



## PERFIL DE PLAN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Quito – Ecuador, agosto del 2024

## PROPIEDAD DEL PLAN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

**Tema de Proyecto de Investigación:**

Implementación de un módulo de producción con tecnología de impresión 3D por estereolitografía (SLA) para la evaluación del acabado superficial de piezas impresas en el laboratorio de simulación del Instituto Superior Universitario Central Técnico

**Apellidos y nombres del estudiante:**

Guezo Orozco Kevin Jonathan

**Carrera:**

Tecnología en Mecánica Industrial

**Fecha de presentación:**

02/08/2024

Quito, 02 de Agosto del 2024

Firma del Director del Trabajo de Investigación

## 1.- Tema de investigación

Implementación de un módulo de producción con tecnología de impresión 3D por estereolitografía (SLA) para la evaluación del acabado superficial de piezas impresas en el laboratorio de simulación del Instituto Superior Universitario Central Técnico

## 2.- Problema de investigación

La impresión 3D por estereolitografía (SLA) es una técnica ampliamente utilizada en la manufactura aditiva debido a su capacidad para producir piezas con alta precisión y excelente calidad superficial. Sin embargo, para garantizar un acabado óptimo, es fundamental un adecuado proceso de posprocesamiento, específicamente en la etapa de limpieza posterior a la impresión.

En el Instituto Superior Universitario Central Técnico no se cuenta actualmente con un módulo de impresión por resina que permita estudiar el impacto del posprocesamiento sobre las características superficiales de las piezas. La limpieza es una etapa crítica que influye directamente en la rugosidad, aspecto estético y propiedades funcionales de las piezas impresas. Dependiendo del método utilizado —como agua, alcohol al 70% o alcohol al 95%— se pueden obtener superficies con distinta calidad, afectando la adhesión de capas residuales y la eficiencia del curado posterior.

Este proyecto busca implementar un módulo de impresión SLA en el laboratorio de simulación, con el objetivo de evaluar la influencia del método de limpieza sobre el acabado superficial de piezas impresas, manteniendo constantes las demás condiciones del proceso (resina, parámetros de impresión, curado, temperatura ambiente y geometría de las piezas). Esto permitirá identificar el método de limpieza más eficiente para asegurar un acabado de calidad, aplicable tanto a contextos

académicos como industriales.

## 2.1.- Definición y diagnóstico del problema de investigación

El proceso de impresión por SLA consta de cinco etapas principales:

1. Diseño CAD del modelo 3D
2. Slicing y configuración de impresión
3. Impresión capa por capa mediante fotopolimerización con luz UV
4. Limpieza de la pieza impresa para remover resina residual
5. Post-curado UV para estabilizar propiedades mecánicas

Entre estas etapas, la limpieza es determinante para la calidad del acabado superficial. Si esta fase no se realiza correctamente, pueden quedar restos de resina no curada que afecten el curado posterior, generen defectos estéticos y comprometan la funcionalidad de la pieza.

La presente investigación se centrará exclusivamente en la etapa de limpieza, comparando tres métodos comunes:

- Limpieza con agua
- Limpieza con alcohol isopropílico al 70%
- Limpieza con alcohol isopropílico al 95%

Todas las demás variables del proceso —tipo de resina, geometría del modelo, altura de capa, temperatura ambiente, duración del curado y fuente UV— se mantendrán constantes, con el fin de aislar el efecto del método de limpieza sobre la rugosidad superficial.

Si bien la ciudad de Quito, donde se realizará la investigación, presenta una altitud de 2850 msnm y temperaturas promedio entre 9 °C y 19 °C, estas condiciones se mantendrán constantes durante el estudio y no serán objeto de análisis, aunque si se considerarán como contexto operativo.

## 2.2.- Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto del método de limpieza (agua, alcohol al 70%, alcohol al 95%) en la rugosidad superficial de piezas impresas por estereolitografía (SLA), manteniendo constantes las demás variables del proceso?

## 3.-Objetivos de la investigación

### 3.1.- Objetivo General

Implementar un módulo de impresión 3D por estereolitografía (SLA) en el laboratorio de simulación para evaluar la influencia del método de limpieza en el acabado superficial de las piezas impresas.

