

**Riesgo por caídas de objetos:**

Se da por la manipulación y posicionamiento incorrecto de los materiales que se utilizan para los cortes. Este tipo de riesgo puede ocasionar golpes, fracturas, lesiones en extremidades y daños en los equipos.

**4. Desarrollo:****4.1. Medidas preventivas:**

- a. Inspeccionar el material antes del corte (Evitar PVC y materiales con cloro). También verificar que el material no tenga impurezas o recubrimientos peligrosos.
- b. Verificar la calibración y limpieza del equipo: Asegurar que el enfoque del láser es el correcto.
- c. Configurar correctamente la potencia y velocidad: Ajustar los parámetros según el material para evitar quemaduras o daños en el equipo.
- d. Asegurarse que las conexiones eléctricas estén en condiciones adecuadas.
- e. Una vez que la maquina este trabajando se debe mantener cerrada la puerta de la misma.
- f. Mantener una ventilación Adecuada: Por ejemplo un extractor de humos para evitar acumulación de humos o polvos peligrosos, ademas verificar que los filtros del mismo esten limpios y funcionando correctamente.
- g. Mantener un área de trabajo ordenada y libre de materiales inflamables: Retirar solventes, aerosoles y otros productos inflamables cercanos.
- h. Capacitar a los operadores en los procedimientos de emergencia en caso de incendio o una falla de la máquina.

- i. Uso equipos de protección personal: Gafas, Guantes, Mascarilla y Mandil.

#### **4.2. Errores a Evitar:**

- a. Modificar el diseño de fabricación de la máquina.
- b. Uso de materiales prohibidos: Como PVC, fibra de vidrio, poliestireno, estos generan gases tóxicos y corrosivos.
- c. No supervisar el funcionamiento de la máquina.
- d. Descuido del mantenimiento de la máquina: Puede provocar fallos.
- e. No verificar la ventilación: Puede generar acumulación de humos peligrosos.
- f. Utilizar configuraciones incorrectas: El exceso de potencia puede quemar el material y causar incendios.
- g. Abrir la tapa de la máquina mientras está en uso: Esto puede provocar la expansión de humos y polvos en el entorno de trabajo.

#### **4.3. Procedimiento:**

##### **Antes:**

- a. Revisar que el botón de seguridad este desactivado (si esta activado girar el mismo al lado que indica la flecha presente en dicho botón para desactivarlo).
- b. Verificar que el sistema de Ventilación este activado.
- c. Si es el primer uso verificar que la maquina este conectada a una fuente de 220 voltios para evitar una sobrecarga eléctrica.
- d. Verificar que el Chiller este encendido.
- e. Verificar que la tapa de la cortadora no tenga ningún daño.
- f. Revisar que la cama de la cortadora este limpia y sin ningún tipo de residuo.
- g. Revisar que la boquilla del láser no este sucio, en caso de que este sucio limpiar con un paño.
- h. Verificar que el material este en el área útil de la cortadora.
- i. Usar los equipos de protección personal (EPP).

##### **Durante.**

- a. Verificar constantemente los parámetros de corte.
- b. No abrir la tapa mientras la máquina está en uso, para evitar la propagación de humos y polvos en el entorno de trabajo.
- c. No ingresar ninguna parte del cuerpo en la zona de maquinado de la cortadora.

- d. Esperar que la cortadora termine de hacer el trabajo completamente para retirar el material trabajado.
- e. No ingerir alimentos ni bebidas en el área de trabajo.

