

---

# Plan de Proyecto

## ”Sistema de Monitoreo y Optimización para Impresoras 3D”

Preparado por Axel Josue  
Cordero Martinez

Carné: 2019052017

28 de marzo de 2025

# Índice general

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 0.1   | Contexto del Proyecto . . . . .                                      | 3  |
| 0.1.1 | Nombre del Proyecto . . . . .  | 3  |
| 0.1.2 | Nombre de la Institución o Empresa . . . . .                         | 3  |
| 0.1.3 | Requerimientos de Confidencialidad y Propiedad Intelectual . . . . . | 3  |
| 0.1.4 | Descripción del Problema . . . . .                                   | 4  |
| 0.1.5 | Objetivo General . . . . .   | 6  |
| 0.1.6 | Objetivos Específicos . . . . .                                      | 6  |
| 0.1.7 | Interesados . . . . .  | 6  |
| 0.2   | Descripción del Trabajo . . . . .                                    | 7  |
| 0.2.1 | Descripción de la Solución . . . . .                                 | 7  |
| 0.2.2 | Entregables y Criterios de Aceptación . . . . .                      | 8  |
| 0.2.3 | Actividades y Propuesta de Esfuerzo . . . . .                        | 10 |
| 0.2.4 | Listado de Riesgos y Análisis . . . . .                              | 10 |
| 0.2.5 | Cronograma y Relaciones de Actividades . . . . .                     | 11 |
| 0.3   | Referencias . . . . .  | 12 |

## 0.1. Contexto del Proyecto

### 0.1.1. Nombre del Proyecto

El presente proyecto de graduación se titula "**Sistema de Monitoreo y Optimización para Impresoras 3D**". Su propósito es diseñar e implementar una solución tecnológica que permita el monitoreo en tiempo real del estado de las impresoras 3D, con el fin de optimizar su funcionamiento y reducir fallos imprevistos.

### 0.1.2. Nombre de la Institución o Empresa

El proyecto será desarrollado en colaboración con la empresa **AutoPrint**, especializada en soluciones de impresión 3D. El desarrollo del sistema será gestionado dentro del **departamento de innovación tecnológica**, con la participación del equipo de desarrollo de software e ingeniería de hardware.

### 0.1.3. Requerimientos de Confidencialidad y Propiedad Intelectual

El proyecto **Sistema de Monitoreo y Optimización para Impresoras 3D** cuenta con requerimientos específicos de confidencialidad y derechos de propiedad intelectual, los cuales se detallan a continuación:

#### Confidencialidad

Debido a la naturaleza innovadora del sistema, toda la información técnica, documentación interna y avances en el desarrollo estarán sujetos a acuerdos de confidencialidad (*Non-Disclosure Agreement, NDA*). Esto aplica a todos los miembros del equipo de desarrollo, así como a terceros que accedan a información sensible del proyecto.

#### Propiedad Intelectual y Derechos de Uso

Los derechos de propiedad intelectual del producto final serán compartidos entre la empresa **AutoPrint** y el equipo de desarrollo del proyecto, bajo los siguientes lineamientos:

- **Propiedad moral:** Pertenece a los desarrolladores del sistema, reconociendo su autoría sobre el software y hardware implementado.
- **Propiedad patrimonial:** Será cedida en parte a **AutoPrint**, otorgándole el derecho de explotación comercial y uso interno del sistema.
- **Licencias y restricciones:** Se establecerán acuerdos para definir si el código fuente será completamente privado o si ciertas partes podrán ser compartidas bajo una licencia abierta.

## Uso de Software de Código Abierto

El desarrollo del proyecto puede incluir el uso de herramientas y bibliotecas de código abierto, siempre que cumplan con las siguientes condiciones:

- Compatibilidad con las licencias de la empresa **AutoPrint**.
- No representar un riesgo en la seguridad o estabilidad del sistema.
- Cumplir con los requisitos de atribución y términos de uso de cada componente de código abierto.

