



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Monitoreo de tareas de reparación de piezas en el Centro de Investigación y Recuperación  
de Turbinas mediante Power BI

Trabajo de Titulación para optar por el título de Ingeniero Industrial

**Autor:**

Lluman Guatatuca Francisco Javier

**Tutor:**

Ing. López Telenchana Luis Stalin

Riobamba, Ecuador. 2026

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Francisco Javier Lluman Guatatuca, con cédula de ciudadanía 1601024373, autor del trabajo de investigación titulado: Monitoreo de tareas de reparación de piezas en el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas mediante Power BI, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

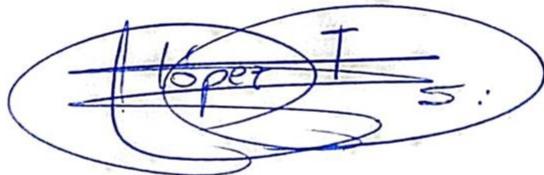
En Riobamba, 27 de octubre de 2025.



Francisco Javier Lluman Guatatuca

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR**

En la Ciudad de Riobamba, a los 27 días del mes de Octubre de 2025, luego de haber revisado el Informe Final del Trabajo de Investigación presentado por el estudiante **Francisco Javier Lluman Guatatuca** con CC: **1601024373**, de la carrera INGENIERÍA INDUSTRIAL y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el **ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado "**MONITOREO DE TAREAS DE REPARACIÓN DE PIEZAS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS MEDIANTE POWER BI**", por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature reads "López Telenchana" with "Tutor" written above it.

---

Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mgs.

**TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## **CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Monitoreo de tareas de reparación de piezas en el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas mediante Power BI, presentado por Francisco Javier Lluman Guatatuca, con cédula de identidad número 1601024373, bajo la tutoría de Ing. Luis López; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 07 de enero del 2026.

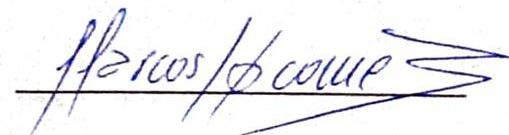
Ing. Mario Cabrera Vallejo, Ph.D.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Ing. Rosa Ormaza Hugo, Mgs  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Ing. Marcos Jácome Torres, Mgs  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**





Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

*en movimiento*  
 **SGC**  
SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
UNACH-RGF-01-04-08.17  
VERSIÓN 01: 06-09-2021

## CERTIFICACIÓN

Que, **LLUMAN GUATATUCA FRANCISCO JAVIER** con CC: **1601024373**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA INDUSTRIAL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**MONITOREO DE TAREAS DE REPARACIÓN DE PIEZAS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS MEDIANTE POWER BI**", cumple con el **6 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 15 de diciembre de 2025



Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mgs.  
**TUTOR**

## DEDICATORIA

*A mi madre Guillermina y mi padre Alfredo, por su amor incondicional, su paciencia y por haberme enseñado que con esfuerzo y perseverancia todo es posible. Gracias por su apoyo constante, por ser mi guía y mi mayor inspiración en cada paso de mi vida. A mi hermano Bryan, por su comprensión, alegría y por estar siempre presente brindándome palabras de ánimo en los momentos más difíciles. A ustedes, mi familia, les dedico este logro con profundo cariño y gratitud, porque sin su apoyo y confianza este sueño no habría sido posible.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco de corazón a mis padres por su amor y apoyo incondicional, y a mi hermano por su motivación y compañía durante todo este proceso. Mi agradecimiento especial al ingeniero Carlos Guerra, tutor de la entidad receptora, por su guía y experiencia, y a mi tutor de tesis Luis López por su paciencia y valiosos aportes. También agradezco a mis docentes por sus enseñanzas y a mis compañeros por su apoyo y compañerismo. Finalmente, gracias a todas las personas que contribuyeron de alguna forma a la realización de esta tesis.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>DECLARATORIA DE AUDITORÍA</b>	
<b>DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR</b>	
<b>CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL</b>	
<b>CERTIFICADO ANTIPLAGIO</b>	
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>RESUMEN</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>15</b>
1.    INTRODUCCIÓN.....	15
1.1    Planteamiento del problema .....	15
1.1.1    Descripción del problema.....	15
1.1.2    Formulación del problema .....	16
1.2    Delimitación .....	17
1.2.1    Delimitación del contenido.....	17
1.2.2    Delimitación temporal .....	17
1.2.3    Delimitación espacial .....	17
1.3    Justificación .....	17
1.4    Objetivos .....	18
1.4.1    Objetivo general .....	18
1.4.2    Objetivos específicos.....	18
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>19</b>
2.    MARCO TEÓRICO.....	19
2.1    Antecedentes.....	19
2.2    Fundamentación teórica.....	20
2.2.1    Turbinas hidráulicas .....	20
2.2.2    Turbinas de acción.....	21
2.2.3    Turbina tipo Pelton .....	21

2.2.4	Piezas de una turbina tipo Pelton.....	21
2.2.5	Turbinas de reacción.....	22
2.2.6	Turbinas tipo Francis .....	22
2.2.7	Piezas de una turbina tipo Francis .....	23
2.2.8	Proyecto .....	24
2.2.9	Gestión de proyectos .....	24
2.2.10	Metodología PMBOK .....	25
2.2.11	Proceso de monitoreo y control de un proyecto .....	25
2.2.12	Gestión del tiempo del proyecto.....	25
2.2.13	Business Intelligence .....	26
2.2.14	Control de tareas con el uso del BI.....	26
2.2.15	Microsoft Power BI .....	26
2.2.16	Power BI en la optimización de procesos.....	27
2.2.17	Dashboard.....	27
2.2.18	Metodología para la elaboración de un dashboard.....	27
2.2.19	Herramientas de análisis de visualización.....	28
2.2.20	Diagrama de procesos .....	29
2.2.21	Diagrama de procesos BPMN .....	29
2.2.22	Cronograma .....	30
2.2.23	Curva S .....	31
2.3	Glosario de términos .....	31
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>33</b>
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>		<b>33</b>
3.1	Enfoque .....	33
3.2	Tipo de investigación .....	33
3.3	Diseño de la investigación.....	33
3.4	Unidad de análisis .....	33
3.5	Técnicas e instrumentos de investigación .....	34
3.5.1	Técnicas de recolección de datos .....	34
3.5.2	Instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5.3	Técnicas de procesamiento de datos.....	34
3.5.4	Herramientas de procesamiento de datos .....	35
3.6	Identificación de variables.....	35

3.7	Procedimiento de la investigación.....	35
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>37</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
4.1	Resultados .....	37
4.1.1	Mapeo del flujo de trabajo e identificación de puntos críticos .....	37
4.1.2	Cuantificación de tiempos y recursos del proceso .....	40
4.1.3	Determinación de estándares de control y diseño de la base de datos .....	41
4.1.4	Determinación de métricas e indicadores de rendimiento.....	42
4.1.5	Diseño e implementación de la base de datos estructurada.....	45
4.1.6	Establecimiento del sistema de monitoreo .....	47
4.1.7	Arquitectura de la solución elaborada .....	47
4.1.8	Dashboard de monitoreo en Power BI.....	49
4.1.9	Implementación del sistema de monitoreo en tiempo real .....	51
4.2	Discusión .....	52
4.2.1	Identificación de etapas críticas y su comparación con estudios previos.....	52
4.2.2	Impacto del Business Intelligence en la gestión operativa .....	52
4.2.3	Ventajas de la arquitectura de los tres componentes .....	52
4.2.4	Limitaciones y consideraciones .....	53
4.2.5	Implicaciones prácticas.....	53
4.2.6	Contribución al conocimiento .....	53
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>54</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>54</b>
5.1	Conclusiones .....	54
5.2	Recomendaciones .....	54

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Turbina tipo Pelton .....	21
<b>Figura 2</b>	Rodete de una turbina tipo Pelton.....	22
<b>Figura 3</b>	Álabes de un rodete.....	22
<b>Figura 4</b>	Turbina tipo Francis .....	23
<b>Figura 5</b>	Cámara espiral de una turbina tipo Francis.....	23
<b>Figura 6</b>	Rodete de una turbina tipo Francis .....	24
<b>Figura 7</b>	Dashboard de proyectos y seguimiento de tareas .....	27
<b>Figura 8</b>	Proceso para la realización de un tablero de control en Power BI.....	28
<b>Figura 9</b>	Arquitectura Business Intelligence .....	29
<b>Figura 10</b>	Diagrama BPMN de un negocio .....	30
<b>Figura 11</b>	Cronograma de un proyecto .....	30
<b>Figura 12</b>	Diagrama de Gantt .....	31
<b>Figura 13</b>	Diagrama BPMN del CIRT.....	38
<b>Figura 14</b>	Diagrama Entidad-Relación del sistema de monitoreo de tareas.....	46
<b>Figura 15</b>	Arquitectura del sistema de monitoreo .....	47
<b>Figura 16</b>	Interfaz principal de la aplicación .....	48
<b>Figura 17</b>	Interfaz de gestión de ODTs en la aplicación de escritorio .....	48
<b>Figura 18</b>	Formulario para editar y crear tareas .....	49
<b>Figura 19</b>	Página principal de KPIs y su resumen general.....	49
<b>Figura 20</b>	Página de detalle de tareas y diagrama de Gantt interactivo.....	50
<b>Figura 21</b>	Página de análisis de avance del proyecto – Curva S .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Causa y efecto del CIRT .....	16
<b>Tabla 2</b>	Componentes de Power BI .....	26
<b>Tabla 3</b>	Glosario de términos.....	31
<b>Tabla 4</b>	Operacionalización de variables .....	35
<b>Tabla 5</b>	Resumen de tiempos estimados y retrasos clave .....	40
<b>Tabla 6</b>	Recursos requeridos por etapas .....	41

## RESUMEN

En este trabajo se desarrolló un sistema de monitoreo de las tareas de reparación de piezas en el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas mediante Power BI. Se tuvo como objetivo mejorar el control y la toma de decisiones del proceso de reparación, abordando problemas de seguimiento de tareas, documentación dispersa y falta de métricas estandarizadas. Por medio de un diagnóstico operativo inicial se determinó que la gestión de la información se encontraba dispersa en varias fuentes y la elaboración manual de reportes incrementaba los tiempos de respuesta y procesamiento de datos, lo cual, generaba retraso en las entregas y ocasionaba una baja productividad operativa en el área de gestión. La metodología empleada fue de carácter cuantitativo con un diseño no experimental descriptivo. La investigación integró el levantamiento de información en campo y el análisis documental del diagrama de flujo del proceso. Asimismo, mediante consultas realizadas al responsable del área se recolectaron los datos de tiempos operativos, cuyo procesamiento estadístico permitió determinar que la etapa de ejecución de reparación de la pieza es la más crítica al representar el 80.36% del tiempo total de un proyecto. Se desarrolló un sistema que consta de tres elementos fundamentales que son una base de datos SQL para centralizar la información, una aplicación de escritorio en Python para la gestión operativa y un dashboard en Power BI para la visualización de la información de los proyectos. El sistema diseñado monitorea los proyectos y sus respectivas tareas, elimina la generación de documentación dispersa y facilita la identificación de desviaciones en los proyectos. Se concluye que la integración del Business Intelligence con la ingeniería industrial mejora en gran medida la eficiencia operativa, la trazabilidad de procesos y también la toma de decisiones en el CIRT.

**Palabras clave:** Monitoreo, Inteligencia de negocios, Power BI, KPIs, métricas, dashboard, gestión de proyectos, reparación de piezas.

## ABSTRACT

In this work, a system for monitoring repair tasks of components at the Turbine Research and Recovery Center was developed using Power BI. The objective was to improve process control and decision-making in the repair process, addressing issues related to task tracking, dispersed documentation, and the lack of standardized metrics. Through an initial operational diagnosis, it was determined that information management was dispersed across various sources, and the manual creation of reports increased response and data processing times, which generated delivery delays and caused low operational productivity in the management area. This study applied a quantitative, non-experimental, and descriptive approach. The research combined field data collection with a review of existing process flowcharts. Additionally, by consulting the area manager, operational timing data was gathered. After analyzing the timing data, it was determined that the execution stage is the most critical point, representing 80.36% of the total time. A system consisting of three fundamental components was developed: an SQL database to centralize information, a Python-based desktop application for operational management, and a Power BI dashboard for project information visualization. The designed system monitors projects and their respective tasks, eliminates the generation of scattered documentation, and facilitates the identification of project deviations. It is concluded that the integration of Business Intelligence with industrial engineering can significantly improve operational efficiency, process traceability and decision-making at the CIRT.

**Keywords:** Monitoring, Business Intelligence, Power BI, KPIs, metrics, dashboard, project management, parts repair.



Reviewed by:  
MsC. Edison Damian Escudero  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C.0601890593

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en un mundo industrializado y digitalizado, el monitoreo de las tareas fortalece la competitividad de las industrias energéticas. Una gestión eficiente de la reparación en las turbinas de las empresas hidroeléctricas conforma un pilar fundamental para el funcionamiento continuo y confiable de la generación de energía eléctrica.

“Implementar indicadores de gestión en el ámbito empresarial otorga a las organizaciones la ventaja competitiva de generar información confiable sobre el comportamiento de los procesos y el logro de los objetivos estratégicos formulados a corto, mediano y largo plazo” (Rueda, Garavito y Calderón, 2020, p. 120). Por eso la digitalización mediante aplicaciones tecnológicas como el Business Intelligence (BI), el manejo de datos y programas visuales en tiempo real han permitido solucionar problemas comunes como el control de procesos y tareas industriales.

Según CELEC EP (2021), el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas (CIRT), como unidad de reparación de las turbinas para la generación de energía eléctrica ha experimentado problemas dentro de las tareas de reparación que incluyen: Falta de seguimiento de tareas en tiempo real, información dispersa, retrasos en reportes de avance y falta de métricas estandarizadas. Los cuales generan efectos negativos como: incremento en los tiempos de reparación, pérdidas económicas, baja productividad, etc.

Para la resolución de estos problemas existen muchas herramientas para el monitoreo de procesos y tareas industriales como Power BI, Tableau, SAP, etc. Power BI es una excelente solución para esta problemática porque “permite conectarse con facilidad a los orígenes de datos, visualizar y descubrir qué es importante y compartirlo con cualquiera o con todos los usuarios que se deseé” (Microsoft Learn, 2024, p. 3).

El diseño de un sistema de monitoreo de tareas de reparación mediante Power BI en el CIRT, por medio de metodologías de ingeniería industrial 4.0 permitió obtener procesos y tareas eficientes, haciendo de esta investigación novedosa. La metodología que se empleó fue de carácter cuantitativo porque se analizaron datos y se desarrollaron algunos KPIs (por sus siglas en inglés, Key Performance Indicators) que son indicadores claves del desempeño que permiten evaluar la efectividad de las acciones de una empresa y determinar si se están alcanzando sus objetivos.

### 1.1 Planteamiento del problema

#### 1.1.1 Descripción del problema

El Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas (CIRT) es dirigido por CELEC EP HIDROAGOYÁN, siendo la unidad que se encarga de investigar, determinar, reparar y arreglar los elementos importantes de las turbinas de generación eléctrica. Estas labores de reparación no solo representaron un ahorro de 22 millones de dólares para el país,

sino que también generaron ingresos adicionales al brindar servicios al sector privado (CELEC EP, 2023).

En el taller industrial se realizan trabajos de mecanizado como la rectificación y pulido en torno vertical, balanceamiento estático, tratamientos térmicos, ingeniería inversa y convencional, trabajos de espectrometría y muchas tareas más que satisfacen las necesidades de los clientes. El CIRT realiza trabajos para empresas públicas y privadas con el objetivo de eliminar trabajos que requieren tecnología extranjera y así disminuir los costos de operación para el sector energético ecuatoriano.

La problemática en el CIRT surgió de la necesidad de mejorar los sistemas de control de las tareas de reparación. Entre los problemas que se pudieron encontrar estuvieron la deficiencia en el seguimiento de tareas de reparación que hacían que hubiera pérdidas económicas debido a las reprogramaciones tardías, documentaciones dispersas que afectaban a la productividad y atrasos en reportes de avance que provocaban retrasos en las entregas de los pedidos, los cuales afectaban la calidad del servicio.

**Tabla 1**  
*Causa y efecto del CIRT*

CAUSA	EFFECTO
Falta de seguimiento de tareas en tiempo real	Mayor tiempo de reparación
Información dispersa de órdenes de trabajo	Baja productividad
Retrasos en reportes de avance	Pérdidas económicas
Proceso de documentación lenta	Retrasos en entregas
Falta de métricas estandarizadas	Documentación fatigosa y con errores
Comunicación deficiente entre áreas	Toma de decisiones ineficientes
	Afectación a la calidad del servicio

TEMA	SOLUCIÓN
Monitoreo de tareas de reparación de las piezas en el centro de investigación y recuperación de turbinas mediante Power BI	Dashboard de tareas de reparación en tiempo real que permite tener una base de datos centralizada, métricas automatizadas, reportes automáticos, trazabilidad del proceso de cada proyecto y toma de decisiones basada en datos

**Fuente:** Diagnóstico situacional y entrevista al jefe de diseño y optimización del CIRT. Elaboración propia.

### **1.1.2 Formulación del problema**

La solución para resolver la falta de seguimiento de las tareas, la información

dispersa, los retrasos en informes de avance entre otros, fue elaborar un dashboard para el monitoreo de tareas en Power BI que ayudó en general a la gestión de proyectos del CIRT. Este sistema de monitoreo realizó el seguimiento de proyectos, órdenes de trabajo y sus tareas de reparación en tiempo real.

Por esta razón y considerando la necesidad del Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas (CIRT) de mejorar sus procesos en el control de tareas de reparación, reducir tiempos de reparación, optimizar el seguimiento en tiempo real y resolver los problemas de documentación dispersa que afectan a la entrega de pedidos, se planteó la siguiente pregunta de investigación: **“¿Cómo impactará el monitoreo de tareas de reparación de piezas en el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas mediante Power BI durante el periodo 2025?”**

## **1.2 Delimitación**

### ***1.2.1 Delimitación del contenido***

Este trabajo de titulación se desarrolló en el área de la Ingeniería Industrial, dentro de la línea de investigación de la ingeniería.

### ***1.2.2 Delimitación temporal***

El desarrollo del trabajo de titulación se realizó en el periodo académico correspondiente al año 2025.

### ***1.2.3 Delimitación espacial***

Las etapas de realización del trabajo de titulación se realizaron en las instalaciones del CIRT. Esta unidad de negocio pertenece a la empresa pública CELEC EP HIDROAGOYÁN ubicada en la ciudad de Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua.

## **1.3 Justificación**

Actualmente, el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas (CIRT), presenta algunos desafíos con respecto a la gestión de proyectos y sus tareas de reparación de los elementos de las turbinas. El control ineficiente de las tareas, la información dispersa, la falta de comunicación efectiva entre las diferentes áreas de trabajo han limitado la operatividad de la empresa para satisfacer los contratos con las empresas públicas y privadas.

Estas problemáticas con el paso del tiempo pueden impactar significativamente el cumplimiento de las metas del CIRT en especial la disminución de la dependencia de tecnología extranjera.

Para la empresa resulta novedoso optar por soluciones más tecnológicas para mejorar los procesos complejos. Por tal razón, Power BI es una herramienta dedicada para el análisis de datos que permite integrar información de diversas fuentes como las órdenes de trabajo de un proyecto, registro de reparaciones, etc. Para así lograr visualizarlas en tiempo real. Esta investigación plantea modernizar la gestión de proyectos, así como también sus tareas

con la finalidad de tomar decisiones más rápidas y eficientes.

En este sentido la investigación estableció un sistema de monitoreo mediante el uso de Power BI y SQL que integró los datos de los proyectos, órdenes de trabajo y sus tareas de reparación, resultados de investigaciones técnicas y mano de obra para así lograr visualizar mediante dashboards interactivos el avance de las tareas de reparación.

La investigación pretendió mejorar el control y el seguimiento de las tareas de reparación mediante el monitoreo en tiempo real, ya que esta permite reducir los tiempos de los procesos, mejorar la ejecución de las tareas, aumentar la eficiencia operativa como también la administrativa y posiblemente en la financiera al reducir algunos costos mediante la toma de decisiones realizadas a tiempo.

Este trabajo aporta nuevas innovaciones tecnológicas para la gestión de proyectos mediante su adaptabilidad a diversas industrias. Además, combina campos como el Business Intelligence con la ingeniería industrial con el objetivo de obtener herramientas de análisis con metodologías para el mejoramiento de procesos como el ciclo PDCA.

Por otro lado, la investigación tiene beneficios para futuros estudios que podrían emplear metodologías similares, generando comparaciones de los resultados y logrando así determinar que la combinación de BI y la ingeniería industrial pueden mejorar en gran medida los procesos productivos y administrativos.

## 1.4 Objetivos

### *1.4.1 Objetivo general*

Monitorear las tareas de reparación de piezas en el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas mediante Power BI para optimizar el control y la toma de decisiones de los procesos.

### *1.4.2 Objetivos específicos*

- Analizar el proceso de reparación de piezas mediante el uso de diagramas de flujo o mapas de procesos para identificar las actividades críticas y recursos necesarios en cada tarea de reparación.
- Determinar los estándares de control para las tareas de reparación mediante indicadores de rendimiento con la finalidad de establecer una base de datos estructurada que permita el análisis histórico de los procesos.
- Establecer un dashboard mediante Power BI para evaluar en tiempo real los KPI's de productividad y monitorear el procedimiento de reparación de piezas.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

En contexto europeo, Martucci (2024), en su tesis de maestría desarrollada en el Politécnico de Turín, titulada “Evaluación cualitativa de Power BI y su aplicación en un clúster de la industria aeroespacial”, tuvo como objetivo evaluar la eficacia de Power BI en la gestión de datos complejos dentro de un entorno industrial de alta precisión. La metodología se basó en un estudio de caso cualitativo, implementando dashboard para la visualización de indicadores clave de desempeño en tiempo real. Los resultados mostraron que la herramienta permitió unir datos de distintas fuentes, mejorando el seguimiento de los componentes más importantes. Se concluyó que el uso de Power BI permite tomar de manera más fácil las decisiones estratégicas dando así una visión global y actualizada del estado de los procesos industriales.