### 3.2.- Objetivos Específicos

- Aplicar los pasos técnicos del proceso de impresión SLA, estandarizando todas las variables salvo el método de limpieza.
- Comparar los resultados de rugosidad superficial obtenidos tras limpieza con agua, alcohol al 70% y alcohol al 95%.
- Evaluar los acabados mediante medición de rugosidad ( $R_a$ ,  $R_z$ ), conforme a la norma ISO 4287.
- Establecer el método de limpieza más adecuado para lograr superficies con menor rugosidad y mayor calidad estética.
- Proponer un protocolo de limpieza estandarizado para el laboratorio de simulación.

## 4.- Justificación

El proceso de posprocesamiento en la impresión por resina, particularmente la

limpieza, juega un rol crucial en la obtención de piezas funcionales, precisas y con buena estética. A pesar de su importancia, muchas veces se subestima el efecto que tiene el método de limpieza sobre la calidad final del producto.

Este estudio tiene como objetivo generar evidencia técnica sobre cómo influye cada tipo de limpieza (agua, alcohol al 70% y al 95%) en el acabado superficial. La evaluación se realizará bajo condiciones controladas, asegurando que otras variables (parámetros de impresión, tipo de resina, curado UV y temperatura) se mantengan constantes.

Aunque Quito presenta condiciones ambientales particulares —como altitud y temperaturas promedio relativamente bajas— estas serán mantenidas estables durante todo el estudio. Lo importante es garantizar que el análisis se enfoque específicamente en la variable de limpieza.

Los resultados permitirán estandarizar procedimientos de posprocesamiento para obtener acabados de alta calidad, transfiriendo este conocimiento al entorno educativo y eventualmente al industrial.

## 5.- Estado del Arte

La estereolitografía (SLA) es una de las tecnologías de impresión 3D que ofrece mejores resultados en cuanto a resolución y precisión dimensional. Sin embargo, para garantizar un producto final de calidad, el posprocesamiento es fundamental, especialmente la etapa de limpieza.

Según Roldán (2021), la limpieza inadecuada puede dejar residuos de resina que, al no eliminarse por completo, generan superficies pegajosas, con porosidades o irregularidades. Estas afectan no solo la estética, sino también el curado posterior y las propiedades mecánicas del material.

Rodrigo (2021) indica que, aunque el alcohol isopropílico es el solvente más utilizado para esta tarea, su concentración tiene un efecto directo en la eficiencia de remoción. El alcohol al 95% es más agresivo y efectivo, pero también más volátil y costoso; mientras que el alcohol al 70% puede ser suficiente para piezas pequeñas

o con menor detalle.

En entornos con temperatura ambiente moderadamente baja (como en Quito), la evaporación de estos solventes puede verse afectada, aunque este aspecto no será el foco del presente estudio. La literatura sugiere que, en condiciones controladas, se puede aislar la variable de limpieza y medir su impacto directo sobre parámetros de rugosidad superficial, conforme a la norma ISO 4287 (Bernat, 2017).