Para garantizar el cumplimiento de estos puntos, se llevará a cabo una evaluación legal y técnica sobre cada herramienta de código abierto que se desee incorporar al sistema.

### 0.1.4. Descripción del Problema

El proceso de impresión 3D ha revolucionado múltiples industrias, desde la manufactura hasta la medicina. Sin embargo, la gestión y optimización de impresoras 3D sigue presentando desafíos significativos en términos de eficiencia, monitoreo y reducción de fallos. A continuación, se presenta un análisis detallado del problema:

#### Contexto

La empresa **AutoPrint**, dedicada a soluciones de impresión 3D, opera en un entorno donde la demanda de producción eficiente y de alta calidad es crítica. Las impresoras 3D requieren monitoreo constante para evitar fallos, desperdicio de material y tiempos de inactividad prolongados. Actualmente, el proceso de supervisión depende de revisiones manuales, lo que limita la productividad y aumenta costos operativos.

#### Antecedentes

Diversas investigaciones han abordado la optimización de la impresión 3D mediante técnicas de inteligencia artificial y sistemas de monitoreo en tiempo real. Algunos estudios han explorado:

- Uso de **visión artificial** para detectar fallos en tiempo real.
- Implementación de **modelos de machine learning** para optimizar parámetros de impresión.
- Integración de **sensores IoT** para el monitoreo remoto del estado de las impresoras.

A pesar de estos avances, muchas soluciones aún no son accesibles para empresas pequeñas o medianas debido a costos elevados y a la complejidad de implementación.

## Planteamiento del Problema

La falta de un sistema automatizado de monitoreo y optimización en tiempo real genera varios problemas, incluyendo:

- **Interrupciones en la producción** por fallos no detectados a tiempo.
- **Pérdida de material y recursos** debido a errores en la impresión.
- **Dificultad en la optimización de parámetros** para mejorar la calidad de impresión.

Este proyecto busca desarrollar un **Sistema de Monitoreo y Optimización para Impresoras 3D** que permita supervisar el proceso de impresión en tiempo real, detectar errores y optimizar automáticamente parámetros clave.

## Restricciones de Diseño

El sistema deberá cumplir con las siguientes restricciones:

- **Presupuesto:** Se debe minimizar el costo de implementación sin comprometer la calidad del monitoreo.
- **Tecnología:** Se utilizarán sensores IoT, visión artificial y algoritmos de machine learning.
- **Lenguaje de programación:** Python será el principal lenguaje de desarrollo para la IA, mientras que la interfaz de usuario utilizará tecnologías web modernas.
- **Plataforma:** El sistema debe ser compatible con diversas marcas y modelos de impresoras 3D.

## Usuarios

El sistema está dirigido a:

- **Operadores de impresión 3D:** Necesitan supervisar múltiples impresoras simultáneamente.
- **Empresas manufactureras:** Buscan reducir costos operativos y optimizar la producción.
- **Desarrolladores e investigadores:** Pueden utilizar el sistema para mejorar sus modelos de impresión.

## Otros Aspectos Relevantes

Además del monitoreo, el sistema debe ofrecer:

- **Alertas en tiempo real** en caso de fallos o anomalías.
- **Interfaz intuitiva** para facilitar la visualización del estado de las impresoras.
- **Integración con sistemas existentes** dentro de la empresa.

### 0.1.5. Objetivo General

Desarrollar un **sistema inteligente de monitoreo y optimización** para impresoras 3D con el fin de mejorar la eficiencia operativa y reducir el tiempo de inactividad, mediante el uso de un sistema embebido con inteligencia artificial que permita la supervisión en tiempo real, la detección de fallos y la recomendación de acciones correctivas.