Por otro lado, Laurila (2022), en su investigación realizada en la Universidad Tecnológica de Lappeenranta-Lahti, titulada “Decisiones del proceso de desarrollo para análisis de Power BI”, propuso como objetivo que tan viable es el desarrollo analítico para el control de procesos de negocio mediante dashboards. La metodología que empleó fue de carácter constructivo, donde lo más importante fue el diseño una arquitectura de datos que realizaba reportes automatizados. Sus resultados permitieron tener una mejor visualización de los datos, lo cual redujo significativamente el tiempo dedicado a la elaboración manual de informes. Se concluyó que la aplicación de analítica avanzada es importante para transformar grandes cantidades de datos operativos en información más fácil de entender así poder mantenerse en una mejora continua de procesos.

En el contexto regional, Chávez (2020) realizó el proyecto de investigación titulado “Inteligencia de Negocios para agilizar la gestión de transporte regular de la Municipalidad Provincial de Trujillo”. El objetivo principal de este estudio fue implementar una solución de la inteligencia de negocios para así mejorar el proceso análisis de datos por medio de una visualización más ordenada. La metodología que aplicó fue enfocada al método Kimball, por medio de técnicas de recolección de datos como la entrevista y la observación directa, esto para la construcción de una base de datos en SQL y así poder visualizar la información mediante Power BI. Los resultados mostraron una mejora en la eficiencia administrativa, logrando reducir los tiempos para la generación de informes en un 95.56%. Se concluyó que la implementación de la inteligencia de negocios es una herramienta eficaz para determinar la productividad operativa y la satisfacción del cliente interno mediante la automatización de reportes.

Por su parte, Calsina (2022) llevó a cabo una investigación orientada a la “Implementación de dashboards para el monitoreo y control en tiempo real de operaciones de carguío y acarreo en la minera Antapaccay”. Su objetivo fue demostrar como el uso de tableros de control ayuda a mejorar los procesos mineros mediante el seguimiento visual de

indicadores clave. La metodología incluyó el uso de lenguajes de programación para la extracción, transformación y carga (ETL) de datos que venían de los equipos. Los hallazgos permitieron ver en tiempo real el desempeño de las máquinas, logrando así identificar y disminuir las demoras operacionales no programadas. Se concluyó que el uso de tableros de control incrementó la productividad y permitió mejorar la toma de decisiones frente a retrasos inoportunos.

En el Ecuador, Ruiz (2024) presentó en la Escuela Politécnica Nacional el trabajo titulado “Diseño e implementación de un sistema de BI para analizar los procesos más críticos mediante indicadores estáticos y dinámicos”. El objetivo de esta investigación fue desarrollar una solución tecnológica para monitorear los procesos críticos de negocio. La metodología se desarrolló por medio del levantamiento de información para después diseñar una arquitectura de datos escalable. Los resultados permitieron determinar que la visualización dinámica de indicadores de negocios transforma los datos históricos y actuales en conocimiento estratégico, lo permite a la organización tener una ventaja competitiva.

Finalmente Córdova (2020) desarrolló la investigación titulada “Diseño de una metodología para el control de procesos de recuperación de turbinas en el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas hidráulicas y partes industriales (CIRT)”. El objetivo de este estudio fue elaborar una metodología estandarizada para el control de las tareas de recuperación. Para su metodología, se inició con un diagnóstico situacional para identificar los problemas existentes durante la ejecución de reparación, para así después hacer una investigación de campo y finalmente implementar scoreboards de gestión. Los resultados que obtuvo mostraron que la aplicación de estas herramientas ayuda a tener un control más ágil de los procesos y mejorar en gran medida la formalidad de los registros. Se concluyó que, antes del estudio, se generaba errores frecuentes en el control de tiempos y costos operativos por la falta de una metodología adecuada de gestión.

## 2.2 Fundamentación teórica

El monitoreo de tareas se ha convertido en un componente fundamental para garantizar la eficiencia operativa y facilitar la toma de decisiones de un proyecto de reparación (Project Management Institute [PMI], 2021b). Por este motivo, resulta necesario comprender los conceptos claves que sustentan su implementación. Para ello, se abordarán temáticas tales como: las piezas de una turbina, la definición de proyectos, la gestión eficiente de los procesos de reparación, las bases del Business Intelligence, las funcionalidades del Power BI, las metodologías para un control de proyectos y los indicadores claves de desempeño (KPIs), entre otras.

### 2.2.1 Turbinas hidráulicas

Las turbinas hidráulicas son máquinas que aprovechan la fuerza de un salto de agua para transformarla en energía mecánica. Es decir, convierten la energía del fluido en movimiento útil gracias a una infraestructura civil, siendo un tema central en el estudio de los recursos hidráulicos (Pérez y Pilar, 2022).

## 2.2.2 Turbinas de acción

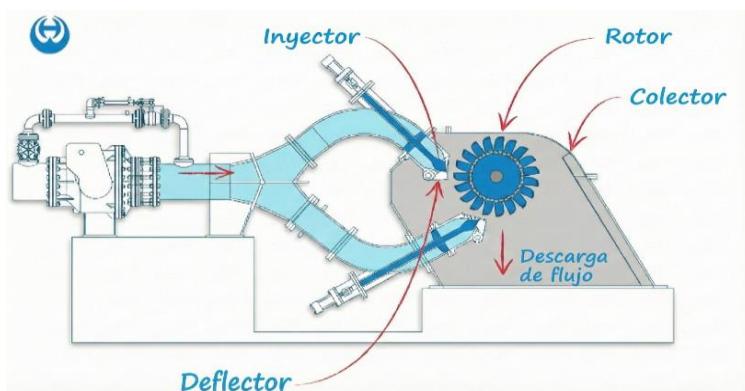
Las turbinas de acción son máquinas hidráulicas que convierten la energía cinética del agua en movimiento rotatorio, aprovechando de esta manera la velocidad del flujo sin cambios significativos de presión. Entre los diseños más conocidos están las turbinas Pelton, aunque también existen variantes como la Turgo, que opera con inyección lateral, y la turbina de flujo cruzado que es conocida como la Ossberger o Banki-Michell (Martín e Infante, 2021).

### 2.2.3 Turbina tipo Pelton

Las turbinas tipo Pelton son diseñadas para utilizar los saltos de agua con elevada altura y un bajo caudal. Está conformado por un rodete que tiene álabes de doble cuenco. Además, el funcionamiento de estas turbinas se basa en dirigir chorros de agua hacia los álabes del rodete generando un impacto que produce el movimiento rotatorio y transforma la energía hidráulica en energía mecánica (Martín e Infante, 2021).

**Figura 1**

*Turbina tipo Pelton*



Fuente: Adaptado de Hydrowheel (2020).

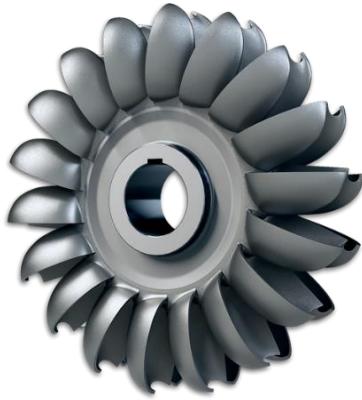
### 2.2.4 Piezas de una turbina tipo Pelton

Basado en la descripción de Martin e Infante (2021), los componentes principales de este tipo de turbina son:

- **Rodete:** Se define como un disco circular móvil que contiene los álabes; es el encargado de recibir el chorro de agua para generar el movimiento de giro.
- **Álabes:** Estas piezas se las encargadas de recibir el impacto directo del agua. Estos tienen forma de doble cuenco para trabajar de la mejor manera posible.
- **Inyector:** Es el elemento encargado de dirigir y regular el chorro de agua hacia los álabes. A través de ellos se aumenta o disminuye el caudal para controlar la potencia.
- **Deflector:** Es un componente mecánico de seguridad utilizado en paradas de emergencia; su función es desviar el chorro directamente al desagüe para evitar el embalamiento de la máquina sin generar golpes de presión.

**Figura 2**

*Rodete de una turbina tipo Pelton*



**Fuente:** Hydrowheel (2020).

**Figura 3**

*Álabes de un rodete*



**Fuente:** SaVRee (2025).

### **2.2.5 Turbinas de reacción**

A diferencia de las turbinas de acción, las turbinas de reacción operan aprovechando tanto la energía cinética como la presión residual del agua. Su diseño permite convertir la presión del fluido en energía rotacional a medida que este atraviesa el rodete. Como consecuencia de este proceso el agua abandona el sistema con una presión inferior a la atmosférica (Martín e Infante, 2021).

### **2.2.6 Turbinas tipo Francis**

Las turbinas Francis se caracterizan por su adaptabilidad operativa, siendo compatibles con un amplio rango de alturas de salto y caudales. Su diseño permite que el agua ingrese en dirección radial y se convierta progresivamente en un flujo axial durante su recorrido por la máquina. Este tipo de turbina puede alcanzar eficiencias superiores al 90% en buenas condiciones de funcionamiento, manteniendo su operatividad con variaciones de caudal entre el 40% y el 105% del nominal y con alturas de salto que se encuentran entre los 60% y 125% del valor de diseño (Martín e Infante, 2021).

**Figura 4**  
*Turbina tipo Francis*



**Fuente:** Hydrowheel (2021).

### **2.2.7 Piezas de una turbina tipo Francis**

De acuerdo con Pérez y Pilar (2022), las piezas de una turbina tipo Francis son la cámara espiral, el rodeté, el distribuidor y el tubo de aspiración. A continuación se detallan sus funciones:

- **Cámara espiral:** Es el canal por donde circula el fluido; su diseño puede ser abierto, cerrado o con forma de espiral para distribuir uniformemente el agua.
- **Rodete:** Es el elemento más importante de la turbina, por el simple hecho de que transformar la energía hidráulica en energía mecánica. Estos pueden clasificarse en diagonales, semiaxiales o radiales, y dividirse en rápidos o lentos según su geometría.
- **Distribuidor:** Es el elemento conformado por álabes rotatorios que controlan el caudal de agua para que así la turbina tenga un funcionamiento correcto cuando se presenten variaciones de flujo.
- **Tubo de aspiración:** Su función es transformar la energía cinética del agua a la salida del rodeté en energía de presión, aumentando así la eficiencia y conduciendo el agua hacia la salida con menores pérdidas.

**Figura 5**  
*Cámara espiral de una turbina tipo Francis*



**Fuente:** Forster (2020).

**Figura 6**

*Rodete de una turbina tipo Francis*



**Fuente:** Cuenca – Navarrete et al. (2021).

### **2.2.8 Proyecto**

Un proyecto es un “esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final para el trabajo del proyecto o fase del trabajo del proyecto” (Project Management Institute, 2021a, p. 4).

Según el PMI (2021a), los proyectos son trabajos que tienden a variar todos los días. Cada proyecto es único y diferente, ya que siempre van a tener incertidumbre y sorpresas. Dicho esto, no se puede aplicar un plan rígido, sino que debe tener una planificación flexible y adaptativa a las necesidades de cada proyecto a medida que avanza.

Un proyecto tiene la capacidad de agregar valor de distintas formas, tales como la creación de nuevos productos, servicios o resultados que satisfagan las necesidades de los clientes. Asimismo, permite mejorar la eficiencia, la productividad, la efectividad o la capacidad de respuesta de una organización (PMI, 2021a). Además, un proyecto puede ser un medio para facilitar los cambios necesarios que permitan la transición organizacional a su estado futuro deseado.

### **2.2.9 Gestión de proyectos**

La gestión de proyectos es una disciplina orientada a dirigir la optimización de recursos, con la finalidad de reducir costos, acortar tiempos de ejecución e identificar las actividades más críticas que determinan el cumplimiento del proyecto (Tapia y Cevallos, 2021, p. 33).

La dirección de proyectos implica la aplicación de metodologías, habilidades, herramientas y técnicas a los proyectos con el fin de alcanzar los requisitos mínimos que este requiere. La correcta planificación, organización y ejecución de las tareas son necesarias para obtener de una excelente calidad en el producto o servicio (PMI, 2025).

### **2.2.10 Metodología PMBOK**

El PMI (2021b) establece que la metodológica PMBOK es utilizada para dirigir un proyecto enfocándose en la entrega de resultados por medio de los dominios del desempeño. El seguimiento y el análisis del progreso se gestionan mediante el dominio de desempeño de la medición, el cual se basa en evaluar que tan bien va el avance de un proyecto comparado con lo planificado, identificar si se requieren cambios o acciones correctivas y tomar decisiones para mantener o mejorar el desempeño.

### **2.2.11 Proceso de monitoreo y control de un proyecto**

Monitorear y controlar un proyecto “son los procesos requeridos para hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes” (PMI, 2021b, p.171).

Para realizar un monitoreo correcto, el PMI (2021b) establece que es necesario medir el desempeño con el avance planificado, para así tomar medidas de control ante cualquier desviación presentada. Asimismo, este proceso requiere de la revisión de los riesgos existentes y de los que puedan aparecer en el futuro, además se necesita de una adecuada gestión del conocimiento para hacer más fácil la comunicación con los interesados así elaborar pronósticos de tiempo y costos. Finalmente, se debe asegurar el control estricto de los cambios, garantizando que solo se implementen las modificaciones debidamente aprobadas (pp. 76-127).

### **2.2.12 Gestión del tiempo del proyecto**

En la guía del PMBOK el PMI (2021b) señala que la gestión para completar el proyecto a tiempo se debe abordar desde el dominio del desempeño de la planificación, ya que esta es la encargada de organizar y coordinar el trabajo, incluyendo la construcción del cronograma; mientras que el dominio del desempeño de la entrega se enfoca en priorizar que las entregas se cumplan con los requisitos y expectativas (pp. 51, 80).

Además, el PMI (2021b) explica que para el desarrollo de un cronograma primero se debe descomponer el trabajo en tareas o actividades y ordenarlas cronológicamente, estimar cuánto esfuerzo, tiempo y recursos se requerirán en cada una y asignar esos recursos para luego ajustar el plan. Para lograr esto, se recomienda el uso de herramientas como los diagramas de red o diagramas de Gantt (pp. 58, 189).

De acuerdo con el PMI (2021b), cuando ya se establece el cronograma del proyecto, esta se la toma como referencia y se la podrá comparar con la del progreso real (p. 100). Esta referencia es primordial en el dominio del desempeño de la medición, ya que se utiliza para monitorear como avanza el proyecto con respecto a lo planificado (p. 188).

La guía del PMBOK dada por el PMI (2021b) señala que durante la ejecución del proyecto es importante medir continuamente el progreso y compararla con lo planificado. Si se encuentran retrasos o anomalías, se deben implementar acciones adecuadas para mantener el desempeño ideal, lo que puede llevar a realizar cambios o ajustes en los recursos para así

poder asegurar que el proyecto se mantenga en sus plazos planificados (pp. 93, 100, 113).

### **2.2.13 Business Intelligence**

Según Galindo et al. (2024), el Business Intelligence (BI) se define como un conjunto de herramientas y metodologías que permiten convertir una variedad de datos en información más concisa y comprensible, facilitando así la toma de decisiones empresariales. A través de estas metodologías, las organizaciones aprovechan eficientemente la información disponible para transformarla en conocimiento práctico, optimizando sus procesos mediante decisiones fundamentadas (p. 2).

### **2.2.14 Control de tareas con el uso del BI**

Al respecto, Galindo et al. (2024) afirman que el BI beneficia diversos aspectos de una organización, ya que mejora las operaciones al automatizar tareas rutinarias de análisis. Al refinar procesos y reducir ineficiencias, las empresas logran incrementar su productividad. Asimismo, la toma de decisiones basada en datos permite una gestión más eficiente de los recursos y una mejor planificación operativa (p. 4).

### **2.2.15 Microsoft Power BI**

Según Microsoft (2024), Power BI se define como un grupo de herramientas que trabajan juntas para organizar datos sueltos y convertirlos en información visual clara. Este programa permite unir datos de diferentes lugares, como un archivo Excel o la nube, para crear gráficos que ayudan a entender fácilmente qué es lo importante y compartirlo con otras personas.

Santiago Rioja (2022), detalla que el software Power BI consta de algunos componentes que funcionan de manera íntegra, entre estos están:

**Tabla 2**

*Componentes de Power BI*

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
<b>Power BI Desktop</b>	Software para escritorio dirigido al ambiente de desarrollo que ayuda a la conexión de diversas bases de datos y creación de informes. Esta herramienta se caracteriza porque es el inicio del flujo del proceso para una solución de estudio de datos en Power BI.
<b>Power BI Service</b>	Permite la interacción de diversos usuarios mediante un entorno de trabajo en equipo alojado en la nube. Ayuda gestionar los informes obtenidos en Desktop para luego publicar e intercambiar la información.
<b>Power BI Mobile</b>	Aplicación diseñada para dispositivos móviles Android o IOS para el monitoreo y control de informes generados en Desktop.

**Fuente:** Santiago Rioja (2022)

## 2.2.16 Power BI en la optimización de procesos

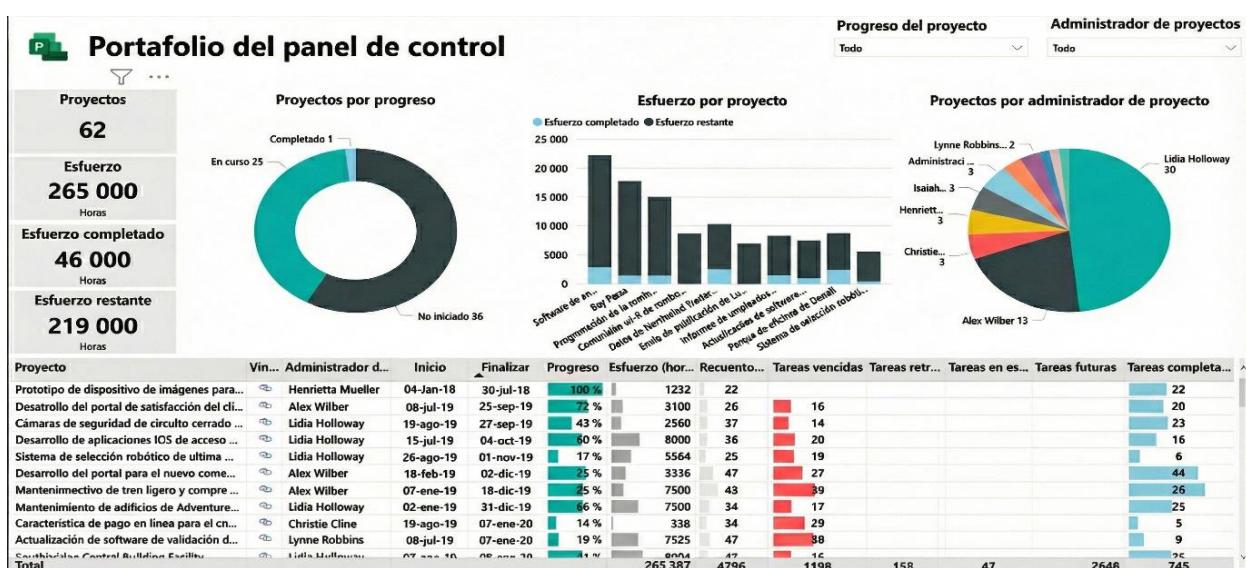
Galindo et al. (2024) afirman que la implantación del BI y el Power BI ayuda a las empresas a analizar sus procesos operativos de manera minuciosa. Al conocer las inefficiencias y los cuellos de botella las empresas pueden mejorar sus tareas operacionales. Por ejemplo, al utilizar Power BI en una empresa manufacturera se logra monitorear en tiempo real el rendimiento de las líneas de producción lo cual ayuda a realizar ajustes en poco tiempo y aumentar la eficiencia (p. 7).

## 2.2.17 Dashboard

Según Viera et al. (2021), los dashboards son instrumentos que facilitan la toma de decisiones al permitir centralizar, agrupar y visualizar gráficamente la información relevante de una organización de manera compartida.

Asimismo, estos autores describen que la correcta implementación de un dashboard permite dar seguimiento a los indicadores claves y tener una visión más clara de la situación actual de la empresa ya que los indicadores a observar son detallados, resultando así en información relevante que permitirán tomar decisiones correctas para alcanzar los objetivos de la empresa (p. 59).