## 6.- Temario Tentativo

1 Título del artículo

2 Resumen

3 Introducción

3.1 Contexto general de la manufactura aditiva (enfoque en SLA)

3.2 Importancia del posprocesamiento y limpieza en la calidad final

3.3 Identificación del vacío de conocimiento (impacto del método de limpieza sobre la rugosidad)

3.4 Formulación del objetivo de la investigación

3.5 Pregunta de investigación e hipótesis

4 Materiales y Métodos

4.1 Equipamiento utilizado (impresora SLA, tipo de resina, curado UV)

4.2 Preparación de las piezas (geometría, número de muestras)

#### 4.3 Métodos de limpieza aplicados:

##### 4.3.1 Limpieza con agua

##### 4.3.2 Limpieza con alcohol isopropílico al 70%

##### 4.3.3 Limpieza con alcohol isopropílico al 95%

#### 4.4 Control de variables constantes:

##### 4.4.1 Parámetros de impresión

##### 4.4.2 Tiempo e intensidad de curado

##### 4.4.3 Condiciones ambientales en laboratorio (Quito, 2850 msnm, 9–19 °C)

#### 4.5 Medición del acabado superficial (rugosidad Ra, Rz; norma ISO 4287)

#### 4.6 Diseño experimental y análisis estadístico

### 5 Resultados

#### 5.1 Promedios de rugosidad obtenidos por método de limpieza

#### 5.2 Tablas y gráficos comparativos

#### 5.3 Fotografías representativas del acabado superficial

#### 5.4 Análisis estadístico de diferencias entre tratamientos

## 6 Discusión

6.1 Interpretación técnica de los resultados.

6.2 Comparación con investigaciones previas (estado del arte)

6.3 Implicaciones para aplicaciones industriales o educativas

6.4 Limitaciones del estudio (e.g., tipo de resina, instrumento de medición)

6.5 Recomendaciones para futuras investigaciones

## 7 Conclusiones

7.1 Síntesis de hallazgos más relevantes

7.2 Recomendación del método de limpieza más eficaz

7.3 Aplicaciones prácticas del estudio en contextos de formación técnica

## 8 Referencias bibliográficas

## 9 Anexos

### 7.- Diseño de la investigación

#### 7.1.- Tipo de investigación

EN FUNCION A SU PROPOSITO	
Teórica	<input type="checkbox"/>
Aplicada	<input checked="" type="checkbox"/>
Tecnológica	<input type="checkbox"/>
Aplicada científica	<input type="checkbox"/>

NIVEL DE MADUREZ TECNOLOGICA	ORIENTACION 1	ORIENTACION 2	ORIENTACION 3	ORIENTACION 4
<input type="checkbox"/> TRL 1: Idea básica. Minima disponibilidad.	Investigación	Entorno de laboratorio	Pruebas de laboratorio y simulación	Prueba de concepto
<input type="checkbox"/> TRL 2: Concepto o tecnología formulados.				
<input checked="" type="checkbox"/> TRL 3: Prueba de concepto.				
<input type="checkbox"/> TRL 4: Componentes validados en laboratorio.				
<input type="checkbox"/> TRL 5: Componentes validados en entorno relevante.	Desarrollo	Entorno de simulación	Ingeniería a escala 1/10 < Escala < 1	Prototipo y demostración
<input checked="" type="checkbox"/> TRL 6: Tecnología validada en entorno relevante.				
<input type="checkbox"/> TRL 7: Tecnología validada en entorno real				
<input type="checkbox"/> TRL 8: Tecnología validada y certificada en entorno real.	Innovación	Entorno real	Escala real = 1	Producto comercializable y certificado
<input type="checkbox"/> TRL 9: Tecnología disponible en entorno real. Máxima disponibilidad.				

POR SU NIVEL DE PROFUNDIDAD	POR LOS MEDIOS PARA OBTENER LOS DATOS	
Exploratoria	<input type="checkbox"/>	Documental <input type="checkbox"/>
Descriptiva	<input checked="" type="checkbox"/>	De campo <input checked="" type="checkbox"/>
Explicativa	<input type="checkbox"/>	Laboratorio <input checked="" type="checkbox"/>
Correlacional	<input type="checkbox"/>	
POR LA NATURALEZA DE LOS DATOS	SEGÚN EL TIPO DE INFERENCIA	
Cualitativa	<input type="checkbox"/>	Deductivo <input checked="" type="checkbox"/>
Cuantitativa	<input checked="" type="checkbox"/>	Hipotético <input type="checkbox"/>

<b>POR EL GRADO DE MANIPULACION DE VARIABLES</b>		Inductivo	<input type="checkbox"/>
Experimental	<input type="checkbox"/>	Analítico	<input type="checkbox"/>
Cuasiexperimental	<input type="checkbox"/>	Sintético	<input type="checkbox"/>
No experimental	<input checked="" type="checkbox"/>	Estadístico	<input type="checkbox"/>

## 7.2.- Métodos de investigación

Para alcanzar los objetivos planteados, se empleará un diseño experimental con enfoque cuantitativo. Las actividades se desarrollarán en el laboratorio de simulación del Instituto Superior Universitario Central Técnico, utilizando una impresora 3D por estereolitografía (SLA).