### 0.1.6. Objetivos Específicos

1. Diseñar un **sistema embebido** para la supervisión y gestión automatizada de impresoras 3D, empleando sensores y tecnología IoT que permitan recopilar datos en tiempo real.
2. Implementar un **modelo de inteligencia artificial** que identifique patrones de fallos en las impresoras 3D y genere recomendaciones de mantenimiento predictivo, mejorando la confiabilidad del proceso de impresión.
3. Desarrollar una **interfaz gráfica intuitiva** que facilite el monitoreo remoto del estado de las impresoras, permitiendo a los usuarios tomar decisiones informadas en tiempo real.
4. Optimizar el **rendimiento del proceso de impresión 3D** mediante la reducción del tiempo de inactividad y el aprovechamiento eficiente de materiales, asegurando una producción más sostenible y rentable.

### 0.1.7. Interesados

Los siguientes son los involucrados en el proyecto, junto con la descripción de su relación e interés particular en la solución propuesta:

- **Operadores de Impresoras 3D:**
  - *Relación:* Son los encargados de la operación diaria de las impresoras y serán los usuarios directos del sistema de monitoreo.
  - *Interés:* Requieren una herramienta que les permita supervisar múltiples máquinas en tiempo real, recibir alertas ante fallos y reducir el tiempo de inactividad.

■ **Gerentes de Producción:**

- *Relación:* Supervisan la línea de producción y toman decisiones estratégicas en función del rendimiento de las impresoras.
- *Interés:* Buscan optimizar los procesos productivos y reducir costos operativos mediante la mejora en la eficiencia y la detección temprana de fallos.

■ **Técnicos de Mantenimiento:**

- *Relación:* Son responsables de realizar las intervenciones preventivas y correctivas en las impresoras 3D.
- *Interés:* Necesitan contar con información detallada y en tiempo real sobre el estado de las máquinas para planificar y ejecutar mantenimientos de manera oportuna.

■ **Equipo de Desarrollo (Software e Ingeniería de Hardware):**

- *Relación:* Integrantes del departamento de innovación tecnológica de AutoPrint, encargados de diseñar, implementar y mantener el sistema.
- *Interés:* Desarrollar una solución robusta y escalable que cumpla con los requisitos técnicos y funcionales, y que se integre con otros sistemas existentes.

■ **Directivos de AutoPrint:**

- *Relación:* Encargados de la estrategia empresarial y la toma de decisiones a nivel corporativo.
- *Interés:* Buscan impulsar la innovación en la empresa, mejorar la eficiencia operativa y aumentar la rentabilidad mediante el uso de tecnologías avanzadas en el monitoreo y optimización de la producción.

## 0.2. Descripción del Trabajo

### 0.2.1. Descripción de la Solución

El proyecto tiene como objetivo la creación de un sistema inteligente de monitoreo y optimización para impresoras 3D, con el fin de mejorar la eficiencia operativa, reducir el tiempo de inactividad y prevenir fallos imprevistos en el proceso de impresión.

#### Hipótesis

La hipótesis central de este proyecto es que, mediante el uso de tecnologías emergentes como sensores IoT, algoritmos de inteligencia artificial y visión artificial, es posible optimizar el proceso de impresión 3D en tiempo real, mejorando la productividad y reduciendo costos operativos, al mismo tiempo que se minimizan los fallos y errores humanos. Este sistema de monitoreo y optimización será capaz de predecir fallos, recomendar ajustes y prevenir el desperdicio de recursos, lo que tendrá un impacto positivo en la rentabilidad y sostenibilidad de las empresas dedicadas a la impresión 3D.

## Arquitectura de la Solución

La solución propuesta se compone de tres componentes principales:

- **Sensores IoT y hardware de monitoreo:**

- *Función:* Medirán parámetros como temperatura, humedad y vibración en tiempo real.
- *Relación:* Los datos se envían al sistema central para su análisis.

- **Algoritmos de Inteligencia Artificial:**

- *Función:* Analizar los datos, detectar patrones y predecir fallos.
- *Relación:* Reciben datos de los sensores y generan recomendaciones para optimizar parámetros.