**Figura 7**  
Dashboard de proyectos y seguimiento de tareas



Fuente: Microsoft (2025)

## 2.2.18 Metodología para la elaboración de un dashboard

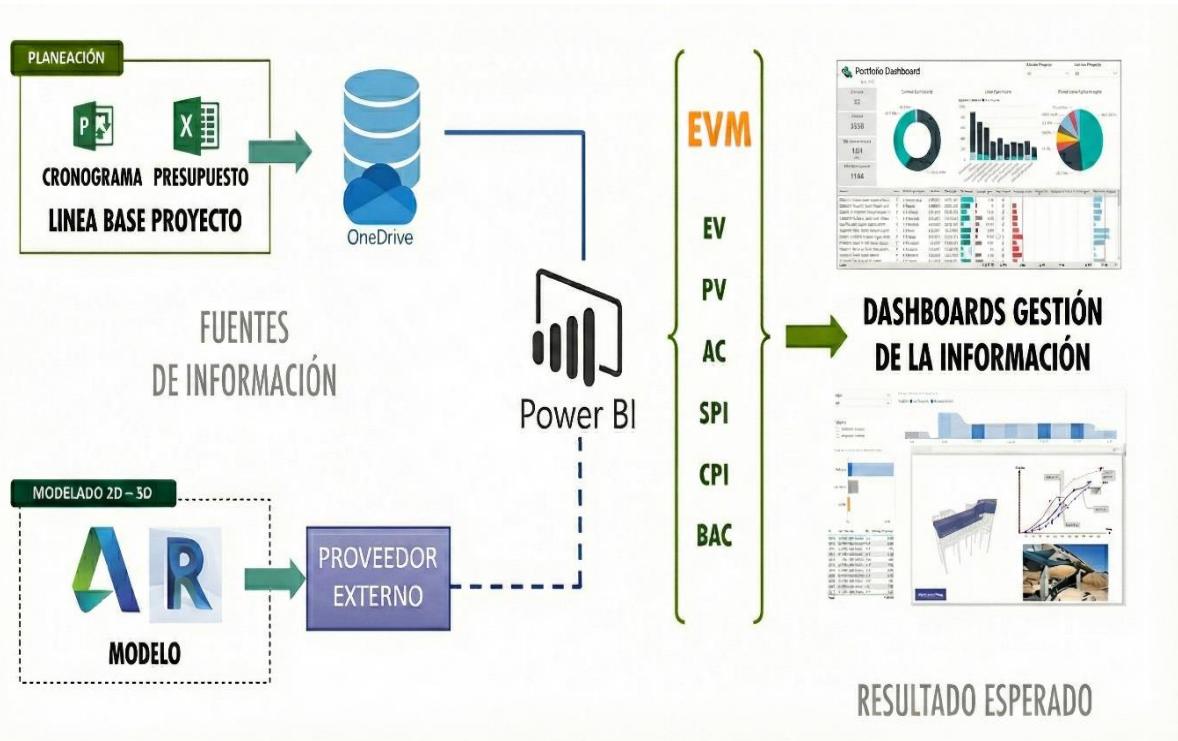
Santiago Rioja (2022) establece que, para la elaboración de un dashboard de gestión de proyectos en Power BI capaz de entregar informes de seguimiento resumidos, se debe llevar a cabo el siguiente procedimiento:

- Extracción y carga de la información base.
- Elaboración del modelo de integración de datos para cálculo de EVM.
- Integración modelo 3D con Power BI empleando una aplicación de terceros.

- Integración visual de elementos de análisis: tablas, gráficas, elementos de consulta y búsqueda (p. 39).

**Figura 8**

*Proceso para la realización de un tablero de control en Power BI*



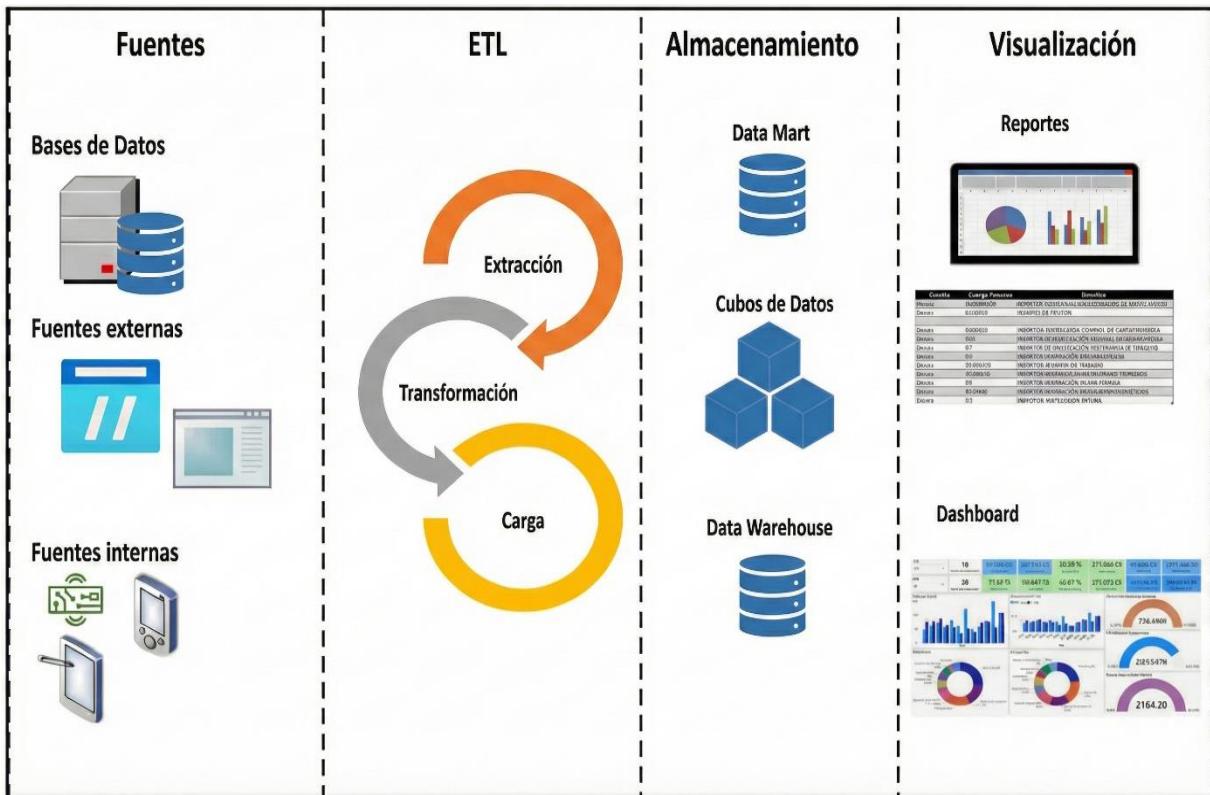
Fuente: Santiago Rioja (2022).

### 2.2.19 Herramientas de análisis de visualización

Según Calsina (2022), entre las principales herramientas se encuentran:

- **Generadores de informes:** Son empleadas para crear informes y enviarlas a las distintas áreas de la empresa.
- **Herramientas de consulta para usuarios finales:** Son utilizadas para los usuarios finales que requieran crear informes para ellos u otras personas, estas herramientas no requieren programación.
- **Herramientas de dashboard y scorecard:** Estas herramientas permiten a los usuarios finales observar la información del rendimiento de la empresa con un simple vistazo de gráficos e indicadores que facilitan ver la información más específica.
- **Herramientas de planificación, modelización y consolidación:** Con esta herramienta los analistas y los usuarios finales pueden realizar planes de negocios y simulaciones.
- **Herramientas data mining:** Crea modelos estadísticos de los procesos de negocios para determinar e interpretar algoritmos no conocidos en la información para así poder resolver los problemas que enfrenta el negocio (p. 55).

**Figura 9**  
*Arquitectura Business Intelligence*



Fuente: Gavilanes (2021).

### 2.2.20 Diagrama de procesos

Vargas et al. (2023) define a los diagramas de procesos como herramientas visuales aplicadas en la gestión y mejora continua, los cuales representan secuencias de operaciones e información de manera clara y concisa (p. 957).

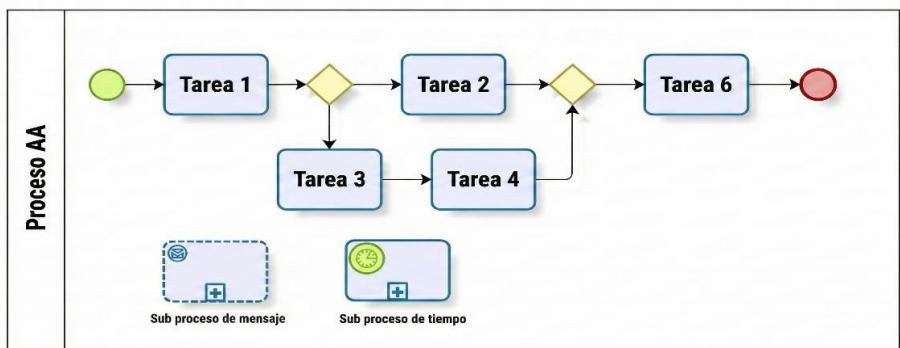
El objetivo principal de un diagrama de procesos es representar visualmente cómo funciona un proceso y las fases que lo componen. Estos ayudan a optimizar la comunicación entre las áreas de trabajo, identificar los sectores que generan más problemas y controlar el avance del proceso. Adicionalmente, permiten observar de manera clara y sencilla las actividades en ejecución, resultando en una herramienta muy útil para los empleados, la gestión de proyectos y la toma de decisiones (Vargas et al, 2023, p. 959).

### 2.2.21 Diagrama de procesos BPMN

Según Matamoros (2025), los diagramas BPMN son herramientas que facilitan la representación y documentación de los procesos empresariales de manera comprensible y estandarizada. Estos muestran las acciones, decisiones y el flujo del trabajo, ayudando a la comunicación entre los diferentes departamentos de trabajo operativos y administrativos de una empresa.

**Figura 10**

*Diagrama BPMN de un negocio*



Fuente: Pardo (2024).

Hoy en día, el diagrama BPMN es utilizado para diseñar, analizar y optimizar los procesos. Su principal ventaja es su capacidad para poder estandarizar, permitiendo de esta manera que los diagramas creados se entiendan muy fácilmente.

### 2.2.22 Cronograma

El cronograma es la herramienta más utilizada en la gestión de proyectos por el simple hecho de representar visualmente las tareas. Mediante un cronograma correctamente estructurado, el equipo del proyecto puede seguir el avance de las tareas, hallar posibles cuellos de botella y garantizar que el proyecto se complete en el tiempo establecido de acuerdo con lo planificado. También es conocido como el mapa del proyecto ya que esta dirige su implementación y permite utilizar de mejor manera los recursos con la finalidad de que se cumplan las metas dentro del tiempo establecido (Martínez, 2024, p. 79).

**Figura 11**

*Cronograma de un proyecto*

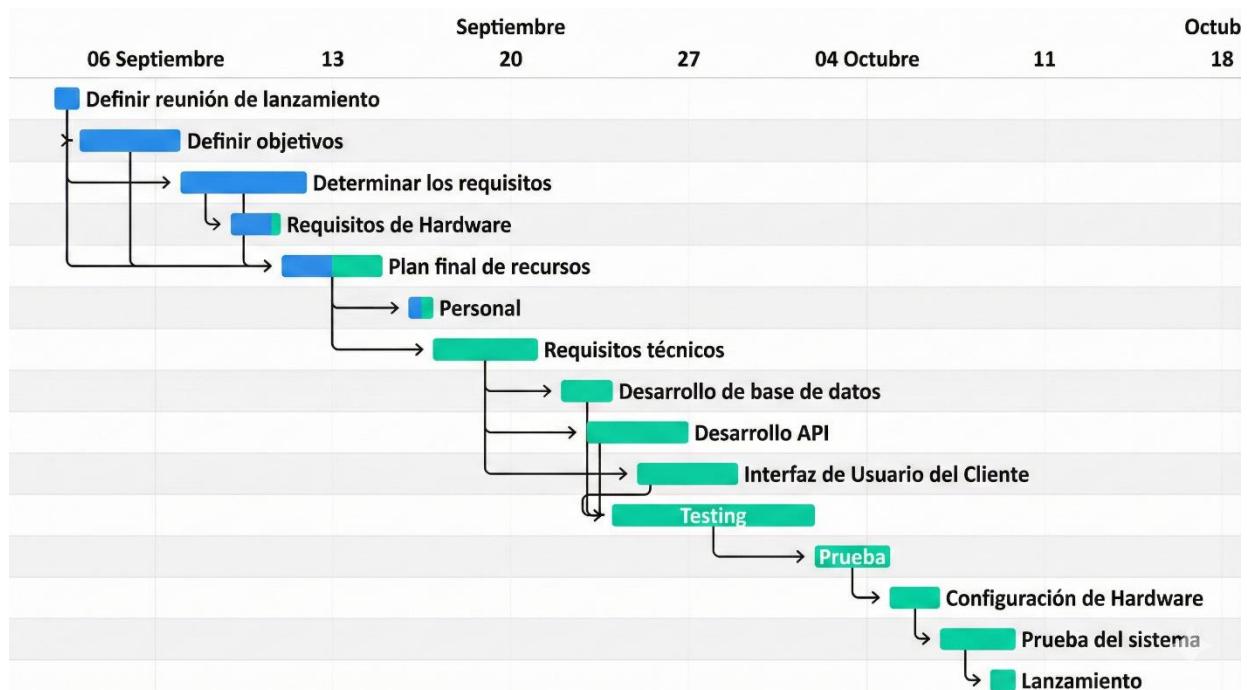
Tarea	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Duración	Nivel de Prioridad	Porcentaje de avance
Diseños arquitectónicos	6/1/2024	6/15/2024	14	Alto	100%
Planos estructurales	6/16/2024	6/30/2024	14	Alto	100%
Obtener permisos	7/2/2024	7/17/2024	15	Alto	100%
Despejar el terreno	7/16/2024	7/31/2024	15	Medio	100%
Excavar el terreno	8/1/2024	9/1/2024	31	Alto	100%
Nivelar y compactar el sitio	9/2/2024	10/5/2024	33	Alto	100%
Cimentación de concreto	10/15/2024	11/4/2024	20	Alto	100%
Curado de la cimentación	10/31/2024	11/15/2024	15	Medio	100%
Inspección cimentación	11/12/2024	11/13/2024	1	Crítico	100%
Levantar estructura de acero	12/1/2024	12/28/2024	27	Crítico	100%
Instalar pisos y muros	12/10/2024	1/18/2025	39	Alto	100%
Inspección estructural	1/12/2025	1/21/2025	9	Alto	100%
Instalar unidades HVAC	2/10/2025	2/20/2025	10	Bajo	50%
Pruebas de HVAC	2/22/2025	3/6/2025	12	Bajo	0%
Cableado eléctrico	3/1/2025	3/23/2025	22	Alto	50%
Instalar accesorios de plomería	3/10/2025	3/30/2025	20	Alto	50%
Inspecciones finales	3/20/2025	3/31/2025	11	Alto	0%
Recorrido final	4/28/2025	5/3/2025	5	Alto	0%
Resolver observaciones de inspección	5/5/2025	5/10/2025	5	Medio	0%

Fuente: Tristánchó (2025).

**Diagrama de Gantt:** Es una gráfica que muestra las tareas del proyecto durante el transcurso del tiempo. Es la herramienta más útil para el control del cronograma ya que es muy fácil de usar y muestra de forma visual el avance del proyecto (Martínez, 2024, p. 84).

**Figura 12**

*Diagrama de Gantt*



**Fuente:** Plan de mejora (2022).

### 2.2.23 Curva S

La curva S es una gráfica utilizada en distintos ámbitos, pero principalmente por las empresas ya que permite ver el desarrollo de una variable a lo largo de un tiempo determinado. Se denomina “curva S” porque se asemeja a una, esto debido a que muestra un crecimiento lento para después pasar a un crecimiento rápido y finalizar con un crecimiento lento y estable. Esta gráfica permite evaluar el avance de un proyecto, identificar desviaciones con respecto a lo planificado y así poder tomar las decisiones correctivas para asegurar el cumplimiento del proyecto (Pérez, 2024).

## 2.3 Glosario de términos

**Tabla 3**

*Glosario de términos*

Término	Significado
CIRT	<b>Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas.</b> Institución dedicada al estudio, desarrollo y reparación de turbinas industriales.

<b>CELEC</b>	<b>Corporación Eléctrica del Ecuador.</b> - Empresa responsable de la transmisión de energía eléctrica en el Ecuador.
<b>PMI</b>	<b>Project Management Institute (Instituto de Gestión de Proyecto).</b> - Institución principal que se dedica a la dirección de proyectos.
<b>PMBOK</b>	<b>Project Management Body of Knowledge (Cuerpo de conocimiento de la gestión de proyectos).</b> - Guía de trabajos que establece estándares para gestionar un proyecto.
<b>BPMN</b>	<b>Business Process Model and Notation (Modelo y Notación de Procesos de Negocios).</b> – Lenguaje para analizar y describir los flujos de una empresa.
<b>ETL</b>	<b>Extraer, Transformar y Cargar.</b> - Proceso para la integración de datos.
<b>KPIs</b>	<b>Key Performance Indicator (Indicador clave de desempeño).</b> - Medida cuantitativa que sirve para analizar el rendimiento de una organización.

**Fuente:** Elaboración Propia.

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

El marco metodológico se define como la sección de la investigación donde se exponen los métodos teórico-prácticos empleados para el análisis del problema planteado (Rivas, 2022). Es decir, se trata del capítulo donde se describe el proceso de investigación que respalda los resultados obtenidos.

#### 3.1 Enfoque

La investigación fue de enfoque cuantitativo, debido a que en la recolección de datos se aplicaron métricas e indicadores para evaluar el desempeño de los procesos. Se emplearon herramientas como cronogramas de tiempos e indicadores de rendimiento (KPIs).

#### 3.2 Tipo de investigación

La investigación presentó un carácter no experimental, debido a que las variables no se manipularon, sino que solamente fueron observadas y analizadas. Este tipo de diseño permitió analizar la situación actual de los procesos de reparación del Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas. La investigación incluyó el levantamiento de información, el cual sirvió como una base para desarrollar la propuesta de control y monitoreo de los procesos.

#### 3.3 Diseño de la investigación

El diseño de investigación fue de carácter descriptivo, ya que su principal propósito fue describir las características actuales de los procesos de reparación de los distintos elementos de las turbinas. Se incluyó la identificación de las actividades críticas, los recursos requeridos y los problemas enfrentados en relación con los tiempos y costos operacionales.

#### 3.4 Unidad de análisis

Las unidades de análisis fueron las órdenes de trabajo (ODT) y las tareas de reparación en el CIRT. Esto incluyó las actividades, los procesos y procedimientos para la reparación de los elementos de las turbinas como rodetes, álabes, inyectores y otros elementos de las turbinas hidráulicas. La unidad de análisis comprendió los siguientes componentes:

- Tiempos de avance de reparación
- Las tareas y las secuencias de trabajo
- El personal que se encuentre involucrado en las tareas
- La documentación generada en los procesos

### **3.5 Técnicas e instrumentos de investigación**

De acuerdo con Hernández y Ávila (2020), las técnicas de recolección de datos se definen como los procedimientos que guían al investigador a obtener la información requerida para dar respuesta a su pregunta de investigación (p.52).

#### ***3.5.1 Técnicas de recolección de datos***

Los datos recolectados en este trabajo de investigación fueron obtenidos mediante tres técnicas complementarias:

**Observación directa:** Durante el periodo 2024-2025, las vistas realizadas al taller del CIRT permitieron observar el flujo del trabajo. Allí se analizó la secuencia real de las tareas, el uso de maquinaria crítica y el desplazo de las piezas por el taller. Este levantamiento de información en campo ayudó a localizar los cuellos de botella y comprobar los tiempos operativos. Ver Anexo B.

**Análisis documental:** Se revisaron los archivos internos del CIRT, abarcando desde las órdenes de trabajo hasta las bitácoras y manuales técnicos. Esta información sirvió como base para construir el diagrama de flujo BPMN, asegurando que la secuencia del proceso sea el mismo del taller. Ver Anexo B.

**Entrevistas estructuradas:** Se consultó directamente con el encargado del Diseño y Optimización del CIRT para validar el flujo del proceso y definir tiempos y recursos. Gracias a estos encuentros se obtuvo los datos cuantitativos presentados en la Tabla 5. Ver Anexo A.

#### ***3.5.2 Instrumentos de recolección de datos***

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron:

- **Para la observación de datos:** Recursos fotográficos, notas de campo y la matriz de identificación de recursos
- **Para el análisis documental:** Revisión de archivos digitales proporcionados por el CIRT, incluyendo órdenes de trabajo, instructivos técnicos y reportes de reparación.
- **Para la entrevista estructurada:** Matriz de levantamiento de información para la determinación de tiempos, guías de preguntas técnicas y registros de consultas al jefe del área.

Adicionalmente, al finalizar la implementación del sistema se aplicó una entrevista de satisfacción al supervisor general del CIRT para evaluar el impacto de la solución desarrollada. Ver Anexo AA.

#### ***3.5.3 Técnicas de procesamiento de datos***

Para el procesamiento de datos se aplicó Power BI para integrar los datos históricos y en tiempo real permitiendo la creación de KPIs automatizados para así obtener un análisis más fácil de los datos.

### 3.5.4 Herramientas de procesamiento de datos

Las herramientas tecnológicas utilizadas fueron Power BI Desktop para diseñar el dashboard con la finalidad de generar visualizaciones interactivas y automatizar reportes. También se empleó SQL Server para obtener una base de datos con una correcta estructura que relacione los diferentes campos de una orden de trabajo.

## 3.6 Identificación de variables

- **Variable independiente:** Tareas de reparación
- **Variable dependiente:** Implementación de un Dashboard mediante Power BI

**Tabla 4**

*Operacionalización de variables*

Variable independiente	Definición	Indicadores	Técnicas e instrumentos
Tareas de reparación	Acciones dirigidas a la restauración de un objeto a su estado original.	Conteo de tareas completadas, en progreso y retrasadas.	Documentación
Implementación de un Dashboard mediante Power BI	Proceso de diseño y desarrollo de un panel interactivo que visualiza la información clave para el análisis y toma de decisiones	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conteo de ODTs por estado (progreso, completado, etc.)</li><li>• Avance promedio de áreas</li><li>• Curva S de trabajo Acumulado</li><li>• Diagrama de Gantt de los cronogramas</li></ul>	<p><b>Técnicas:</b> Observación directa, documentación y entrevista de satisfacción</p> <p><b>Instrumentos:</b> Power BI Desktop y Base de datos SQL</p>

**Fuente:** Elaboración Propia.

## 3.7 Procedimiento de la investigación

### a) Fase de inicialización:

En esta etapa se formalizó el inicio del proyecto mediante el desarrollo de un acta de constitución. Este documento incluyó el propósito del proyecto, consistente en el diseño de un sistema monitoreo en tiempo real para el CIRT. Además, se identificó a los interesados clave como técnicos, supervisores y el personal administrativo, quienes son los principales usuarios del dashboard. Asimismo, se designó a un responsable para el control y monitoreo del proyecto, encargado de dirigir y coordinar todas las actividades. Finalmente, se estableció el alcance inicial, el cual abarcó desde el análisis de la situación actual hasta la

implementación y capacitación del dashboard, asegurando así que no se desviaran recursos en actividades no esenciales.