**Investigar tecnologías modernas que puedan acelerar el proceso de impresión sin comprometer la calidad.**

Se realizará una revisión bibliográfica y técnica sobre equipos SLA y sus parámetros, priorizando aquellos disponibles institucionalmente o de acceso comercial local.

**Conocer los parámetros de impresión por resina tales como la exposición a la luz, tiempo de colado y altura de capas.**

Se definirán y fijarán los parámetros de impresión basados en las recomendaciones del fabricante de la resina. Se mantendrán constantes para asegurar uniformidad en todas las muestras.

**Analizar el flujo de trabajo actual dirigido a la toma de medidas óptimas para el desarrollo operativo ideal del personal técnico industrial.**

Se levantará información del flujo actual y se propondrá un protocolo técnico que incluya el proceso de impresión, limpieza y curado.

**Considerar un examen exhaustivo sobre los parámetros de rugosidad y exposición a los rayos UV.**

Se imprimirán muestras idénticas y se someterán a tres métodos de limpieza (agua,

alcohol al 70% y 95%). Posteriormente se evaluará su rugosidad superficial conforme a la norma ISO 4287.

### 7.3.- Técnicas de recolección de la información

Para esta investigación, se aplicarán las siguientes técnicas de recolección de información, seleccionadas por su pertinencia al enfoque técnico-experimental del estudio:

#### **Observación directa (técnica ocular)**

Se utilizará durante el proceso de impresión, limpieza y curado para identificar visualmente diferencias en la apariencia superficial de las piezas, residuos de resina no removida, deformaciones o irregularidades. Esta observación será sistemática y se documentará fotográficamente para apoyar el análisis comparativo.

#### **Revisión analítica (técnica documental)**

Se realizará el análisis de normas técnicas (como la ISO 4287), fichas técnicas de resinas y manuales de operación de la impresora SLA. Esta técnica permitirá establecer parámetros de referencia válidos para la configuración de impresión, curado y evaluación.

#### **Prueba selectiva (técnica física-experimental)**

Se imprimirán piezas con las mismas condiciones técnicas, variando únicamente el método de limpieza (agua, alcohol al 70% y 95%). Posteriormente, se utilizará un rugosímetro disponible en el Instituto Superior Universitario Central Técnico para medir parámetros de rugosidad superficial como Ra y Rz, de forma cuantitativa y objetiva. Los resultados serán comparados y tabulados para determinar el método de limpieza más eficiente.

## 8.- Marco administrativo

### 8.1.- Cronograma

Semana	Actividad
1	Revisión de literatura y normativa técnica (ISO 4287, fichas de resina, SLA)
2	Definición del diseño experimental y protocolo de trabajo
3	Entrevistas técnicas con docentes y personal del laboratorio
4	Preparación de archivos CAD y configuración de impresión
5	Impresión de piezas (fase 1 – preparación del lote de prueba)
6	Aplicación del primer método de limpieza: agua
7	Aplicación del segundo método de limpieza: alcohol al 70%
8	Aplicación del tercer método de limpieza: alcohol al 95%
9	Post-curado UV estandarizado de todas las piezas
10	Medición de rugosidad con rugosímetro del Instituto
11	Tabulación de datos y análisis comparativo
12	Redacción del informe tipo <i>paper</i> (resultados, discusión y conclusiones)

### 8.2.- Recursos

La investigación consta de la participación de diversos elementos que conforman la realización de dicha investigación, los recursos humanos, económicos, institucionales que sobresalen en su elaboración. Donde cada uno de estos factores son puntos claves en el análisis de resultados y los procedimientos a seguir. Así como las normas de utilización que hacen referencia a la seguridad que se debe tener dentro del taller de comulación.