- **Interfaz Web:**

- *Función:* Permitir la supervisión en tiempo real, mostrar alertas e informes.
- *Relación:* Interactúa con el sistema central para mostrar datos procesados.

## Relación del Sistema con Otros Sistemas

El sistema se integrará con los sistemas de gestión de producción existentes mediante APIs o interfaces de datos estándar, optimizando el flujo de trabajo y la gestión de materiales.

## Componentes ya Desarrollados

Se emplearán módulos de hardware y plataformas de visualización de datos preexistentes en el ecosistema de AutoPrint, adaptándolos para este proyecto.

### 0.2.2. Entregables y Criterios de Aceptación

#### Entregables y Criterios de Aceptación

- **EP-001: Prototipo Funcional del Sistema de Monitoreo**

*Descripción:* Prototipo que integra sensores IoT para 3 impresoras y una interfaz web.

*Criterios de Aceptación:*

- Captura y visualización de datos en tiempo real.
- Generación de alertas ante anomalías.

- **EP-002: Algoritmo de Inteligencia Artificial**

*Descripción:* Algoritmo que analiza datos, detecta patrones y predice fallos con una precisión mínima del 85 %.

*Criterios de Aceptación:*



- Precisión mínima del 85 % en la predicción de fallos.
  - Generación de recomendaciones de mantenimiento.
- **EP-003: Interfaz Web de Monitoreo**  
*Descripción:* Interfaz web intuitiva y accesible para visualizar el estado de las impresoras.  
*Criterios de Aceptación:*
- Tiempos de carga menores a 3 segundos.
  - Accesibilidad y presentación clara de los datos.
- **EP-004: Documentación Técnica y Manual de Usuario**  
*Descripción:* Documentación completa del sistema, incluyendo la arquitectura y manual de usuario.  
*Criterios de Aceptación:*
- Documentación detallada y estructurada.
  - Manual que permita la reproducción y operación del sistema.

### Plan de Entrega y Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)

| Semana  | Actividad   | Entregable Asociado           |
|---------|---|-------------------------------|
| 1 – 2   | Análisis de requerimientos y planificación                          | EP-001 (Inicio del prototipo) |
| 3 – 4   | Diseño de la arquitectura del sistema (integración de 3 impresoras) | EP-001                        |
| 5 – 7   | Implementación del hardware y configuración de sensores IoT         | EP-001                        |
| 8 – 11  | Desarrollo e implementación del algoritmo de IA                     | EP-002                        |
| 10 – 13 | Desarrollo e integración de la interfaz web                         | EP-003                        |
| 14 – 15 | Pruebas integrales en las 3 impresoras                              | EP-001, EP-002, EP-003        |
| 16      | Elaboración y entrega de la documentación y manual                  | EP-004                        |

Cuadro 1: Plan de entrega (EDT) para 16 semanas.

## Correspondencia entre Entregables, Criterios de Aceptación y Objetivos Específicos

| Entregable                    | Criterios de Aceptación                              | Objetivo Específico Relacionado  |
|-------------------------------|--|--|
| EP-001: Prototipo Funcional   | Captura en tiempo real, visualización y alertas      | Objetivo 1: Diseñar un sistema embebido para la supervisión de impresoras 3D.          |
| EP-002: Algoritmo de IA       | Precisión del 85 %, recomendaciones de mantenimiento | Objetivo 2: Implementar un modelo de IA para optimizar la confiabilidad del sistema.   |
| EP-003: Interfaz Web          | Tiempos de carga menores a 3 segundos, accesibilidad | Objetivo 3: Desarrollar una interfaz gráfica intuitiva para el monitoreo remoto.       |
| EP-004: Documentación Técnica | Documentación detallada, manual de usuario completo  | Objetivo 4: Optimizar el rendimiento del proceso de impresión 3D con soporte integral. |

Cuadro 2: Relación entre entregables, criterios de aceptación y objetivos específicos.