#### **b) Fase de planificación**

Fue la etapa más importante para asegurar el éxito del proyecto. Donde primero se planificó identificar las tareas críticas de reparación por medio de un diagrama BPMN para identificar los datos con los que se trabajó, así como la mano obra y tiempos establecidos. Después, se planteó desarrollar los estándares de control para determinar los indicadores que deseaba ver la empresa. Posterior a esto, se ideó realizar la base de datos con los requisitos que se necesitaba para obtención de los indicadores establecidos. Por último, se estableció realizar toda la arquitectura de la inteligencia de negocios donde se planificó realizar el dashboard en Power BI y la aplicación de gestión por medio de Python y concluir con la unión a la base de datos previamente construida.

#### **c) Fase de ejecución**

En esta etapa se implementaron las actividades planificadas. Se comenzó con la recopilación y análisis de datos históricos sobre tiempos, recursos y procesos de reparación en el CIRT. Luego, partiendo de los datos y requisitos que pidió la empresa se comenzó a utilizar SQL Server para la construcción de la base de datos, con esto se obtuvo un modelo que permitió calcular automáticamente los KPIs definidos. Una vez creada la base de datos se procedió a realizar la aplicación de escritorio en Python para el manejo e inserción de datos la cual se conectó la base de datos ya construida. Una vez creado los dos componentes, se construyó el dashboard y se la enlazó la base de datos. Después, se realizaron pruebas preliminares para garantizar que las métricas visualizadas sean precisas y relevantes. Finalmente, se desplazó a producción todo lo mencionado y se llevó a cabo una capacitación dirigida al personal del CIRT con la finalidad de instruirles en la interpretación de gráficos, filtrado datos y generación de reportes personalizados.

#### **d) Fase de control y monitoreo**

A lo largo de la ejecución, se mantuvo un monitoreo continuo sobre el avance. Aquí lo importante fue observar el ritmo de trabajo del taller y compararla con lo planificado. Gracias al dashboard en Power B, se pudo medir el impacto de la implementación, como disminución de errores que se cometían en la documentación o los cambios en los tiempos de reparación.

#### **e) Fase de cierre**

Finalmente, se cerró el proyecto una vez que el sistema de monitoreo estuvo completamente funcional y fue aceptado por los interesados. Se elaboró una encuesta de satisfacción al jefe encargado del diseño y optimización del CIRT. Esto con la finalidad de determinar si el sistema de monitoreo cumplió con todos los requisitos de la empresa. Como resultado se obtuvo un acta de validación del sistema de monitoreo emitida por la empresa

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados

Este capítulo detalló el análisis del proceso de reparación de piezas del CIRT con el objetivo de identificar las tareas que lo componen, los tiempos involucrados, los recursos necesarios, las etapas críticas y los principales cuellos de botella. Este análisis permitió establecer una base sólida para el diseño e implementación del sistema de monitoreo de tareas basado en inteligencia de negocios y Power BI.

##### *4.1.1 Mapeo del flujo de trabajo e identificación de puntos críticos*

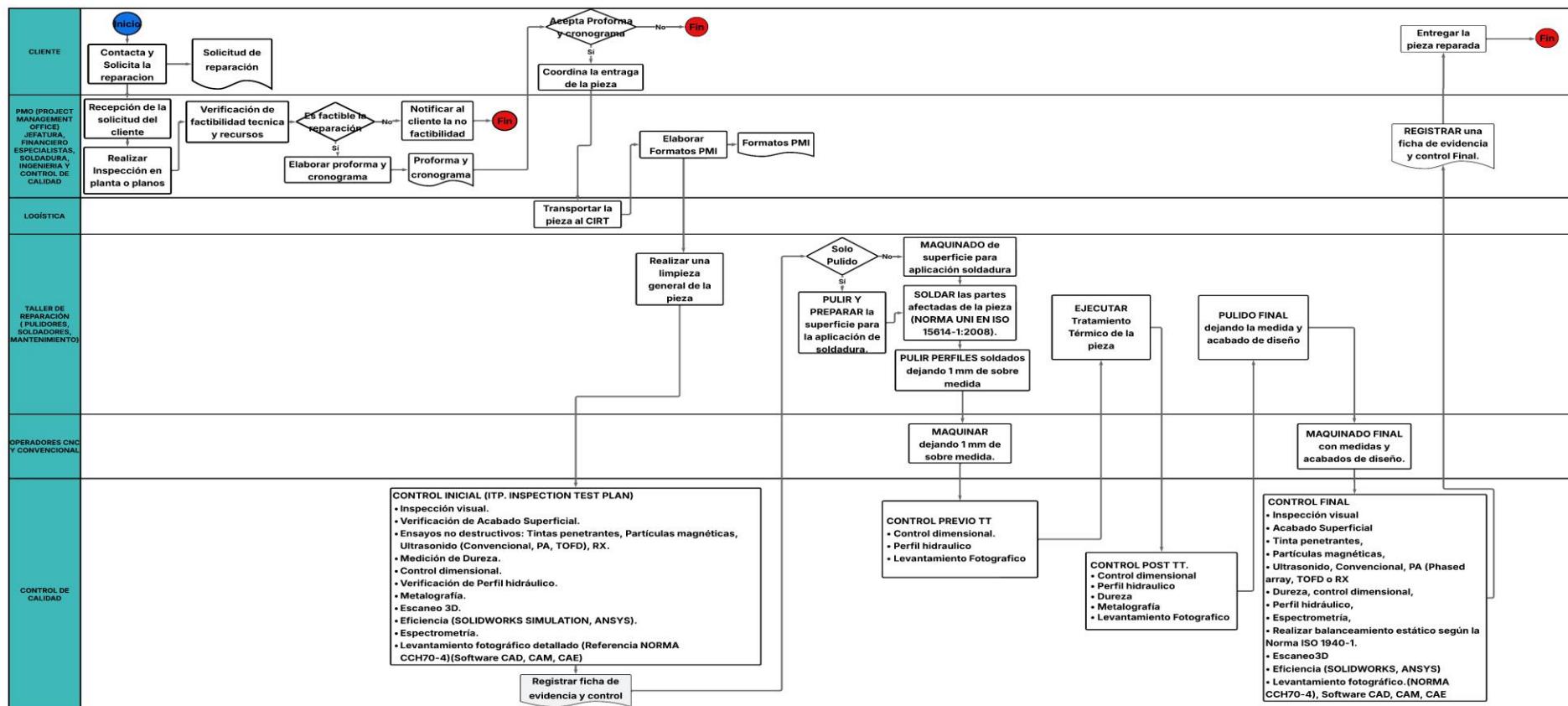
El diagrama de flujo del proceso de reparación se elaboró siguiendo una notación Business Process Model and Notation (BPMN). Este diagrama no solo indicó las etapas del proceso, sino que también mostró los puntos críticos de decisión, los roles y áreas responsables de cada etapa mediante el uso de carriles, así como la documentación generada en cada proceso.

Las etapas identificadas y validadas por el jefe del CIRT fueron: La recepción de la solicitud de los clientes, inspección técnica ya sea en plano o in situ, la elaboración de proforma y cronograma, desmontajes y ejecución de la reparación, pruebas finales y control de calidad y la entrega de la pieza reparada.

La construcción de este diagrama se realizó en base al análisis documental de instructivos internos y la observación directa del flujo operativo en las instalaciones del CIRT (Ver Anexo B). Las etapas, puntos de decisión y responsables fueron validados mediante entrevistas estructuradas al jefe del CIRT.

**Figura 13**

*Diagrama BPMN del CIRT*



**Nota.** Ver Anexo C para mejor visualización. El diagrama muestra las etapas críticas del proceso de reparación, es decir, desde la recepción de la solicitud de reparación hasta la entrega final. Incluye tareas críticas como control de calidad y recursos empleados.

**Fuente:** CELEC-EP, 2025.

A continuación, se describe cada etapa del proceso según la información actualizada del CIRT.

### **Etapa 1: Recepción de la solicitud**

El proceso comenzó en el momento que el cliente se pone en contacto para solicitar un servicio. Aquí, la oficina de gestión de proyectos (PMO) se encargó de receptar la solicitud y realizar de forma inmediata los procesos de factibilidad técnica y la disponibilidad de los recursos básicos para determinar si el CIRT podía ejecutar la reparación solicitada. Esta fase tiene una duración estimada de 3 días. Los recursos empleados fueron el personal administrativo y de gestión de proyectos, apoyados del sistema de registro llamado Central. Se identificó como punto crítico la demora en los procesos administrativos, derivada de la calidad de la información técnica y documental proporcionada por el cliente, datos esenciales para una correcta y ágil evaluación de factibilidad.

### **Etapa 2: Elaboración de proforma, cronograma y aprobación del cliente**

Una vez confirmado el estudio de factibilidad, la PMO procedió a elaborar una proforma técnico-económica y un cronograma preliminar de trabajo, actividad que tuvo una duración de 3 días. En este proceso se realizó un análisis minucioso para definir el alcance inicial de la reparación; estimar costos asociados como los materiales y costo de mano de obra y por último planificar las tareas de reparación para así establecer un tiempo de entrega.

Una vez que la proforma y el cronograma ya fueron enviados al cliente para su revisión, el avance depende de su respuesta. Si se acepta, la PMO se encarga de oficializar el inicio del proyecto por medio de formularios PMI y coordina con el área de logística el transporte de la pieza al taller. Esta etapa fue realizada por los ingenieros de planificación y el sistema de cotización. Sin embargo el problema principal aquí fue la demora en la aprobación externa, ya que ese tiempo de espera frenaba el inicio de la etapa de reparación la cual es la más larga.

### **Etapa 3: Inspección técnica del CIRT**

Con la pieza ya en el taller del CIRT y la proforma aprobada, se hizo una revisión técnica muy larga con una duración de 5 días. El proceso inició con una inspección simple y formal. Los especialistas en soldadura, ingeniería y control de calidad son los que estuvieron a cargo en esta etapa.

Las tareas aquí fueron ensayos no destructivos como tintas penetrantes, partículas magnéticas y ultrasonido. También, se revisaron perfiles geométricos, análisis metalográficos, escaneo 3D, simulaciones de eficiencia y análisis de composición de materiales. Se vio que tardar mucho en estas tareas es un problema serio. La precisión de estas revisiones era clave para hacer el plan final de arreglo.

### **Etapa 4: Ejecución del desmontaje y las tareas de reparación**

Esta etapa fue la más larga extendiéndose por cerca de 90 días. Durante este tiempo, el personal como los soldadores, pulidores y hasta especialista en CNC llevaban a cabo la

reparación de las piezas de la turbina. Aquí, utilizaron maquinaria pesada, como tornos verticales y hornos de tratamiento térmico. Sin embargo, el análisis mostró que la limitada disponibilidad de estos equipos es crítica; de hecho, la falta de tornos y alta especialización para rectificar y soldar se convertían en las principales restricciones del flujo.

### **Etapa 5: Pruebas finales y control de calidad**

Al finalizar la reparación y el reensamble, se procedió a las pruebas finales con una duración estimada de 10 días. Las tareas fueron mirar la pieza, revisar cómo quedó la superficie, repetir las pruebas sin dañar, medir qué tan duro era el metal, checar medidas y balancear estáticamente. Esto fue según la norma ISO 1940-1. En este punto, calidad tenía que firmar que todo cumplía con las medidas y lo del metal. El gran problema aquí fue tener que repetir el trabajo si algo no estaba bien. Esto forzó volver a fases pasadas, lo que afectó cuándo se entregaba y cuánto costaba todo.

### **Etapa 6: Entrega de la pieza reparada**

La etapa final consistió en la entrega formal de la pieza al cliente, con una duración estimada de un día. Gestionada con la PMO, se incluyó la preparación para el despacho, coordinación logística y entrega de la documentación técnica de respaldo. No se identificaron cuellos de botella significativos en esta etapa.

#### **4.1.2 Cuantificación de tiempos y recursos del proceso**

**Tabla 5**

*Resumen de tiempos estimados y retrasos clave*

<b>Etapa</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Retraso clave</b>
Recepción	3 días	2,68%	Proceso administrativo
Inspección técnica	5 días	4,46%	Diagnósticos prolongados
Proforma/Cronograma	3 días	2,68%	Aprobaciones externas lentas
Reparación	90 días	80,36%	Tareas técnicas (soldadura, rectificación), limitada disponibilidad de tornos
Pruebas finales	10 días	8,93%	Repeticiones por no conformidades
Entrega	1 día	0,89%	Logística directa

**Nota.** La información cuantitativa presentada fue validada mediante consultas técnicas al jefe de diseño y optimización del CIRT. La evidencia de estos datos está en el Anexo A.

**Fuente:** Datos históricos de CELEC-EP

**Análisis:** Los datos obtenidos mediante consultas técnicas al jefe del CIRT mostraron que el 80.36% del tiempo de un proyecto se invirtió en reparar la pieza en el taller. Por el contrario, las etapas administrativas y de recepción representaron el 9.82%

combinadas, mientras que las pruebas finales ocuparon el 8.93% del ciclo. Esta distribución de tiempo evidenció que los procesos administrativos no constituyeron el cuello de botella principal del sistema.

**Interpretación:** El mucho tiempo en la parte de hacer el trabajo justificó poner el sistema de monitoreo. Este sistema controlaría mejor las tareas de operación. Los puntos lentos eran la soldadura difícil. También, la rectificación precisa era un punto clave. El mirar esto al momento podía ayudar mucho a bajar los tiempos. Estos datos sirvieron como base. Con esto se diseñaron las métricas clave. Estas métricas se vieron en el panel de control.

**Tabla 6**

*Recursos requeridos por etapas*

<i>Etapa</i>	<i>Recursos</i>
Recepción	Personal administrativo, sistema de registro
Inspección técnica	Técnicos, equipos de ensayos no destructivos
Proforma/Cronograma	Ingenieros, software de gestión
Desmontaje	Operarios, grúas, herramientas manuales
Reparación	Técnicos especializados, torno vertical, soldadura, acero inoxidable
Pruebas finales	Técnicos, escáner 3D, espectrometría
Entrega	Personal logístico, transporte

**Nota.** Información obtenida del análisis documental y observación directa en el taller del CIRT. Ver Anexo B.

**Fuente:** CELEC-EP. Elaboración propia.

**Análisis:** Las etapas de reparación y pruebas finales representaban la fase que tenían la mayor complejidad, ya que aquí se requirieron equipos especializados como tornos verticales y escáneres 3D. La revisión técnica y hacer los presupuestos pedidos dependían de gente capacitada. En cambio, para recibir, desarmar y entregar las cosas, se usaron medios comunes.

**Interpretación:** La alta demanda de equipos especializados en las fases de reparación y pruebas finales señaló una oportunidad para mejorar su disponibilidad y mantenimiento. Por eso fue ideal un plantear un monitoreo efectivo de estos recursos, mediante el tablero en Power BI.

#### **4.1.3 Determinación de estándares de control y diseño de la base de datos**

Gracias al análisis del proceso y la identificación de los cuellos de botella presentados en el resultado anterior, se dio continuidad al segundo objetivo específico. Esta fase se enfocó en transformar los hallazgos cualitativos en métricas cuantitativas, con el fin de construir la infraestructura tecnológica necesaria para un sistema de monitoreo robusto y escalable.

#### 4.1.4 Determinación de métricas e indicadores de rendimiento

Para establecer un control efectivo sobre el avance y el desempeño de los proyectos, se establecieron e implementaron las siguientes métricas y KPIs. Cada uno cumplió una función determinada en la gestión y toma de decisiones, fundamentándose en fórmulas matemáticas adaptadas a la realidad operativa del taller.

##### Métrica 1: Conteo de órdenes de trabajo por estado

**Definición:** Representó el número total de órdenes de trabajo agrupadas según el estado en la que se encontraban, tales como pendientes, en progreso y completado. Su objetivo fue dar una visión global de la carga laboral en el taller, ayudando a identificar áreas que tenían retrasos y así mejorar la asignación de recursos. El monitoreo continuo de este indicador permitió a la alta dirección anticiparse a las necesidades operativas y tomar decisiones informadas para mantener el flujo de trabajo eficiente.

$$N_{estado} = \sum_{i=1}^n (estado_i = estado)$$

##### Donde

- $N_{estado}$ : Es el número de órdenes en un estado específico
- $n$ : Es el total de órdenes de trabajo
- $estado_i$ : Es el estado de la orden  $i$
- $(estado_i = estado)$ : Vale 1 si la condición se cumple y 0 si no

##### Métrica 2: Conteo de tareas atrasadas

**Definición:** Contó el número de tareas individuales que ya pasaron su fecha de cumplimiento. Fue un indicador esencial para la gestión operativa, ya que permitió hallar tareas que estaba a punto de acabar pero no cumplían con el 100% de avance. El seguimiento de estas tareas, las acciones correctivas tomadas y la reasignación de recursos redujeron el impacto negativo en el cronograma planificado del proyecto.

$$A = \sum_{i=1}^n (Fecha\ actual > Fecha\ fin\ estimada_i \ y\ avance_i < 100)$$

##### Donde:

- $A$ : Es número de tarea atrasadas
- $n$ : Es el total de tareas
- **Fecha actual** : Es la fecha de hoy
- **Fecha fin estimada $i$** : Es la fecha de fin para la culminación de la tarea  $i$
- **Avance $i$** : Es el porcentaje de avance de la tarea  $i$
- **(Condición)**: Vale 1 si la condición se cumple y 0 si no

##### Métrica 3: Avance promedio de proyectos

**Definición:** Este midió cuánto avanzaba cada tarea, se calculó con la media

aritmética de los porcentajes de avance individual. Esta métrica permitió visualizar el estado actual de un proyecto, resumiendo el desempeño colectivo y facilitando la comunicación de resultados entre las áreas operativas y administrativas.

$$APT = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i)$$

**Donde:**

- **APT:** Es el avance promedio total
- **P<sub>i</sub>:** Es el porcentaje de avance de la tarea *i*
- **n:** Es el número total de tareas en el contexto seleccionado

#### **Métrica 4: Avance ponderado del proyecto**

**Definición:** Midió el progreso de cada tarea considerando su importancia de acuerdo con su tiempo de duración. De esta forma, las tareas más larga y complejas afectaron al avance total, evitando distorsiones por tareas pequeñas. Este proporcionó información más confiable sobre el estado del proyecto, ya que los supervisores priorizaron los esfuerzos en actividades de mayor impacto y gestionaron los recursos de manera más estratégica.

$$Avance_{ponderado} = \sum_{i=1}^n (Peso_i * Avance_i)$$

$$Peso = \frac{Duración_i}{\sum_{i=1}^n (Duración_i)}$$

**Donde:**

- **Avance<sub>ponderado</sub>:** Es el avance total acumulado
- **Peso<sub>i</sub>:** Es el peso de la tarea *i*
- **Duración<sub>i</sub>:** Es la duración de la tarea *i*
- **Avance<sub>i</sub>:** Es el porcentaje de avance de la tarea *i*

#### **Métrica 5: Porcentaje de avance de cada tarea**

**Definición:** Esta métrica mostró el avance de cada tarea respecto a su fecha de finalización. Con esto se logró observar que tareas avanzaban según lo planeado, cuáles presentaban retrasos y cuáles ya fueron completadas. El monitoreo de esta métrica ayudó a los supervisores mediante la toma de decisiones adecuadas.

$$Avance_{Tarea i} = \frac{Trabajo\ realizado\ en\ la\ tarea\ i}{Trabajo\ total\ estimado\ en\ la\ tarea\ i} * 100$$

**Donde:**

- **Avance<sub>Tarea i</sub>:** Es el porcentaje de avance de la tarea *i*
- **Trabajo realizado:** Es la cantidad de trabajo completado

- **Trabajo total estimado:** Es la cantidad de trabajo planificado para la tarea

### **KPI 1: Curva S de avance planificado**

**Definición:** Fue un indicador clave que mostraba el avance ideal de un proyecto durante su periodo de realización. Se representaba en forma de “S”, es decir con un inicio lento, una aceleración en la fase intermedia y una desaceleración al acercarse al final del proyecto. Su análisis fue ideal para la comparación entre lo planificado y lo realmente ejecutado, permitiendo así encontrar variaciones en el tiempo y tomar decisiones para mantener el proyecto en cercano a lo ideal.

$$Plan_{dia} = \frac{L}{1 + e^{-k(x-x_0)}}$$

**Donde:**

- **Plan<sub>dia</sub>:** Avance planificado acumulado en el día
- **L:** Límite máximo (100%).
- **k:** Pendiente de la curva (Ajusta la rapidez del cambio, típicamente es 7.5)
- **x:** Progreso temporal normalizado (de 0 a 1, calculado como días transcurridos sobre la duración total)
- **x<sub>0</sub>:** Punto medio de la curva (Usualmente 0.5)

### **KPI 2: Curva S de avance real**

**Definición:** Fue otro indicador clave ya que mostraba el avance acumulado por medio de los registros de avances diarios de cada tarea. Esta curva reflejó el desempeño real de los proyecto logrando así identificar retrasos que necesitaban medidas correctivas.

$$Real_{dia} = \sum_{i=1}^n (Peso_i * Avance_{i,dia})$$

**Donde:**

- **Real<sub>dia</sub>:** Es el avance real acumulado en el día
- **n:** Es el número total de tareas
- **Peso<sub>i</sub>:** Es el peso de la tarea *i* (Por ejemplo duración de la tarea)
- **Avance<sub>i,dia</sub>:** Es el porcentaje de avance de la tarea *i* en el día

### **KPI 3: Curva S de pronóstico**

**Definición:** Fue un indicador clave porque proyectaba el avance futuro por medio de una función sigmoidal ajustada. Este KPI permitió ver el avance futuro que se debía tener para lograr completar el proyecto según la fecha planificada ayudando así a repartir estratégicamente la mano de obra. Esta curva se recalcula dinámicamente según el avance

real que se registraba, ofreciendo así avance actualizado de cómo evolucionará el proyecto si se mantuviera el ritmo observado.