### **Después.**

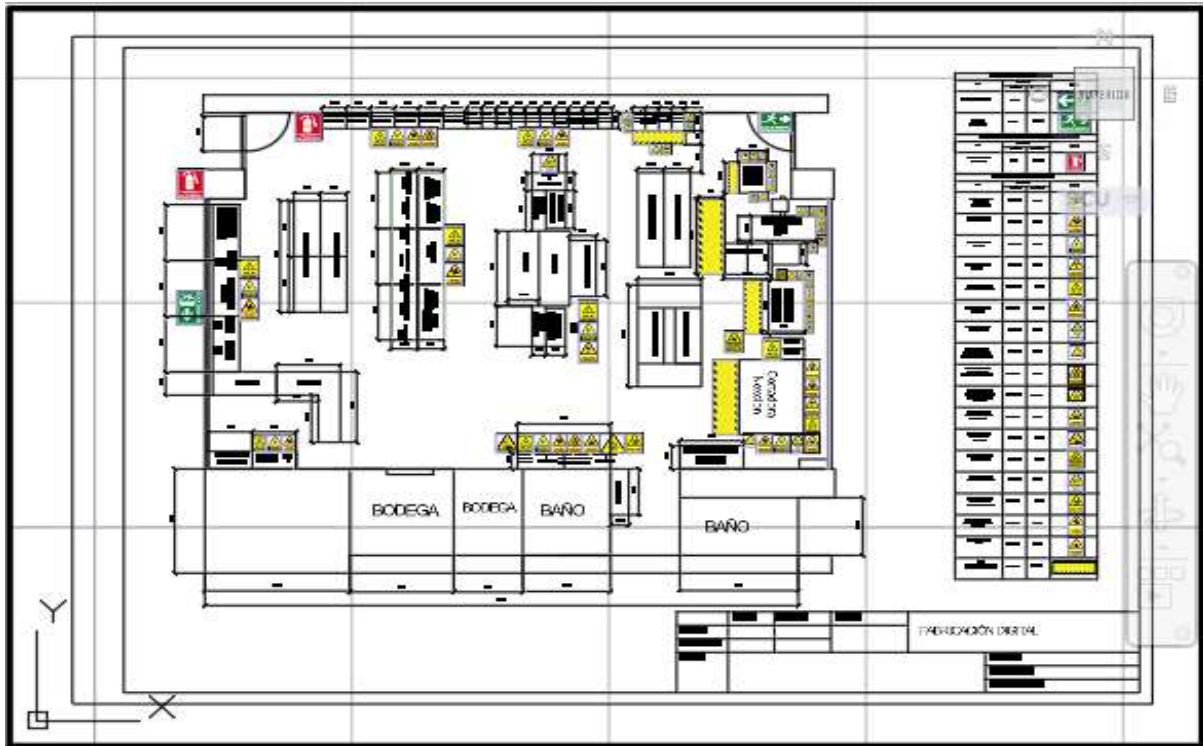
- a. Retirar el sobrante del material usado.
- b. Limpiar con una brocha la cama de la cortadora.
- c. Apagar la cortadora.
- d. Activar el Botón de Emergencia.
- e. Apagar el sistema de ventilación.
- f. Apagar el Chiller.

### **5. Referencias**

- 1] Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores. Decreto Ejecutivo 255.
- [2] Bontempi, A., Demarchi, D., & Ros, P. M. Design of Wireless Power Smart Personal Protective Equipment for Industrial Internet of Things.
- [3] Shaw, J. When Should Small Businesses See ROI on Laser Cutters? Manufacturing Engineering.

### **Anexo C**

Plano del Laboratorio de Fabricación Digital.



**Anexo D**

Matriz de Evolución de Riesgos emitida por el Ministerio del Trabajo del Ecuador

FORMA DE INNOVACIÓN DE SERVICIO N° 238											
Área/Unidad de trabajo/Unidad de Subgerencia de Calidad Ambiental que ejecutará actividades en el área		Supergerencia: Subgerencia de Calidad Ambiental					ACTIVIDADES RESPONDEDE GRUPO: Círculo de mejoras propuestas a sustentarlas permanentemente dentro del área de trabajo.				
N° de indicadores existentes: 0		N° total de indicadores en el área de trabajo: 0					N° de indicadores nuevos de calidad: 0				
N° de procesos con Documentos: 0		N° de Documentos: 0									
CEN	DESCRIPCION	HE (U)	HE (S)	HE (E)	MP (M) (U)	Tipo de costo		ACTIVO	MEDIDAS PREVENTIVAS	RESPONSABLE	
						NO IMPEN	IMPEN				
01	Estado de avance de actividades	1	2	0	0	0	0	0	*Cambiar el avance de las actividades en el área de trabajo. *Seguimiento de los avances. *Revisión de los avances. *Revisión de los avances.	*Revisión de los avances de las actividades. *Revisión de los avances de las actividades. *Revisión de los avances de las actividades.	Subgerencia de Calidad Ambiental
02	Avance de actividades (en relación a la meta de trabajo y presupuesto)	1	1	0	0	0	0	0	*Cambiar el avance de las actividades en el área de trabajo. *Seguimiento de los avances. *Revisión de los avances.	*Revisión de los avances de las actividades. *Revisión de los avances de las actividades. *Revisión de los avances de las actividades.	
03	Avance de actividades (en relación a la meta de trabajo y presupuesto)	1	1	0	0	0	0	0	*Cambiar el avance de las actividades en el área de trabajo. *Seguimiento de los avances. *Revisión de los avances.	*Revisión de los avances de las actividades. *Revisión de los avances de las actividades. *Revisión de los avances de las actividades.	
04	Avance de actividades (en relación a la meta de trabajo y presupuesto)	1	1	0	0	0	0	0	*Cambiar el avance de las actividades en el área de trabajo. *Seguimiento de los avances. *Revisión de los avances.	*Revisión de los avances de las actividades. *Revisión de los avances de las actividades. *Revisión de los avances de las actividades.	
Nombres de responsables		Nombres de responsables					NOMBRES RESPONSABLES				
1- Asesoría		00					00				
2- Asesoría		00					00				
3- Asesoría		00					00				
4- Asesoría		00					00				
5- Asesoría		00					00				

Firma