### 0.2.3. Actividades y Propuesta de Esfuerzo

El plan de actividades asigna un total de 192 horas de ingeniería para el semestre, distribuidas en actividades con identificadores únicos, descomponiendo aquellas de más de 16 horas y considerando una reserva de riesgo del 10 % (24 horas).

| ID           | Actividad   | Horas      | Observaciones / Sub-actividades  |
|--------------|---|------------|--|
| AC-001       | Análisis de Requerimientos y Planificación                  | 16         | Reunión inicial, definición de alcance y cronograma.                                   |
| AC-002       | Diseño de la Arquitectura del Sistema                       | 16         | Diseño de la integración de hardware, IA e interfaz.                                   |
| AC-003       | Implementación del Hardware y Configuración de Sensores IoT | 32         | AC-003A: Instalación en 3 impresoras (16h)<br>AC-003B: Configuración de sensores (16h) |
| AC-004       | Desarrollo del Algoritmo de Inteligencia Artificial         | 40         | AC-004A: Modelado y entrenamiento (20h)<br>AC-004B: Validación y ajustes (20h)         |
| AC-005       | Desarrollo de la Interfaz Web                               | 32         | AC-005A: Diseño y prototipado (16h)<br>AC-005B: Integración y pruebas (16h)            |
| AC-006       | Pruebas Integrales del Sistema                              | 16         | Pruebas de integración en las 3 impresoras.  |
| AC-007       | Elaboración de Documentación y Manual de Usuario            | 16         | Documentación del sistema y manual de operación.                                       |
| AC-008       | Reserva de Riesgo   | 24         | 10 % del total de horas asignadas.   |
| <b>Total</b> |   | <b>192</b> |  |

Cuadro 3: Desglose de Actividades y Propuesta de Esfuerzo (192 horas totales)

### 0.2.4. Listado de Riesgos y Análisis

Se identifican riesgos agrupados en las categorías de Personal, Herramientas, Procesos/Métodos e Insumos, indicando su probabilidad e impacto (en horas de ingeniería).

| Categoría        | Riesgo  | Probabilidad | Impacto (Horas) |
|------------------|---|--------------|-----------------|
| Personal         | Ausencia o baja productividad del estudiante                    | 0.15 (15 %)  | 8               |
| Personal         | Falta de experiencia en áreas clave del proyecto                | 0.20 (20 %)  | 12              |
| Herramientas     | Fallos en el software de desarrollo o IDE                       | 0.10 (10 %)  | 4               |
| Herramientas     | Incompatibilidad de librerías o actualizaciones imprevistas     | 0.10 (10 %)  | 6               |
| Procesos/Métodos | Definición inadecuada de requerimientos y cambios en el alcance | 0.25 (25 %)  | 10              |
| Procesos/Métodos | Errores en la integración del sistema (hardware y software)     | 0.20 (20 %)  | 12              |
| Insumos          | Fallo en el suministro de componentes o sensores                | 0.15 (15 %)  | 8               |
| Insumos          | Problemas con la entrega de materiales de terceros              | 0.10 (10 %)  | 6               |

Cuadro 4: Listado de riesgos, probabilidad e impacto en horas de ingeniería.

### 0.2.5. Cronograma y Relaciones de Actividades

El siguiente cronograma establece las relaciones entre las actividades, sub-actividades y las fechas de inicio y finalización planeadas.