$$Pronostico_{dia} = \frac{L}{1 + e^{-k(x-x_0)}}$$

**Donde:**

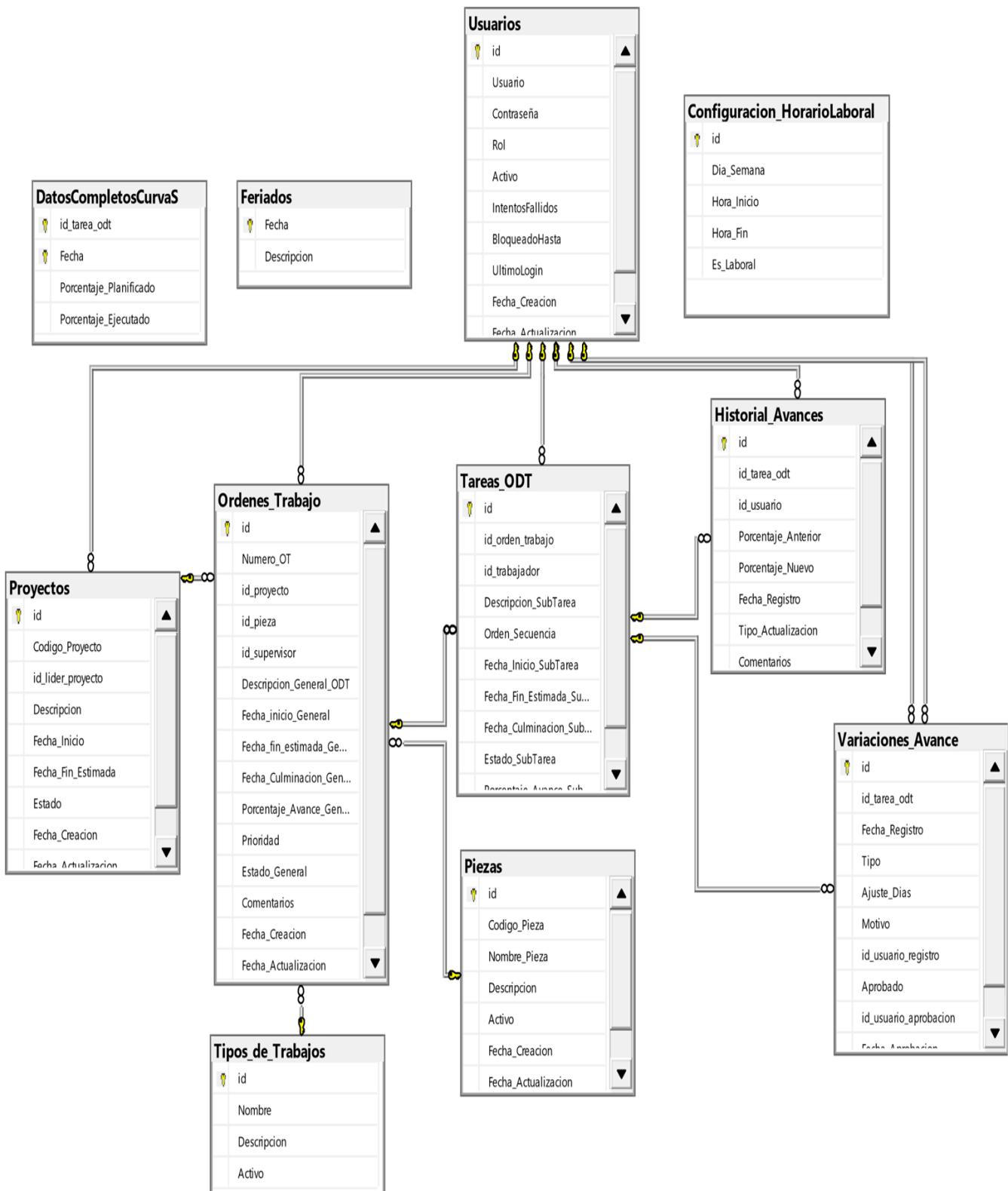
- **Pronóstico<sub>dia</sub>:** Es el avance proyectado para el día
- **L:** Es el límite máximo (100%).
- **k:** Es la pendiente de la curva (este valor ajusta el pronóstico)
- **x:** Es el progreso temporal normalizado para el pronóstico
- **x<sub>0</sub>:** Es el punto medio de la curva (Usualmente es 0.5)

#### **4.1.5 Diseño e implementación de la base de datos estructurada**

Para realizar el cálculo automatizado de estos KPIs y permitir el análisis histórico, el resultado técnico para esta fase fue diseñar e implementar una base de datos relacional en SQL Server.

**Figura 14**

## Diagrama Entidad-Relación del sistema de monitoreo de tareas



**Fuente:** Elaboración propia.

**Descripción Técnica:** El diseño de esta base de datos se realizó con la finalidad de garantizar la integridad, trazabilidad y eficiencia del sistema. Las tablas que constituyeron el pilar de este sistema fueron las órdenes de trabajo, tareas y el historial de avance, ya que permitieron registrar cada dato fundamental del proceso. Se destacó la tabla para la curva S, ya que se diseñó como una tabla de precálculo poblada automáticamente, para que de esta manera el desglose diario del avance mejorara el rendimiento del dashboard. Adicionalmente, se creó una tabla de vistas que sirvió como una fuente de datos única que permitió diseñar el dashboard con mayor facilidad en Power BI.

Con la definición de los KPIs necesarios y la implementación de la base de datos se completaron las fases fundamentales para la construcción del dashboard.

#### **4.1.6 Establecimiento del sistema de monitoreo**

El cumplimiento del tercer objetivo se basó en la implementación de un sistema de monitoreo integral, donde se diseñó un dashboard en Power BI, el cual actuó como la capa de análisis y visualización de los datos. El sistema se diseñó con una arquitectura de tres componentes importantes que trabajan en conjunto para la transformación de los datos operativos en la inteligencia de negocio.

#### **4.1.7 Arquitectura de la solución elaborada**

La solución novedosa se compuso de una base de datos para el almacenamiento, una aplicación de escritorio para la inserción de datos y un dashboard para el análisis visual.

**Figura 15**

*Arquitectura del sistema de monitoreo*



**Fuente:** Elaboración propia.

**Aplicación de escritorio:** Se desarrolló una aplicación de escritorio con Python para que existiera una fácil interacción del personal del CIRT con la base de datos. El propósito de esta aplicación fue servir como una interfaz transaccional del sistema para roles como líderes de proyectos y supervisores.

**Base de datos en SQL Server:** Este complemento se desarrolló en el cumplimiento del objetivo anterior, el cual funcionó como un repositorio centralizado de toda la información fundamental. Su diseño estructurado y lógico contenido en los procedimientos almacenados hizo posible tener una integridad y unos datos actualizados diariamente.

**Dashboard Power BI:** Representó la capa final y su función fue la visualización de los datos. Este componente se conectó a la base de datos, cuyo diseño y funcionamiento se abordan en el cumplimiento del tercer objetivo de esta investigación

**Figura 16**

*Interfaz principal de la aplicación*

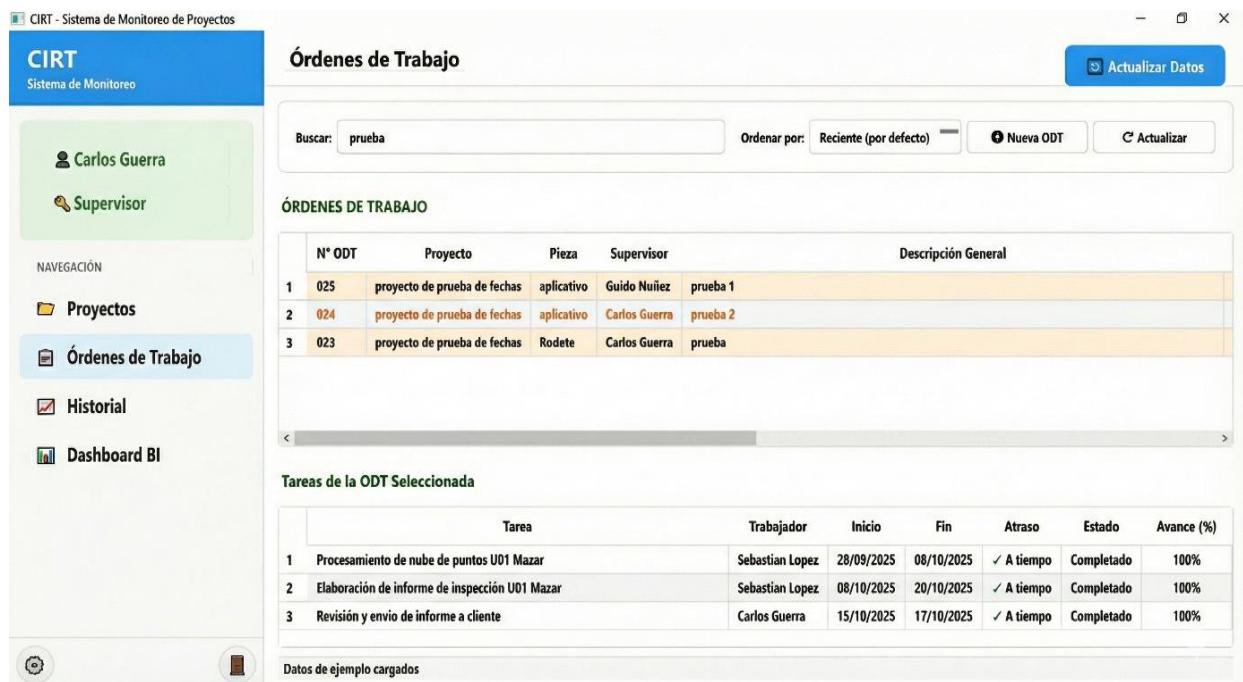


**Nota.** Interfaz principal para la gestión de proyectos y órdenes de trabajo del CIRT.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 17**

*Interfaz de gestión de ODTs en la aplicación de escritorio*



**Nota.** Los datos de esta figura son ficticios por motivos de confidencialidad.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 18**

*Formulario para editar y crear tareas*

**Nota.** Esta imagen muestra el formulario para la creación y edición de ODT's y sus tareas. Los datos que esta figura muestra son ficticios por motivos de la confidencialidad.

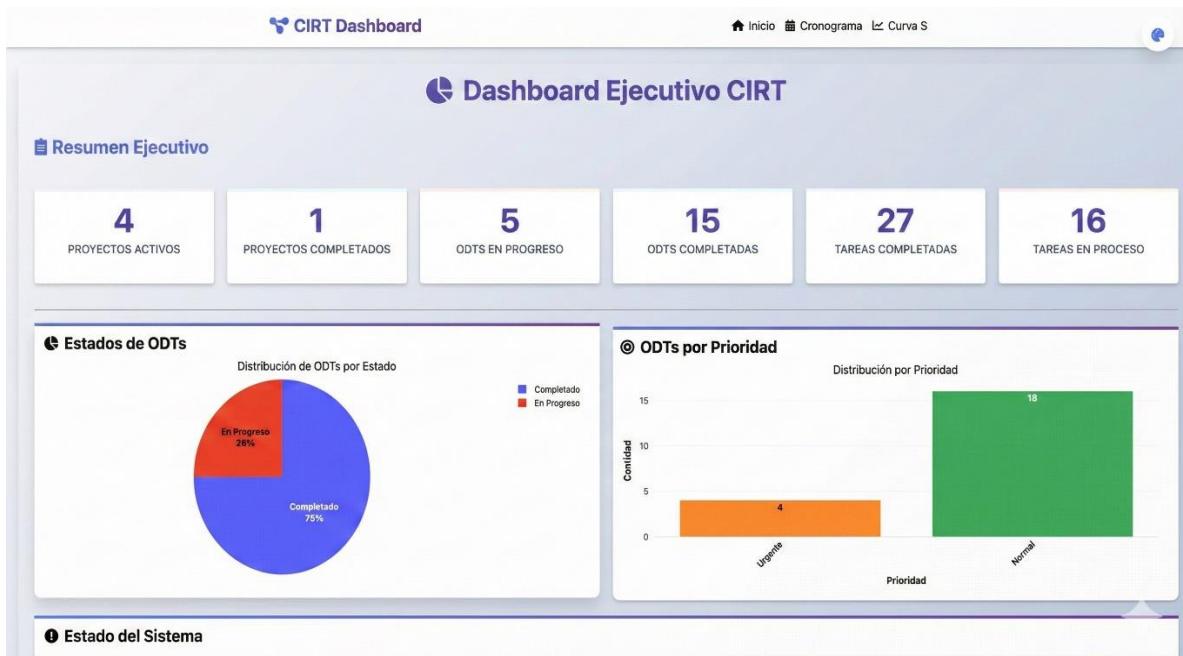
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.1.8 Dashboard de monitoreo en Power BI

El dashboard se diseñó en tres páginas principales, cada una orientada a un análisis diferente.

**Figura 19**

*Página principal de KPIs y su resumen general*



**Nota.** Los datos de esta figura son ficticios por motivos de confidencialidad.

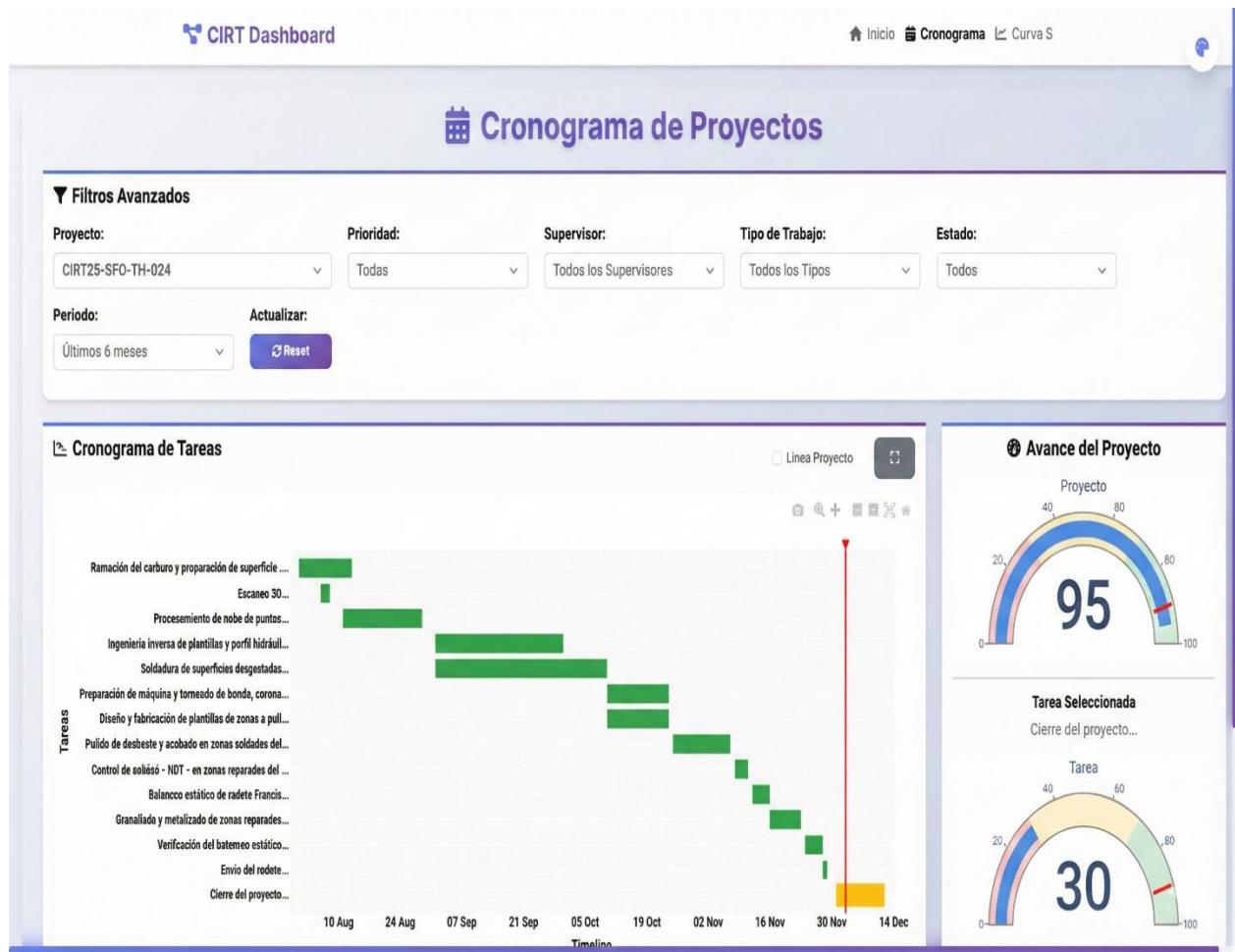
**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis:** Esta página ofrecía un resumen simple pero que reunía las métricas más importantes del taller. Aquí, los gráficos mostraban los proyectos por su estado de progreso, es decir cuáles estaban terminados y cuáles aún estaban en marcha, además de mostrar que tan importantes eran.

**Interpretación:** Esta página mostró el estado del taller la cual resultaba en información útil para los supervisores ya que podían ver esta información en segundos cuando antes se demoraban demasiado. Al tener los indicadores principales en una sola página, ya no fue necesario revisar cada proyecto por separado, lo que ayudó a tomar decisiones rápidas cuando se notó que había demasiado trabajo acumulado.

## Figura 20

*Página de detalle de tareas y diagrama de Gantt interactivo*



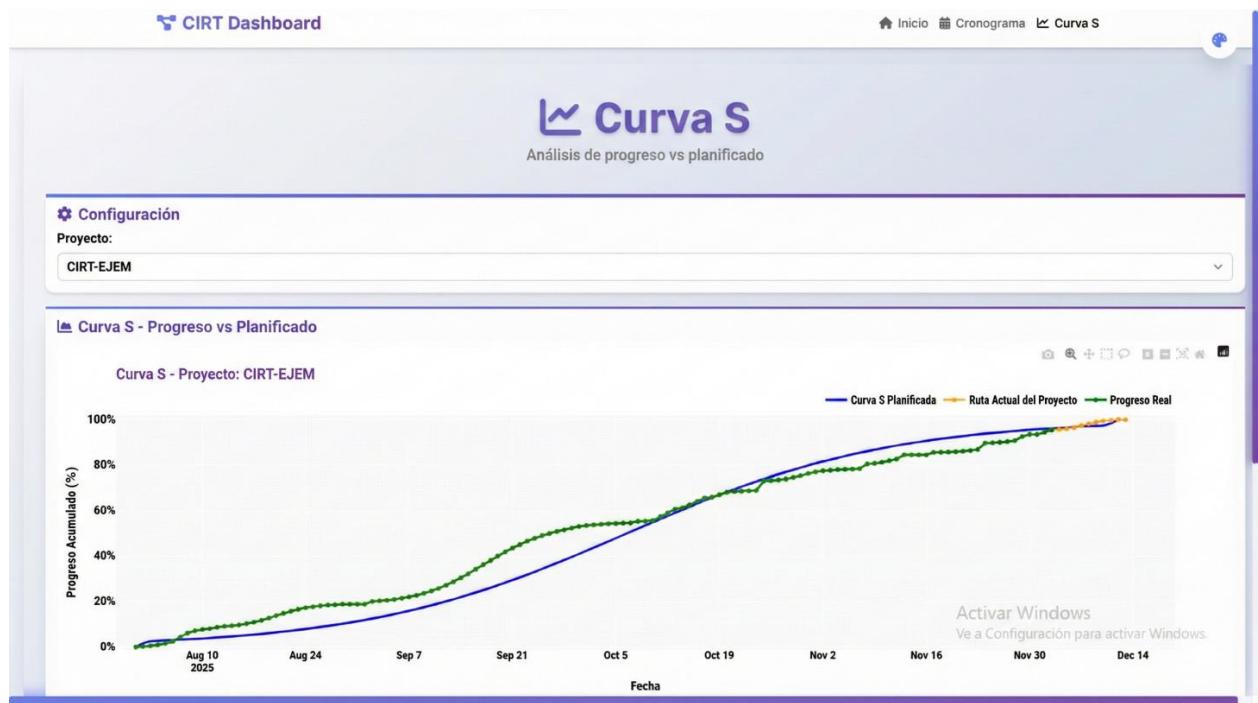
**Nota.** Los datos de esta figura son ficticios por motivos de confidencialidad.

**Análisis:** Este gráfico representó las tareas mediante barras horizontales distribuidas en un calendario visual. Mostró la duración de cada actividad y su ubicación en el tiempo.

**Interpretación:** Su utilidad principal fue comparar visualmente las fechas. Si una barra se extendía más allá del plazo límite, el supervisor notaba enseguida que existía un retraso y podía ajustar los tiempos antes que afectara la entrega final al cliente.

**Figura 21**

Página de análisis de avance del proyecto – Curva S



**Nota.** Los datos de esta figura son ficticios por motivos de confidencialidad.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Análisis:** En esta página se comparaba el avance real frente al planificado. La curva azul mostraba lo planeado mientras curva verde mostraba lo que realmente se había realizado hasta la fecha.

**Interpretación:** Fue la herramienta más útil para saber cómo se encontraba el progreso de un proyecto. Si la curva verde se iba por debajo de la curva azul se lo tomaba como una señal de lentitud. Esto alertaba a los supervisores para que así pudieran acelerar el paso y lograran completar el proyecto a tiempo.

#### **4.1.9 Implementación del sistema de monitoreo en tiempo real**

Para cumplir con el monitoreo se implementó un flujo de datos totalmente automatizado. La automatización se compuso de los siguientes elementos.

**Actualización diaria de la base de datos:** Se configuró una tarea en el programador de tareas de Windows para que en los horarios de 08:00 am y 4:00 pm se ejecutaran automáticamente los procedimientos almacenados por el SP Actualizar Avance Automático y SP Poblar Tabla Curva S. Esto aseguró que la base de datos siempre contuviera los cálculos de avances recientes.

**Actualización del dashboard:** El informe una vez publicado fue configurado con una actualización programada a través de un On-premises Data Gateway. Esta actualización se ejecutaba a las 08:15 am y 04:15 pm, importando datos recientes desde la base de datos local a la nube, garantizando de esta manera que el dashboard reflejara el estado del taller

con un mínimo desfase y sin necesidad de intervención manual.