#### Recursos humanos

En este proyecto se vieron involucrados personas las cuales brindan un papel significativo dentro del desarrollo de la investigación tales como:

- Tutor del proyecto
- Estudiante de la carrera de tecnología en Mecánica Industrial

### **Recursos económicos**

El proyecto de investigación consta de diversos recursos económicos que conlleva a su elaboración, realizando los diferentes análisis y observaciones pertinentes en la implementación en el taller de simulación

#### **8.2.1.-Talento humano**

**Tabla 1.**

*Participantes en el proyecto de investigación.*

Nº	Participantes	Rol a desempeñar en el proyecto	Carrera
1	Gruézo:Orozco Kevin Jonathan	Tesista	Tecnología en Mecánica industrial
2	Ing.: Daniel Casaliglia	Tutor	Tecnología en Mecánica industrial

Nota: la siguiente tabla cuenta con el registro de personas a cargo del proyecto de investigación desarrollado

#### **8.2.2.- Materiales y Costos**

Los materiales y equipos utilizados se detallan a continuación detallados en la tabla 2

**Tabla 2.**

*Recursos materiales requeridos para el desarrollo del proyecto de investigación.*

Ítem	Recursos Materiales requeridos	Costos.U	Unida d	Sub.Total
1	Impresora	500\$	1	500\$
2	Secadora	130\$	1	130\$
3	Resina	80\$	1	80\$
4	Copias	50\$	1	50\$
5	Mesa	40\$	1	40\$
			total	800\$

Nota: la siguiente tabla muestra los materiales utilizados para su implementación

dentro del taller de simulación

### 8.3.- Fuentes de información

#### Bibliografía

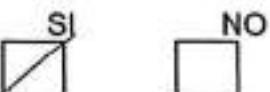
- Araque, D. (22 de 05 de 2016). *TECH*. Obtenido de TECH: impresora3d.tech/resina-dlp-impresion-3d/
- Araujo, M. (09 de 05 de 2023). *H3D*. Obtenido de H3D: <https://h3d.com.ar/impresoras/impresion-3d-con-resina-que-es-msla/>
- Cevilla, A. e. (25 de 06 de 2024). *Formlabs*. Obtenido de Formlabs: <https://formlabs.com/latam/blog/guia-definitiva-estereolitografia-sla-impresion-3d/>
- Sevilla, M. P. (05 de Agosto de 2024). *Pistas Educativas*. Obtenido de Pistas Educativas: [https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/9171/Perez-Manual\\_impresion\\_3D\\_resina\\_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/9171/Perez-Manual_impresion_3D_resina_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Perdomo, A. H.-J. (2019). *Determinación de los parámetros de corte en función de la fatiga de resina MSL*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/53090/191007%20Hern%C3%A1ndez-Perdomo-Ruge%20-%20Andrea%20Hernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, L. (03 de Junio de 2015). *Estudio de la influencia de los parámetros de corte en la integridad superficial y las desviaciones durante el fresado del acero AISI 1010*. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/item/v28n4/0379-3982-item-28-04-00026.pdf>

**ESTUDIO DE PERFIL DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO****CARRERA:***Mecánica Industrial***FECHA DE PRESENTACIÓN:** 15 - Julio - 2025**APELLIDOS Y NOMBRES DEL / LOS EGRESADOS:** *Gómez Orozco Hernán Jonathan***TÍTULO DEL PROYECTO:** *Implementación de un modelo de producción con tecnología**de impresión 3D por esterilización SIA para la elaboración del acabado superficial***ÁREA DE INVESTIGACIÓN:****LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:****PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA****DE INVESTIGACIÓN:**

- OBSERVACIÓN Y DESCRIPCIÓN
- ANÁLISIS
- DELIMITACIÓN.

**CUMPLE****NO CUMPLE****PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS:****GENERALES:**

REFLEJA LOS CAMBIOS QUE SE ESPERA LOGRAR CON LA INTERVENCIÓN DEL PROYECTO

**ESPECÍFICOS:**

GUARDA RELACIÓN CON EL OBJETIVO GENERAL PLANTEADO



**PERFIL DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**Aceptado Negado 

el diseño de investigación por las siguientes razones:

- a) .....
- .....
- .....
- b) .....
- .....
- .....
- c) .....
- .....
- .....

**ESTUDIO REALIZADO POR EL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:****NOMBRE Y FIRMA DEL DIRECTOR:****DÍA MES AÑO  
FECHA DE ENTREGA DE ANTEPROYECTO**