| ID      | Actividad   | Fecha de Inicio | Fecha de Finalización | Dependencias               |
|---------|---|-----------------|-----------------------|----------------------------|
| AC-001  | Análisis de Requerimientos y Planificación          | 01/04/2025      | 14/04/2025            | -                          |
| AC-002  | Diseño de la Arquitectura del Sistema               | 15/04/2025      | 28/04/2025            | AC-001                     |
| AC-003A | Instalación de Hardware en 3 Impresoras             | 29/04/2025      | 05/05/2025            | AC-002                     |
| AC-003B | Configuración de Sensores IoT                       | 06/05/2025      | 19/05/2025            | AC-003A                    |
| AC-004  | Desarrollo del Algoritmo de Inteligencia Artificial | 20/05/2025      | 16/06/2025            | AC-003B                    |
| AC-005  | Desarrollo de la Interfaz Web                       | 03/06/2025      | 30/06/2025            | AC-002 (paralelo a AC-004) |
| AC-006  | Pruebas Integrales del Sistema                      | 01/07/2025      | 14/07/2025            | AC-004, AC-005             |
| AC-007  | Elaboración de Documentación y Manual de Usuario    | 15/07/2025      | 21/07/2025            | AC-006                     |
| AC-008  | Reserva de Riesgo                                   | -               | -                     | Actividades imprevistas    |

Cuadro 5: Cronograma del proyecto y relaciones entre actividades.

Cada actividad se reportará semanalmente con las horas dedicadas, permitiendo el seguimiento y ajuste del avance del proyecto. La actividad AC-008 representa una reserva de riesgo para imprevistos, sin exceder el 10 % del presupuesto total de horas.

# Aprobación del Supervisor

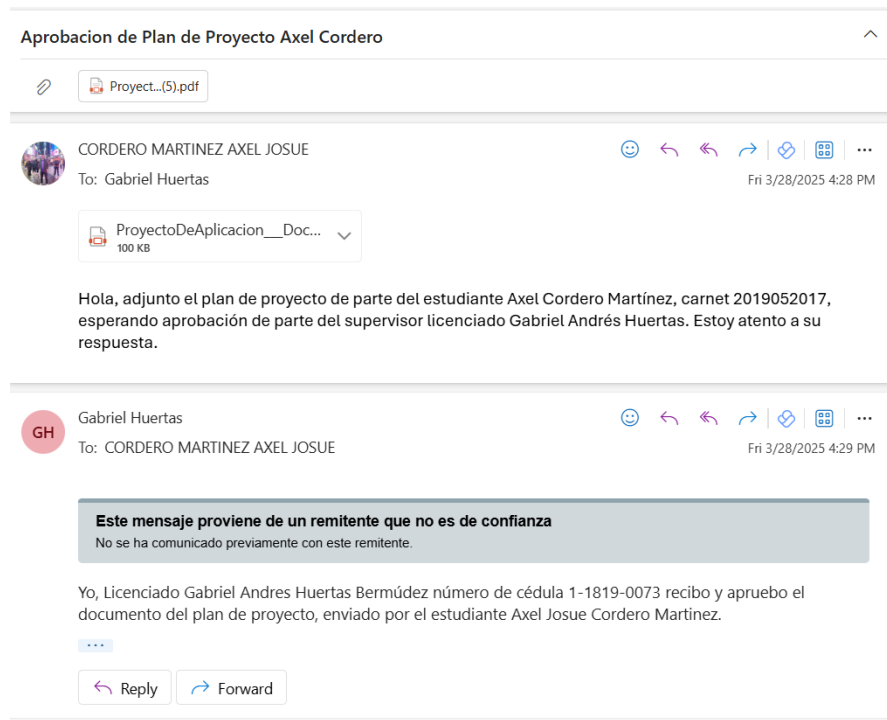


Figura 1: Correo de aprobación del supervisor

## 0.3. Referencias

- ISO/IEC/IEEE 29148:2018 - Estándar para Ingeniería de Requisitos de Software.
- ISO/ASTM 52900:2020 - Terminología en Manufactura Aditiva.
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). "Internet of Things for Smart Cities." *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H.-A. (2015). "Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems." *Manufacturing Letters*.
- Documentación técnica de Arduino y Raspberry Pi (para ejemplos de hardware IoT).