## 4.2 Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación demostraron que la implementación de un sistema de monitoreo basado en Power BI ayudó significativamente el control de las tareas en el CIRT. A continuación, se discuten los descubrimientos obtenidos en relación con los antecedentes revisados.

### *4.2.1 Identificación de etapas críticas y su comparación con estudios previos*

El análisis del proceso por medio de diagrama BPMN mostró que la etapa de ejecución de la reparación de piezas conllevó el 80.36% del tiempo total del proyecto (dato evidenciado en el Anexo A). Este hallazgo coincidió con lo dicho por Córdova (2020), quien también identificó que la etapa del proceso de reparación de las piezas de las turbinas representa los mayores cuellos de botella en el CIRT. De manera similar, Ruiz (2023), en su investigación, señaló que la identificación de procesos críticos mediante indicadores dinámicos es fundamental para la optimización industrial, lo cual se validó en este trabajo, ya que al haber detectado que la ejecución de las reparaciones es más propensa a tener a retraso por su alta complejidad se justificó el requerimiento de un sistema que muestre indicadores clave de manera continua en esta etapa.

### *4.2.2 Impacto del Business Intelligence en la gestión operativa*

La aplicación del dashboard mediante Power BI demostró ser eficaz para la visualización de métricas, KPIs y la toma de decisiones. Este resultado fue concordante con los hallazgos internacionales de Martucci (2024) y Laurila (2022), quienes concluyeron, en sus respectivos estudios en Europa, que la adopción de herramientas como Power BI permite unificar fuentes de datos dispersas y reducir drásticamente el tiempo dedicado a la elaboración manual de informes.

En el contexto regional, los resultados se alinean con Chávez (2020), quien reportó una reducción del 95.56% en los tiempos de generación de informes mediante el uso de la inteligencia de negocios. Igualmente, Calsina (2022) comentó que los dashboard permiten disminuir las demoras operacionales y aumentar la productividad. En el caso del CIRT, la entrevista de satisfacción realizada al supervisor general (Anexo AA) confirmó que el sistema eliminó la documentación dispersa y facilitó el hallazgo de desviaciones lo que representó una mejora significativa respecto a los métodos que tenía anteriormente el CIRT.

### *4.2.3 Ventajas de la arquitectura de los tres componentes*

La solución implementada destacó por su arquitectura conformada por tres componentes: base de datos SQL, la aplicación de escritorio y el dashboard en Power BI. Esta arquitectura no solo permitió la visualización de datos, sino que también el procesamiento en tiempo real. Galindo et al. (2024) señalan que la automatización de tareas de análisis rutinarias mejora la eficiencia operativa, lo cual se confirma en este trabajo mediante la actualización automática de las métricas y KPIs.

#### ***4.2.4 Limitaciones y consideraciones***

Aun con los resultados positivos obtenidos, fue importante mencionar algunas limitaciones. Primero, los datos presentados en la tabla 5 son aproximaciones debido al acuerdo de confidencialidad con la empresa, lo que llevó a la afectación de algunas métricas. Segundo, el sistema actual no incluyó un análisis de costos, lo cual representó una recomendación de mejora a futuro para así poder calcular el indicador de rendimiento de costos sugerido por el PMI (2021b). Tercero, aunque la entrevista de satisfacción del usuario mostró una alta aprobación del sistema, no se realizó una medición cuantitativa de la satisfacción del usuario mediante escalas validadas, lo que habría fortalecido la evaluación del impacto.

#### ***4.2.5 Implicaciones prácticas***

Los resultados sugieren que la implementación del Business Intelligence con metodologías de ingeniería industrial pueden transformar la gestión de proyectos técnicos. La Curva S implementada como KPI estratégico permitió la comparación entre lo planificado y lo real, proporcionando así una herramienta visual muy útil para la anticipación de retrasos, tal como sugiere Pérez (2024).

#### ***4.2.6 Contribución al conocimiento***

Este trabajo contribuyó al ámbito de la ingeniería industrial 4.0 al demostrar que soluciones digitales como Power BI, SQL server y Python pueden implementarse exitosamente en las industrias. Las métricas y KPIs pueden adaptarse a otros contextos industriales ampliando así el alcance de esta investigación.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

La información obtenida mediante el modelado visual, utilizando el estándar internacional de Modelado y Notación de Procesos de Negocio (conocido por sus siglas en inglés como BPMN), permitió identificar seis etapas como: recepción de la solicitud de reparación, elaboración de proforma y cronograma, inspección técnica, ejecución de reparación, pruebas finales y entrega. El análisis muestra que la ejecución de la reparación de la pieza es la tarea que concentra el 80.36% del tiempo total del proceso de un proyecto. Esta concentración de tiempo justificó que el sistema de monitoreo desarrollado se orientara en esta etapa ya que la correcta gestión de tareas mediante la aplicación permitió hacer un uso adecuado de los recursos operativos cuando se presentaba una desviación según el avance planificado de un proyecto.

Los estándares de control aplicados se distinguen entre métricas operativas e indicadores claves del desempeño. Aquí, las métricas utilizadas fueron el conteo de proyectos tanto completados como activos, órdenes de trabajo por su estado, conteo de tareas que se encontraba en progreso, avance promedio de proyectos y avance individual de las tareas. Para el análisis estratégico, se incluyeron las curvas de avance acumulado (Curvas S), las cuales ayudaban a comparar visualmente lo que realmente se ejecutaba frente a lo estaba planificado, facilitando de esta manera el análisis y comprensión del ritmo de trabajo del taller. La obtención de estos indicadores fue posible gracias a la implementación de la base de datos que recolecta el historial del proceso de reparación.

El tablero de control digital (dashboard en Power BI) se compuso de tres secciones estratégicas: un resumen ejecutivo con métricas generales, un detalle de tareas con un Gantt interactivo que muestra la información del proyecto que se seleccione y un análisis de tendencias mediante la curva de progreso. Esta solución ayudó a eliminar la generación de informes manuales, redujo los tiempos de documentación fatigosa y permitió la identificación temprana de retrasos en los proyectos.

#### 5.2 Recomendaciones

Se recomienda hacer un análisis semestral del proceso de reparación utilizando el modelado estandarizado de procesos (BPMN) para identificar nuevos cuellos de botella que puedan aparecer con los cambios de la demanda o incorporación de nuevas tecnologías. Esto permitirá mantener actualizado el flujo del proceso y mejorar continuamente la etapa de ejecución que concentra el 80.36% del tiempo total.

Se sugiere ampliar los estándares de control incluyendo métricas financieras, tales como el índice de rendimiento de costos (CPI) y la variación de costos (CV) sugeridos por el Instituto de Gestión de Proyectos (PMI). Esto podría fortalecer el análisis histórico de la

base de datos lo cual permitirá evaluar no solo el desempeño operativo, sino también el económico de cada proyecto de reparación.

Se recomienda desarrollar un sistema de notificaciones automáticas por correo electrónico o aplicación móvil que alerte sobre situaciones críticas detectadas por el tablero de control, tales como el vencimiento de plazos y desviaciones significativas en el progreso acumulado (curva S). Adicionalmente, se sugiere desarrollar una aplicación móvil que permita realizar todo lo que hace la aplicación de escritorio con la finalidad de ampliar la capacidad de respuesta del equipo en campo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Calsina Otoronco, X. C. (2022). *Implementación de dashboards para el monitoreo y control en tiempo real de las operaciones de carguío y acarreo en Antapaccay*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/c59194b8-8e51-4fdd-ae31-f3ae8e56356e>
- Chávez Briceño, E. D. (2020). *Inteligencia de Negocios para agilizar la Gestión de Transportes Regular de la Municipalidad Provincial de Trujillo*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55661>
- Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP). (16 de marzo de 2021). *El Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas (CIRT) entrega sus servicios a la empresa privada*. CELEC EP. <https://www.celec.gob.ec/noticias/el-centro-de-investigacion-y-recuperacion-de-turbinas-cirt-entrega-sus-servicios-a-la-empresa-privada/>
- Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP). (9 de junio de 2023). *El CIRT cumple seis años al servicio del sector eléctrico*. CELEC EP. <https://www.celec.gob.ec/hidroagoyan/noticias-noticias/el-cirt-cumple-seis-anos-al-servicio-del-sector-electrico/>
- Córdova, R. (2020). *Diseño de una metodología para el control de procesos para la recuperación de turbinas en el centro de investigación y recuperación de turbinas hidráulicas y partes industriales (CIRT) de la empresa pública CELEC – EP Hidroagoyán*. Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Cuenca-Navarrete, L., Naranjo-Mantilla, M., & Buele, J. (2021). Estandarización de procesos prioritarios en la recuperación del rodamiento de una turbina tipo Francis. *CienciAmérica*, 10(3), 90-105.
- Forster. (2020). *Generador de turbina hidráulica de 250 kW con turbina hidroeléctrica Francis*. fstgenerator. <https://www.fstgenerator.com/es/hydroelectric-francis-turbine-product/>
- Galindo, A. G., Alfaro, A. J. J., & Organiche, E. C. (2024). *El potencial de la optimización de decisiones empresariales con Power BI. RICT Revista de Investigación Científica, Tecnológica e Innovación*, 2(4), 1–9.
- Gavilanes Gualpa, F. P. (2024). *Diseño de un modelo de información para el Ministerio de Salud Pública basado en Business Intelligence* (Bachelor's thesis).
- Hernández Mendoza, S., & Duana Ávila, D. (2020). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 9(17), 51–53. <https://doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019>
- Hydrowheel. (06 de enero de 2020). *HydroWheel suministrará la Turbina Pelton TPH2 – CGH Horizonte II*. Hydrowheel. <https://hydrowheel.com.br/es/2020/01/06/hydrowheel-fornecera-turbina-pelton-2-jatos/>
- Hydrowheel. (2021). *Turbinas Francis Simple Horizontal*. Hydrowheel. <https://hydrowheel.com.br/es/produtos/turbinas-hidráulicas/francis/francis-simples-horizontal/>
- Laurila, R. (2022). *Development process decisions for Power BI analytics as part of a SaaS*

- product [Tesis de grado, LUT University]. LUTPub Repository. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022051830919>
- Martín, N. Q., & Infante, J. M. F. (2021). *Factibilidad de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH)*. *Eco Solar*, (75), 41–46.
- Martinez, J. (2024). Gestión de proyectos digitales: Curso Completo de Herramientas y Estrategias. JuanMartinez.
- Matamoros Maldonado, J.F. (2025). Plataforma virtual de innovación y prototipado: levantamiento de procesos con BPM. 36 páginas. Quito: EPN, 2025.
- Martucci, C. (2024). *Qualitative evaluation of Power BI and its application in an Aerospace Industry Cluster* [Tesis de maestría, Politecnico di Torino]. Politecnico di Torino Repository. <https://webthesis.biblio.polito.it/31184/>
- Microsoft Learn. (22 de marzo de 2024). *Documentación de introducción a Power BI*. Microsoft. <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>
- Microsoft. (2025). *Use Power BI Desktop para conectarse a los datos del proyecto*. microsoft. <https://support.microsoft.com/es-es/office/use-power-bi-desktop-para-conectarse-a-los-datos-del-proyecto-df4ccca1-68e9-418c-9d0f-022ac05249a2>
- Pardo, M. (21 de agosto de 2024). *Catálogo de conceptos 12. BPMN Subproceso de evento o centinela - BPMN Subproceso Expandido*. Linkedin. <https://es.linkedin.com/pulse/cat%C3%A1logo-de-conceptos-12-bpmn-subproceso-evento-o-pardo-brown-azyoc>
- Pérez, A. (13 de mayo 2024). *Qué es la curva S y cómo se aplica a la gestión de proyectos*. OBS Business School. <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-la-curva-s-y-como-se-aplica-la-gestion-de-proyectos>
- Pérez, L., & Pilar, J. (2022). *Máquinas Hidráulicas*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Plan de mejora. (2022). *Diagrama de Gantt online Gratis sin registro*. Plan de mejora. <https://www.plandemejora.com/crear-diagrama-de-gantt-online/>
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía PMBOK – Quinta edición)*. Project Management Institute, Inc.
- Project Management Institute. (2021a). El estándar para la dirección de proyectos. Project Management Institute, Inc.
- Project Management Institute. (2021b). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía PMBOK – Séptima edición)*. Project Management Institute, Inc.
- Project Management Institute. (2025). *What Is Project Management*. Project Management Institute, Inc. <https://www.pmi.org/about/what-is-project-management>
- Rivas, A. (09 de septiembre de 2022). *Marco metodológico: ¿Cómo redactar y cuál es su estructura? Guía Normas APA*. <https://normasapa.in/marco-metodologico/>
- Rueda, J. F., Garavito, Y., & Calderón, J. (29 de abril de 2020). *Indicadores de gestión como herramienta de diagnóstico para pymes*. *I+D Revista de Investigaciones*, 15(2), 119–134. <https://doi.org/10.33304/revinv.v15n2-2020011>
- Ruiz Vaca, E. M. (2023). *Diseño e implementación de un sistema de BI para analizar los procesos más críticos mediante indicadores estáticos y dinámicos* [Tesis de grado,

Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN.  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25221>

Santiago Rioja, S. (2022). Planteamiento de una herramienta de seguimiento y control de proyectos de construcción de infraestructura vial soportado en Power BI dentro de Joyco SAS BIC.

SaVRee, (2025). *Álabes de Turbina Pelton.* saVRee.  
<https://savree.com/es/encyclopedia/alabes-de-turbina-pelton>

Tristancho, C. (19 de mayo de 2025). *Plantilla de Diagrama de Gantt para Excel (Descarga Gratis).* ProjectManager. <https://www.projectmanager.com/es/diagrama-de-gantt-plantilla>

Vargas, E. M. N., Rodríguez, J. D. E., & Velarde, J. I. A. (2023). *Análisis comparativo entre los principales esquemas visuales para la representación de procesos: Revisión Sistemática.* Polo del Conocimiento, 8(7), 955–976.

Viera, Y. C., Borrego, J. M., & Viera, E. C. (2021). Propuesta de metodología para el diseño de dashboard. Revista cubana de transformación digital, 2(3), 56-76.

## ANEXOS

### Anexo A: Matriz para el levantamiento de información de tiempos

 <p style="text-align: center;"><b>MATRIZ DE TIEMPOS</b> <b>PERIODO 2024 -2025 DEL CIRT</b></p>			
<b>Objetivo:</b> Registrar y validar los datos técnicos proporcionados por la jefatura del área para la estimación de la duración estándar del ciclo de reparación de piezas.			
<b>Etapa del Proceso</b>	<b>Fuente de Información Validada</b>	<b>Duración Estimada (Promedio)</b>	<b>Observación Técnica /Justificación</b>
1. Recepción de Solicitud	Consulta Técnica Jefatura CIRT	3 días	Tiempo condicionado por la validación administrativa de la solicitud.
2. Inspección Técnica	Consulta Técnica Jefatura CIRT	5 días	Abarca la duración real de los ensayos no destructivos y la toma de medidas iniciales."
3. Elaboración Proforma	Consulta Técnica Jefatura CIRT	3 días	Contempla tanto el cálculo de costos internos como los días de espera hasta recibir la firma del cliente.
4. Ejecución (Reparación)	Consulta Técnica Jefatura CIRT	90 días	<b>Etapa Crítica.</b> Involucra procesos complejos (soldadura, mecanizado, tratamiento térmico) por lo que se justifica aplicar aquí el monitoreo.
5. Pruebas Finales	Consulta Técnica Jefatura CIRT	10 días	Esta etapa también requirió ser monitoreada ya que si se presentaba anomalías en la pieza se tenía que hacer un reproceso.
6. Entrega	Consulta Técnica Jefatura CIRT	1 día	Aquí el tiempo dependía de factores externos que no afectaban al CIRT.

**Nota de validación:** La información cuantitativa presentada en esta matriz fue recopilada mediante consultas técnicas directas al Ing. Carlos Guerra, Tutor de la Entidad Receptora y jefe de diseño y optimización, durante el período octubre 2024 y abril 2025. Los registros documentales originales (chats, correos y Órdenes de Trabajo específicas) se mantienen bajo resguardo debido al Acuerdo de Confidencialidad de la información suscrito con CELEC EP.

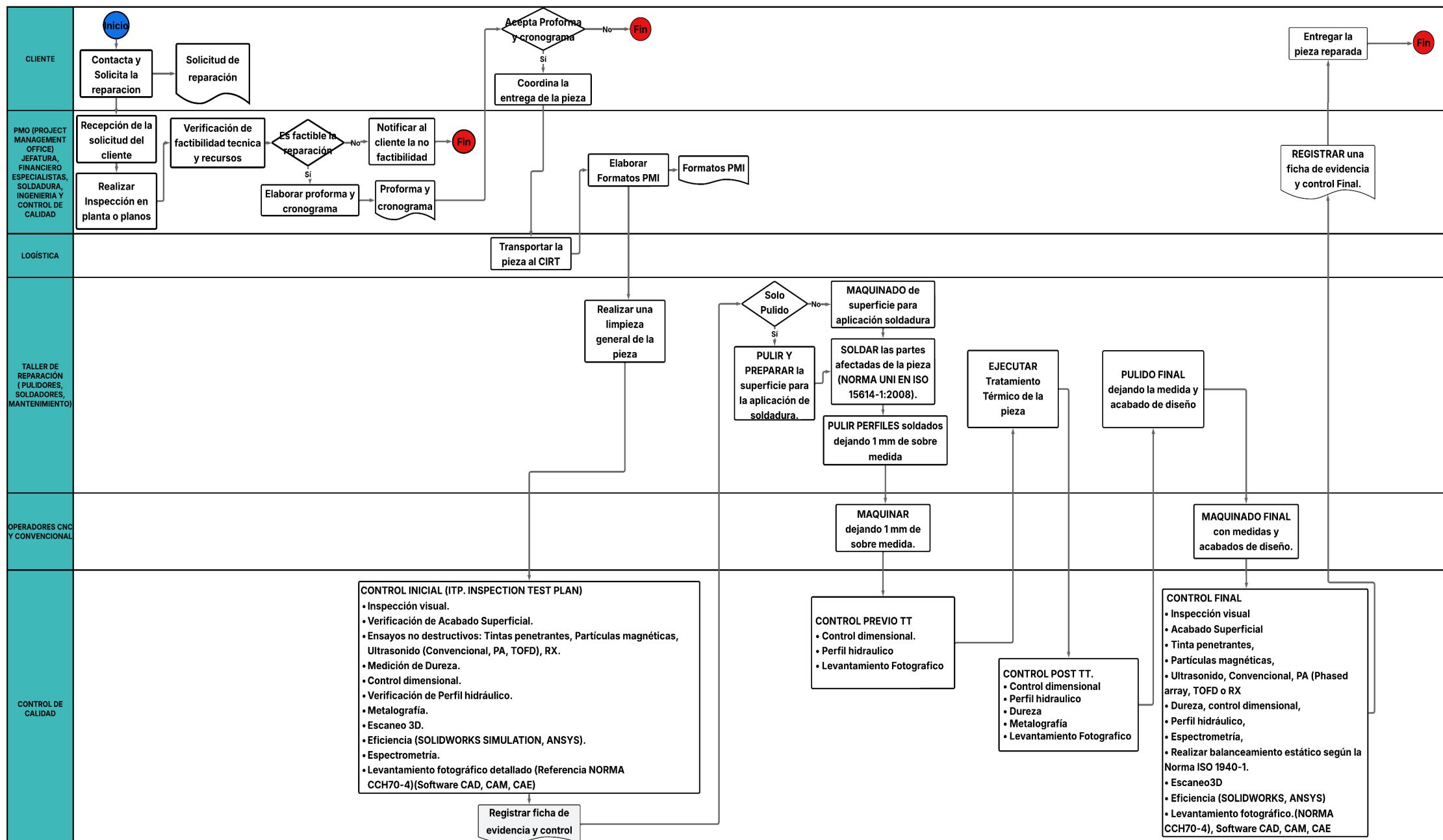
La matriz fue estructurada siguiendo los lineamientos metodológicos establecidos en el capítulo III de esta investigación.

## Anexo B: Análisis documental y observación para el mapeo de procesos

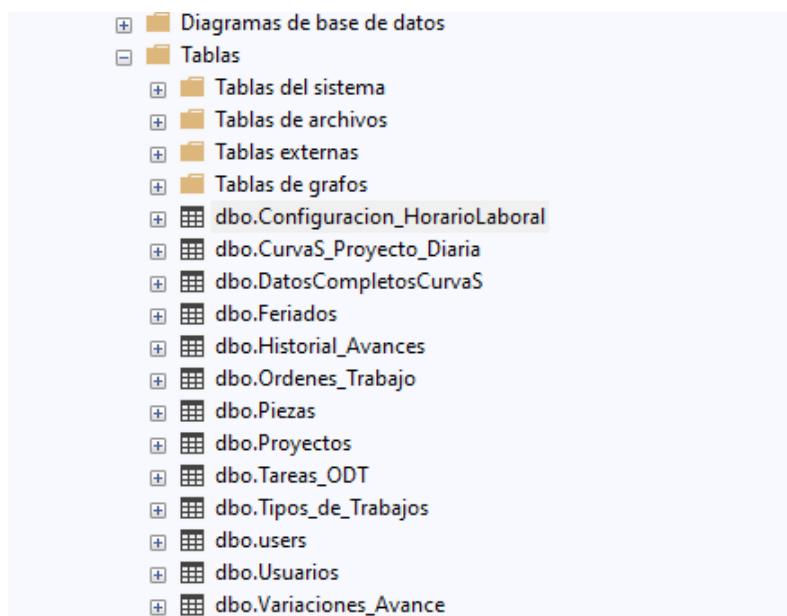
 <b>REGISTRO DE ANÁLISIS DOCUMENTAL Y OBSERVACIÓN PERÍODO 2024 -2025 DEL CIRT</b>			
<b>Objetivo:</b> Fundamentar la estructuración del diagrama de flujo (BPMN) mediante la revisión de la información interna y la validación visual del flujo de trabajo.			
<b>Técnica Aplicada</b>	<b>Fuente / Recurso</b>	<b>Información Verificada</b>	<b>Resultado en la Tesis</b>
<b>Análisis Documental</b>	Instructivo Técnico y Normativa Interna	Secuencia lógica de las etapas de reparación y requisitos técnicos.	Estructuración de las fases secuenciales del Diagrama BPMN (Figura 14).
<b>Análisis Documental</b>	Histórico de Órdenes de Trabajo (ODT)	Identificación de los actores que intervienen (Jefatura, Calidad, Operarios).	Identificación de los actores que intervienen (Jefatura, Calidad, Operarios).
<b>Observación Directa</b>	Recorrido en Taller (In Situ)	Verificación física del movimiento de la pieza entre las distintas áreas de trabajo.	Validación del flujo operativo real e identificación de recursos y equipos (Tabla 6)
			

**Nota:** Este registro valida la consistencia entre la documentación técnica existente y la ejecución real del proceso observada en las instalaciones del CIRT.

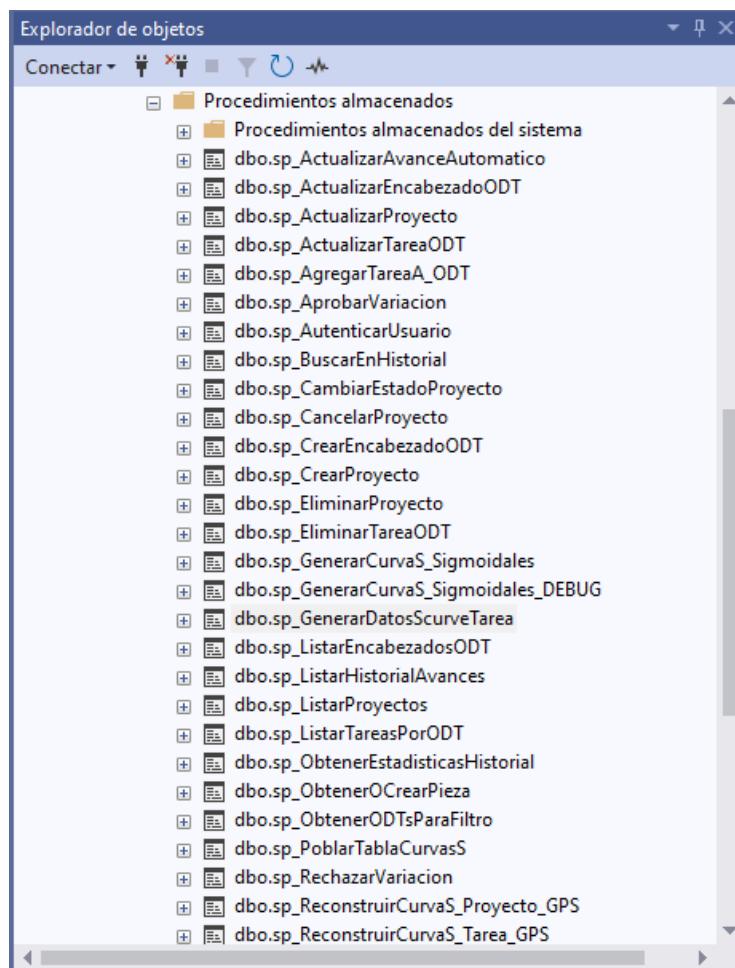
## Anexo C: Diagrama de flujo BPMN del CIRT



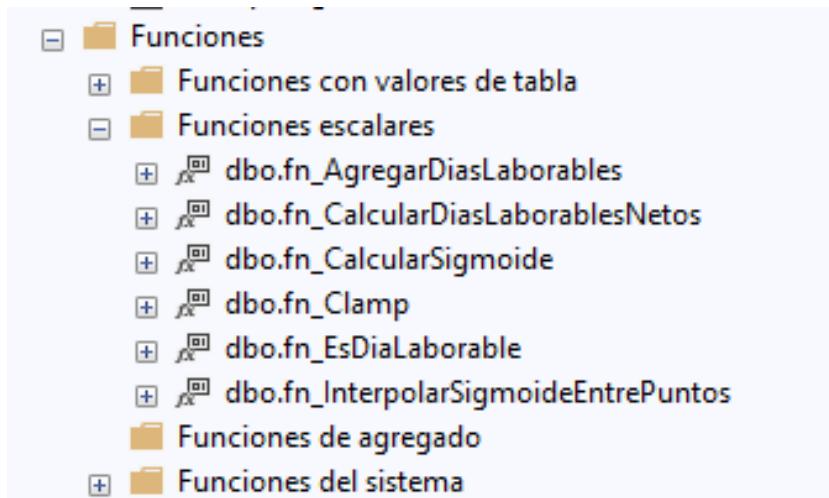
## Anexo D: Tablas creadas para aplicación



## Anexo E: Procedimientos almacenados para la aplicación



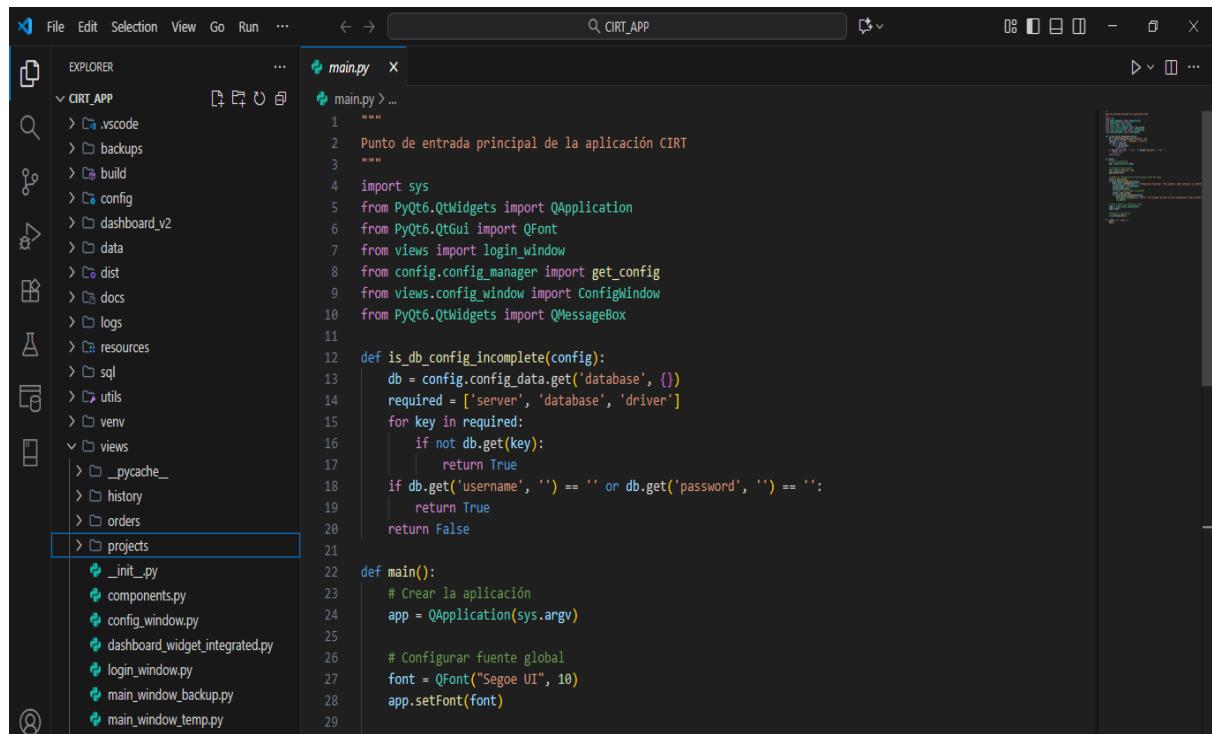
## Anexo F: Funciones creadas para la aplicación



## Anexo G: Programación de toda la base de datos

```
2708     OT.Fecha_fin_estimada_General AS [Fin General],  
2709     OT.Porcentaje_Avance_General AS [Avance Gen. (%)],  
2710     OT.Estado_General AS [Estado General],  
2711     OT.Prioridad  
2712     FROM Ordenes_Trabajo OT  
2713     INNER JOIN Proyectos P ON OT.id_proyecto = P.id  
2714     LEFT JOIN Piezas Pz ON OT.id_pieza = Pz.id  
2715     INNER JOIN Usuarios S ON OT.id_supervisor = S.id  
2716     WHERE  
2717     (@TerminoBusqueda IS NULL OR  
2718     OT.Numero_OT LIKE '%' + @TerminoBusqueda + '%' OR  
2719     P.Codigo_Proyecto LIKE '%' + @TerminoBusqueda + '%' OR  
2720     Pz.Nombre_Pieza LIKE '%' + @TerminoBusqueda + '%' OR  
2721     S.Usuario LIKE '%' + @TerminoBusqueda + '%' OR  
2722     OT.Descripcion_General_ODT LIKE '%' + @TerminoBusqueda + '%')  
2723     ORDER BY  
2724     CASE WHEN @CriterioOrden = 'Prioridad' THEN  
2725         CASE OT.Prioridad  
2726             WHEN 'Critica' THEN 1 WHEN 'Urgente' THEN 2 WHEN 'Alta' THEN 3  
2727             WHEN 'Normal' THEN 4 WHEN 'Baja' THEN 5 WHEN 'Muy Baja' THEN 6  
2728             ELSE 7  
2729         END  
2730     END ASC,  
2731     CASE WHEN @CriterioOrden = 'Reciente' THEN OT.Fecha_Creacion END DESC,  
2732     CASE WHEN @CriterioOrden = 'Antiguo' THEN OT.Fecha_Creacion END ASC,  
2733     OT.Fecha_Creacion DESC;
```

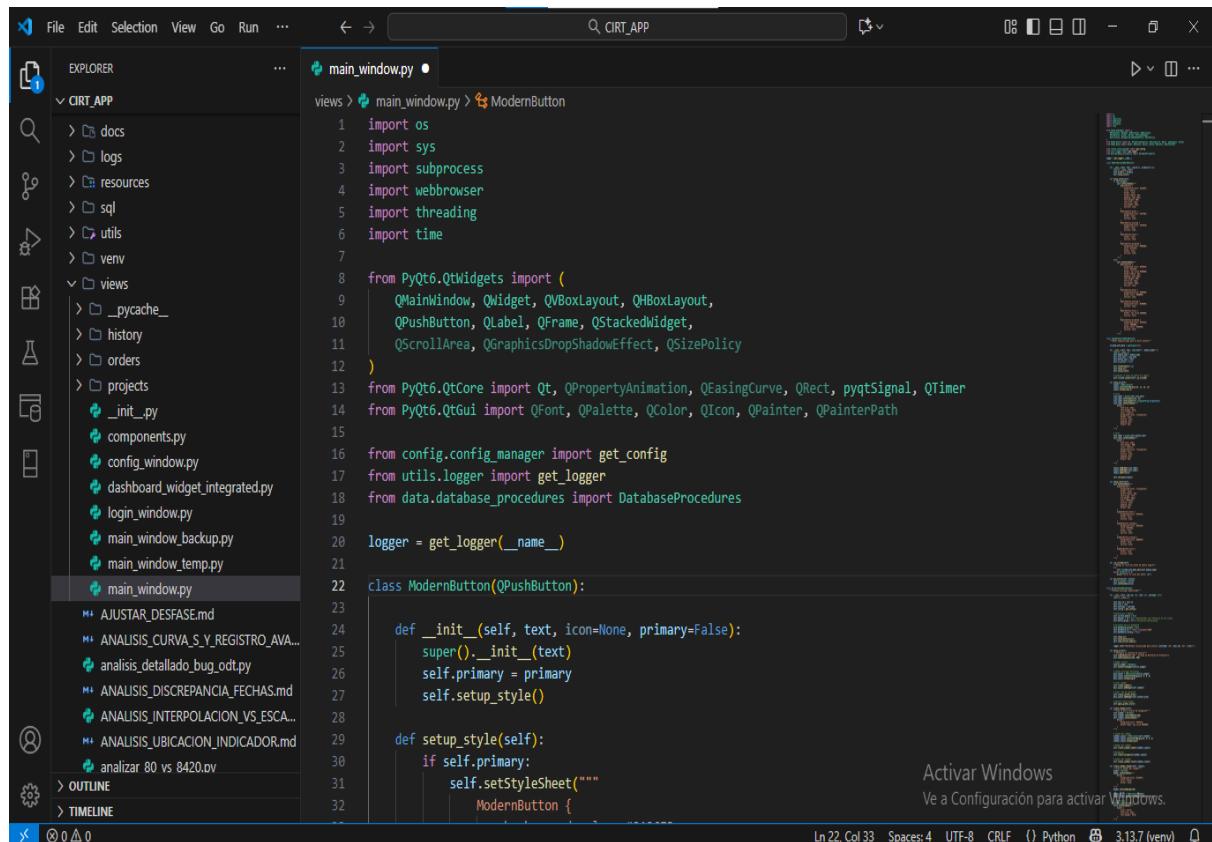
## Anexo H: programación de archivo de arranque de la aplicación



VS Code interface showing the file structure of the CIRT\_APP project. The main.py file is open in the editor. The code defines a main() function that creates a QApplication and sets a global font. It also includes a helper function to check if database configuration is incomplete.

```
main.py
1 """
2 Punto de entrada principal de la aplicación CIRT
3 """
4 import sys
5 from PyQt6.QtWidgets import QApplication
6 from PyQt6.QtGui import QFont
7 from views import login_window
8 from config.config_manager import get_config
9 from views.config_window import ConfigWindow
10 from PyQt6.QtWidgets import QMessageBox
11
12 def is_db_config_incomplete(config):
13     db = config.config_data.get('database', {})
14     required = ['server', 'database', 'driver']
15     for key in required:
16         if not db.get(key):
17             return True
18     if db.get('username', '') == '' or db.get('password', '') == '':
19         return True
20     return False
21
22 def main():
23     # Crear la aplicación
24     app = QApplication(sys.argv)
25
26     # Configurar fuente global
27     font = QFont("Segoe UI", 10)
28     app.setFont(font)
29
```

## Anexo I: Programación del menú central de la aplicación

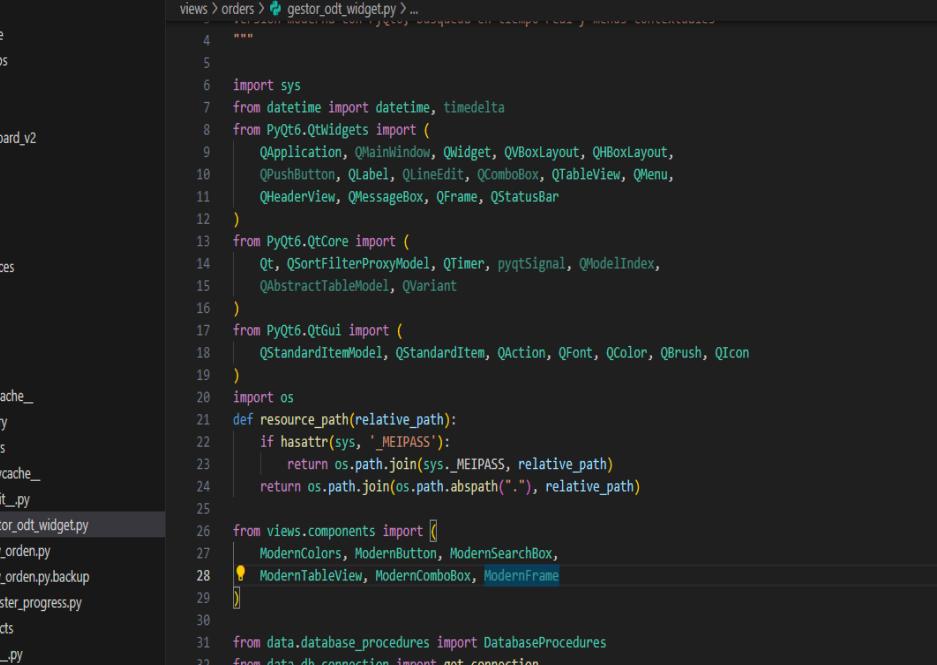


VS Code interface showing the main\_window.py file in the CIRT\_APP project. The code defines a ModernButton class that inherits from QPushButton and applies a custom style sheet. It also imports various PyQt6 and config modules.

```
main_window.py
1 import os
2 import sys
3 import subprocess
4 import webbrowser
5 import threading
6 import time
7
8 from PyQt6.QtWidgets import (
9     QMainWindow, QWidget, QVBoxLayout, QHBoxLayout,
10    QPushButton, QLabel, QFrame, QStackedWidget,
11    QScrollArea, QGraphicsDropShadowEffect, QSizePolicy
12 )
13 from PyQt6.QtCore import Qt, QPropertyAnimation, QEasingCurve, QRect, pyqtSignal, QTimer
14 from PyQt6.QtGui import QFont, QPalette, QColor, QIcon, QPainter, QPainterPath
15
16 from config.config_manager import get_config
17 from utils.logger import get_logger
18 from data.database_procedures import DatabaseProcedures
19
20 logger = get_logger(__name__)
21
22 class ModernButton(QPushButton):
23
24     def __init__(self, text, icon=None, primary=False):
25         super().__init__(text)
26         self.primary = primary
27         self.setup_style()
28
29     def setup_style(self):
30         if self.primary:
31             self.setStyleSheet("""
32                 ModernButton {
33                     background-color: #4CAF50;
34                     color: white;
35                     border: none;
36                     padding: 10px 20px;
37                     font-size: 16px;
38                     border-radius: 5px;
39                 }
40                 ModernButton:hover {
41                     background-color: #455A64;
42                 }
43                 ModernButton:active {
44                     background-color: #3E4956;
45                 }
46             """)
47         else:
48             self.setStyleSheet("""
49                 ModernButton {
50                     background-color: #F0F0F0;
51                     color: #4CAF50;
52                     border: 1px solid #4CAF50;
53                     padding: 10px 20px;
54                     font-size: 16px;
55                     border-radius: 5px;
56                 }
57                 ModernButton:hover {
58                     background-color: #E0E0E0;
59                 }
60                 ModernButton:active {
61                     background-color: #D0D0D0;
62                 }
63             """)
```

## **Anexo J: Programación del panel de proyectos**

## Anexo K: Programación del panel órdenes de trabajo



File Edit Selection View Go Run ... ← → 🔍 CIRT\_APP 08 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35

EXPLORER

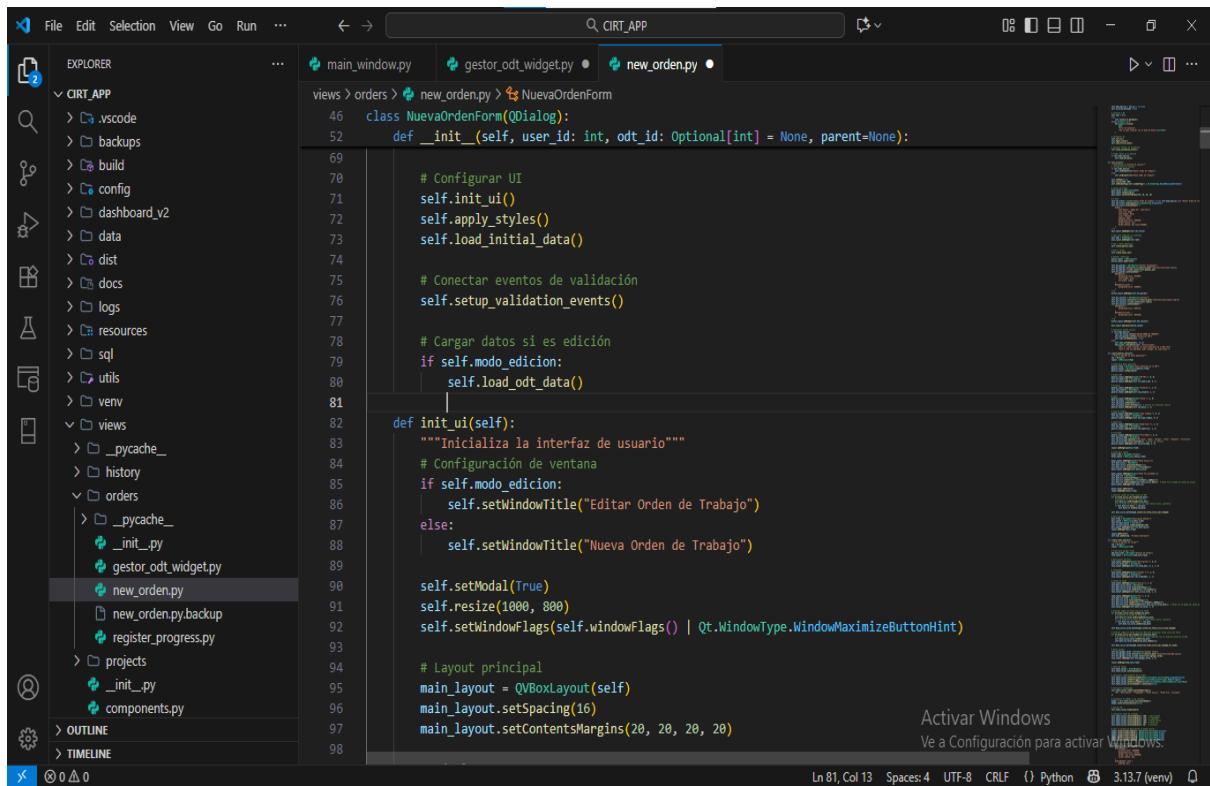
main\_window.py gestor\_ord.widget.py

views > orders > gestor\_ord.widget.py > ...

```
4     """
5
6     import sys
7     from datetime import datetime, timedelta
8     from PyQt6.QtWidgets import (
9         QApplication, QMainWindow, QWidget, QVBoxLayout, QHBoxLayout,
10        QPushButton, QLabel, QLineEdit, QComboBox, QTableView, QMenu,
11        QHeaderView, QMessageBox, QFrame, QStatusBar
12    )
13    from PyQt6.QtCore import (
14        Qt, QSortFilterProxyModel, QTimer, pyqtSignal, QModelIndex,
15        QAbstractTableModel, QVariant
16    )
17    from PyQt6.QtGui import (
18        QStandardItemModel, QStandardItem, QAction, QFont, QColor, QBrush, QIcon
19    )
20    import os
21    def resource_path(relative_path):
22        if hasattr(sys, '_MEIPASS'):
23            return os.path.join(sys._MEIPASS, relative_path)
24        return os.path.join(os.path.abspath("."), relative_path)
25
26    from views.components import [
27        ModernColors, ModernButton, ModernSearchBox,
28        ModernTableView, ModernComboBox, ModernFrame
29    ]
30
31    from data.database_procedures import DatabaseProcedures
32    from data.db_connection import get_connection
33
34    def calcular_atraso_tarea_qt(fecha_fin, estado, avance, id_proyecto):
```

Activar Windows  
Ve a Configuración para activar Windows.

## Anexo L: Programación de la creación y edición de una orden de trabajo

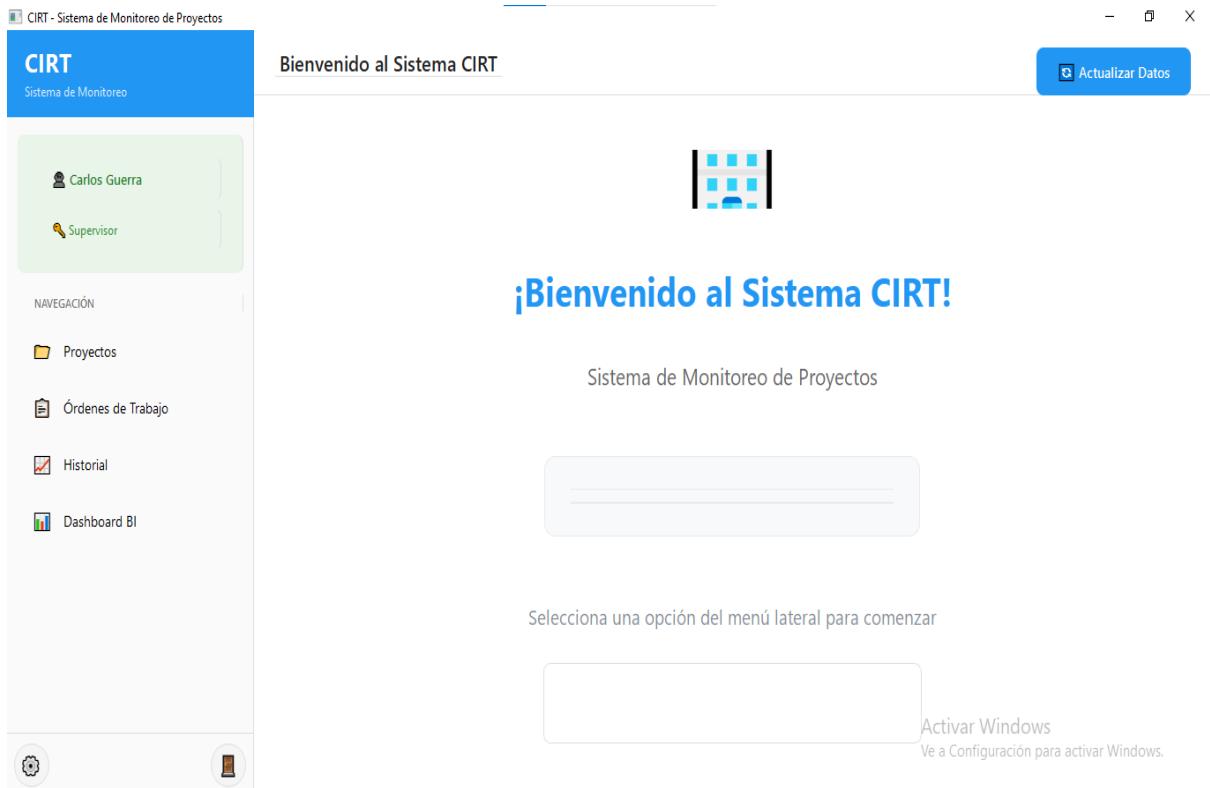


```
File Edit Selection View Go Run ... ← → 🔍 CIRT_APP
EXPLORER ... main_window.py gestor_orden_widget.py new_orden.py
views > orders > new_orden.py > NuevaOrdenForm
46     class NuevaOrdenForm(QDialog):
52         def __init__(self, user_id: int, odt_id: Optional[int] = None, parent=None):
53             ...
54             ...
55             ...
56             ...
57             ...
58             ...
59             ...
60             ...
61             ...
62             ...
63             ...
64             ...
65             ...
66             ...
67             ...
68             ...
69             ...
70             ...
71             ...
72             ...
73             ...
74             ...
75             ...
76             ...
77             ...
78             ...
79             ...
80             ...
81             ...
82             ...
83             ...
84             ...
85             ...
86             ...
87             ...
88             ...
89             ...
90             ...
91             ...
92             ...
93             ...
94             ...
95             ...
96             ...
97             ...
98             ...
# Inicializa la interfaz de usuario
# Configuración de ventana
if self.modo_edicion:
    self.setWindowTitle("Editar Orden de Trabajo")
else:
    self.setWindowTitle("Nueva Orden de Trabajo")

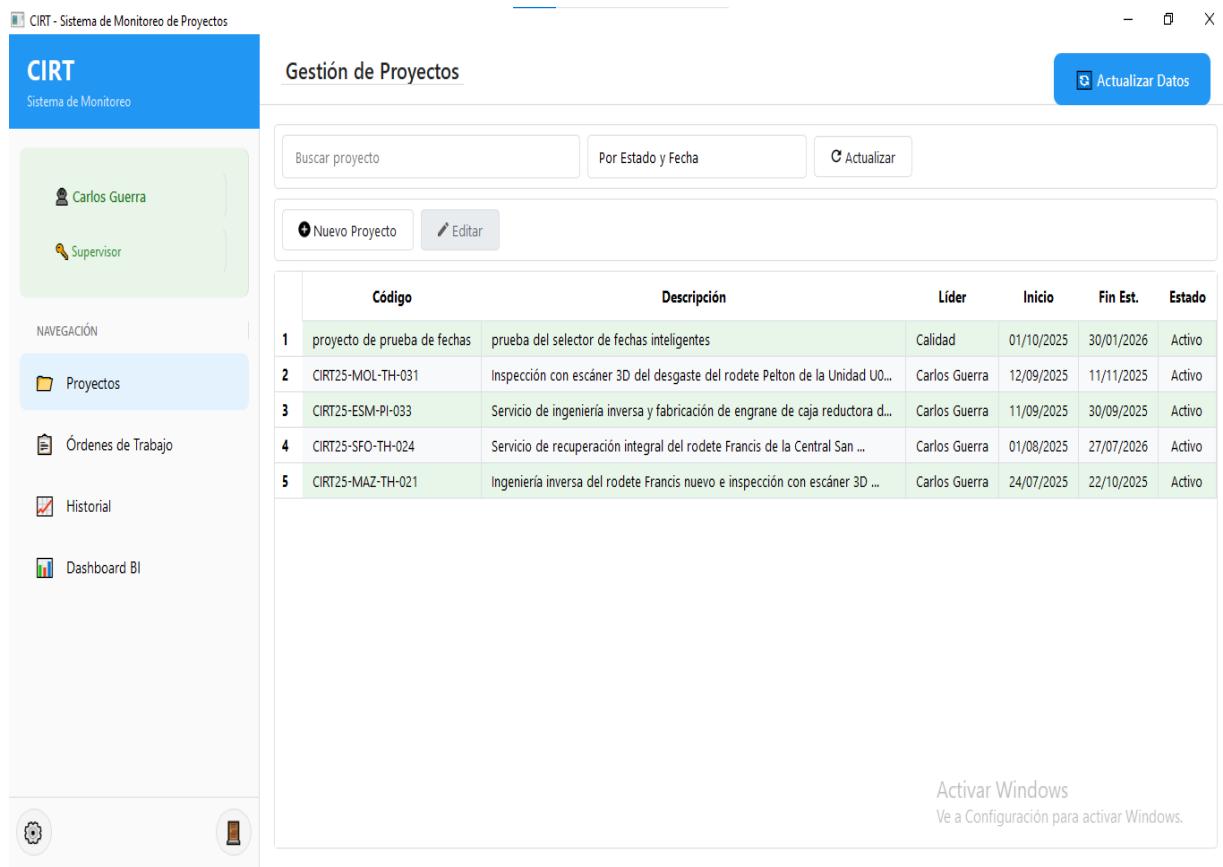
self.setModal(True)
self.resize(1000, 800)
self.setWindowFlags(self.windowFlags() | Qt.WindowType.WindowMaximizeButtonHint)

# Layout principal
main_layout = QVBoxLayout(self)
main_layout.setSpacing(16)
main_layout.setContentsMargins(20, 20, 20, 20)
```

## Anexo M: Panel central de la aplicación



## Anexo N: Panel para la observación de proyectos

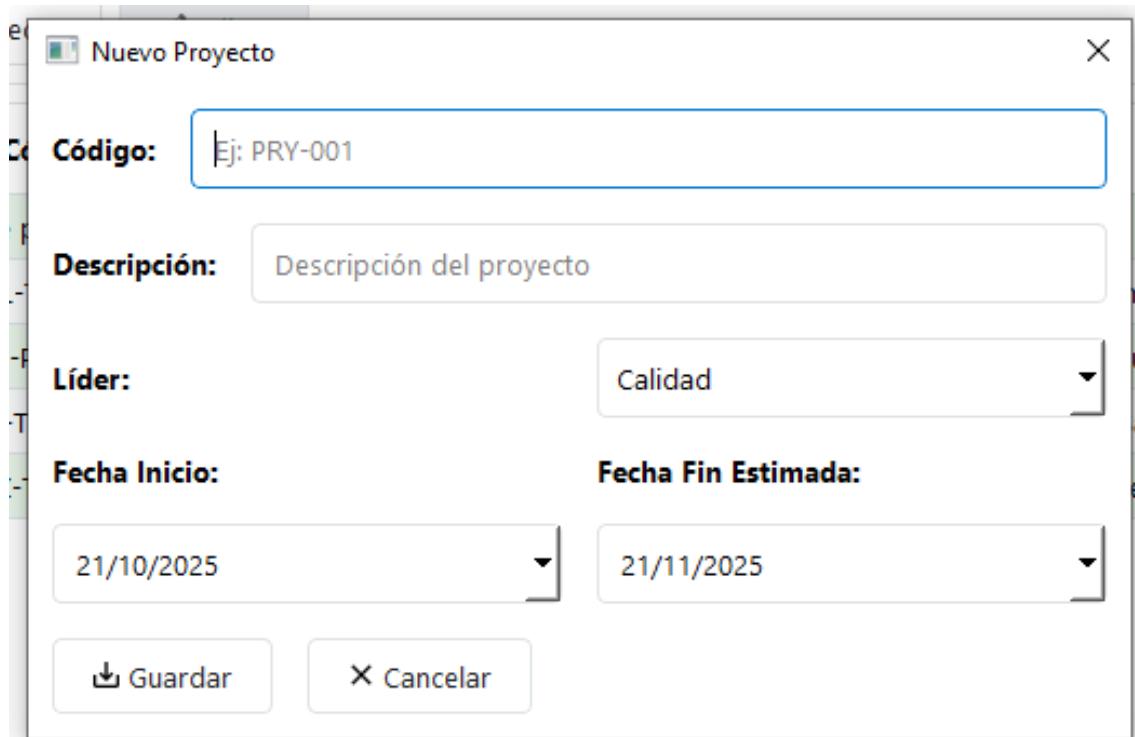


The screenshot shows the 'Gestión de Proyectos' (Project Management) section of the CIRT system. On the left, a sidebar displays a user profile for 'Carlos Guerra' (Supervisor) and a navigation menu with 'Proyectos' selected. The main area shows a table of projects with columns: Código, Descripción, Líder, Inicio, Fin Est., and Estado. The table data is as follows:

Código	Descripción	Líder	Inicio	Fin Est.	Estado
1	proyecto de prueba de fechas prueba del selector de fechas inteligentes	Calidad	01/10/2025	30/01/2026	Activo
2	CIRT25-MOL-TH-031 Inspección con escáner 3D del desgaste del rodete Pelton de la Unidad U0...	Carlos Guerra	12/09/2025	11/11/2025	Activo
3	CIRT25-ESM-PI-033 Servicio de ingeniería inversa y fabricación de engrane de caja reducida d...	Carlos Guerra	11/09/2025	30/09/2025	Activo
4	CIRT25-SFO-TH-024 Servicio de recuperación integral del rodete Francis de la Central San ...	Carlos Guerra	01/08/2025	27/07/2026	Activo
5	CIRT25-MAZ-TH-021 Ingeniería inversa del rodete Francis nuevo e inspección con escáner 3D ...	Carlos Guerra	24/07/2025	22/10/2025	Activo

At the bottom right of the main area, there is a message: 'Activar Windows' and 'Ve a Configuración para activar Windows.'

## Anexo O: Formulario para la creación o edición de un proyecto



The screenshot shows the 'Nuevo Proyecto' (New Project) creation form. The form fields are:

- Código:** Ej: PRY-001
- Descripción:** Descripción del proyecto
- Líder:** Calidad
- Fecha Inicio:** 21/10/2025
- Fecha Fin Estimada:** 21/11/2025
- Buttons:** Guardar (Save) and Cancelar (Cancel)

## Anexo P: Panel para observar las órdenes de trabajo y sus respectivas tareas.

Nº ODT	Proyecto	Pieza	Supervisor	Descripción General	
13	CIRT25-SFO-TH-024	Rodete	Otros Personal	Remoción del carojo y preparación de superficie	
16	CIRT25-SFO-TH-024	Engrane	Oscar Valencia	Procesamiento de información de perfil hidráulico de rolete Francis - San Francisco	
17	TBD1	CIRT25-MOL-TH-031	Rodete	Procesamiento de nube de puntos y elaboración de informe de inspección de U02 de la Central Pauta Molin	
18	3823	CIRT25-MOL-TH-031	Engrane	Sebastian Lopez	Escaneo 3D del rolete Pelton U02 Central Pauta Molin
19	3828	CIRT25-ESM-PI-033	Engrane	Christian Mora	Ingeniería inversa y fabricación de engrane de caja reductora - Central Esmeraldas I
20	3784	CIRT25-SFO-TH-024	Rodete	Oscar Valencia	Escaneo 3D y procesamiento de nube de puntos del perfil hidráulico del rolete San Francisco

Tarea	Trabajador	Inicio	Fin	Atraso	Estado	Avance (%)
1 Escaneo 3D y procesamiento - plano dimensional 2D	Oscar Valencia	11/09/2025	18/09/2025	✓ A tiempo	Completo	100%
2 Corte de material bruto y mecanizado en torno de geometrías de revolución	Paul Moreno	15/09/2025	18/09/2025	✓ A tiempo	Completo	100%
3 Mecanizado de dientes, chavetero y vaciado en centro de mecanizado CNC	Christian Mora	19/09/2025	25/09/2025	✓ A tiempo	Completo	100%
4 Control dimensional - control de calidad	Otros Personal	24/09/2025	25/09/2025	✓ A tiempo	Completo	100%

Datos de ejemplo cargados

## Anexo Q: Formulario para la creación o edición de una orden de trabajo

Nueva Orden de Trabajo

Datos Generales		Tareas	
Datos Generales de la ODT			
Nº ODT:		Tipo Trabajo:	Seleccione un tipo de trabajo...
Proyecto:	Seleccione un proyecto...	Supervisor:	Seleccione un supervisor...
Pieza:	Rodete	Prioridad:	Normal
Fechas			
Fecha Inicio:	21/10/2025	Fecha Fin Estimada:	28/10/2025
Descripción General			
<div style="border: 1px solid #ccc; height: 100px; width: 100%;"></div>			

Activar Windows  
Vea la configuración para activar Windows

Guardar Encabezado Cancelar

## Anexo R.: Formulario para la creación o edición de tareas

### EDITAR ORDEN DE TRABAJO

Datos Generales
 Tareas

Gestión de Tareas

Descripción:	<b>Procesamiento de nube de puntos U01 Mazar</b>		
Asignar a:	Sebastian Lopez	Inicio:	29/9/2025
		Fin:	8/10/2025
<span style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px 10px; border-radius: 5px; background-color: #2e7131; color: white; font-weight: bold; cursor: pointer; margin-right: 10px;">+</span> <span style="font-size: 10px;">Actualizar Tarea</span>			

Descripción	Trabajador	Fecha Inicio	Fecha Fin	Acciones
Procesamiento de nube de puntos U01 Mazar	Sebastian Lopez	29/9/2025	08/10/2025	
Elaboración de informe de inspección U01 Mazar	Sebastian Lopez	08/10/2025	20/10/2025	
Revisión y envío de informe a cliente	Carlos Guerra	15/10/2025	17/10/2025	

## Anexo S: Panel para la ver el historial de avance

CIRT - Sistema de Monitoreo de Proyectos

CIRT
Sistema de Monitoreo

Historial de Avances

Actualizar Datos

ODT: Todas las ODTs

Buscar:

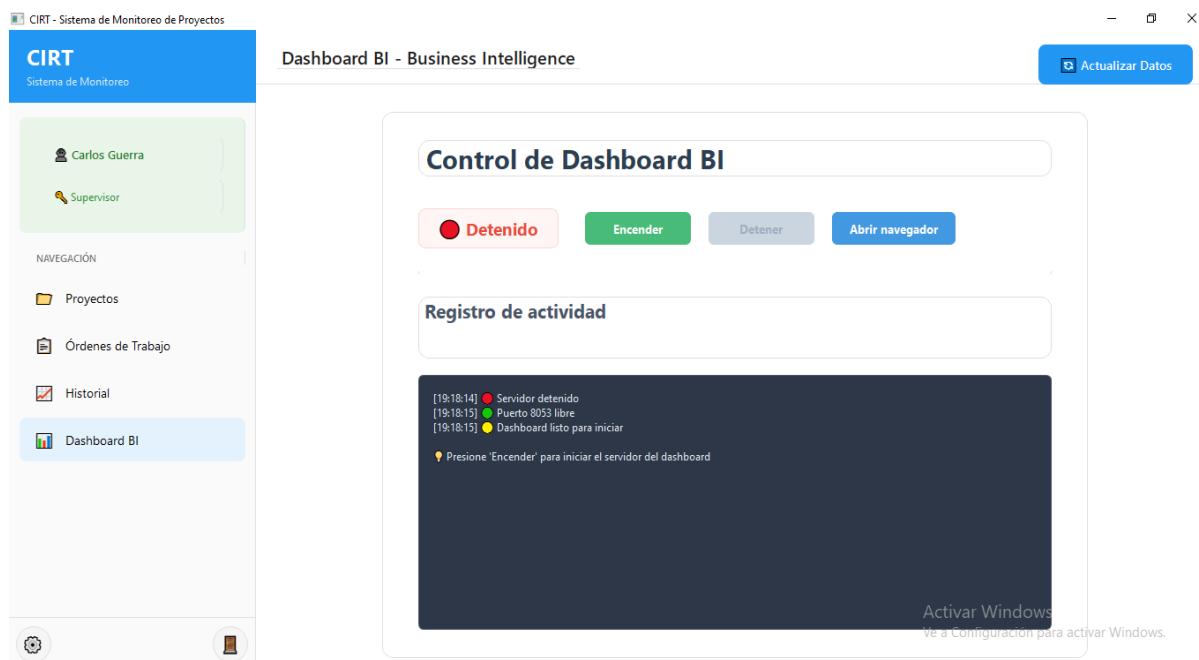
Limpiar
Exportar

Nº ODT	PROYECTO	PIEZA	SUB-TAREA	FECHA REGISTRO	AVANCE ANTERIOR	AVANCE NUEVO	CAMBIO	TIPO	USUARIO
TBD8	CIRT25-MAZ-... TH-021	Rodete	Elaboració... de informe ...	17/10/2025 01:27	0%	75%	+75%	Manual	Carlos Guerra
TBD8	CIRT25-MAZ-... TH-021	Rodete	Elaboració... de informe ...	17/10/2025 01:25	0%	100%	+100%	Manual	Carlos Guerra
TBD8	CIRT25-MAZ-... TH-021	Rodete	Elaboració... de informe ...	17/10/2025 01:25	0%	0%	0%	Manual	Carlos Guerra
TBD2	CIRT25-SFO-... TH-024	Rodete	Preparació... de maquin...	17/10/2025 01:22	36%	54%	+18%	Automático	Sistema
TBD2	CIRT25-SFO-... TH-024	Rodete	Diseño y ... fabricación ...	17/10/2025 01:22	36%	54%	+18%	Automático	Sistema
TBD8	CIRT25-MAZ-... TH-021	Rodete	Revisión y ... envío de ...	17/10/2025 01:22	33%	100%	+67%	Automático	Sistema
023	proyecto de ... prueba de ...	Rodete	tarea 2	17/10/2025 01:22	60%	100%	+40%	Automático	Sistema
025	proyecto de ... prueba de ...	aplicativo	tareas	15/10/2025 19:36	0%	0%	0%	Sistema	Carlos Guerra
025	proyecto de ... prueba de ...	aplicativo	ZX	15/10/2025 19:36	0%	0%	0%	Sistema	Carlos Guerra
025	proyecto de ... prueba de ...	aplicativo	traea	15/10/2025 19:36	0%	0%	0%	Sistema	Carlos Guerra
025	proyecto de ... prueba de ...	aplicativo	tarea ultima	15/10/2025 19:30	0%	0%	0%	Sistema	Carlos Guerra
025	proyecto de ... prueba de ...	aplicativo	tarea 4	15/10/2025 19:30	0%	0%	0%	Sistema	Carlos Guerra

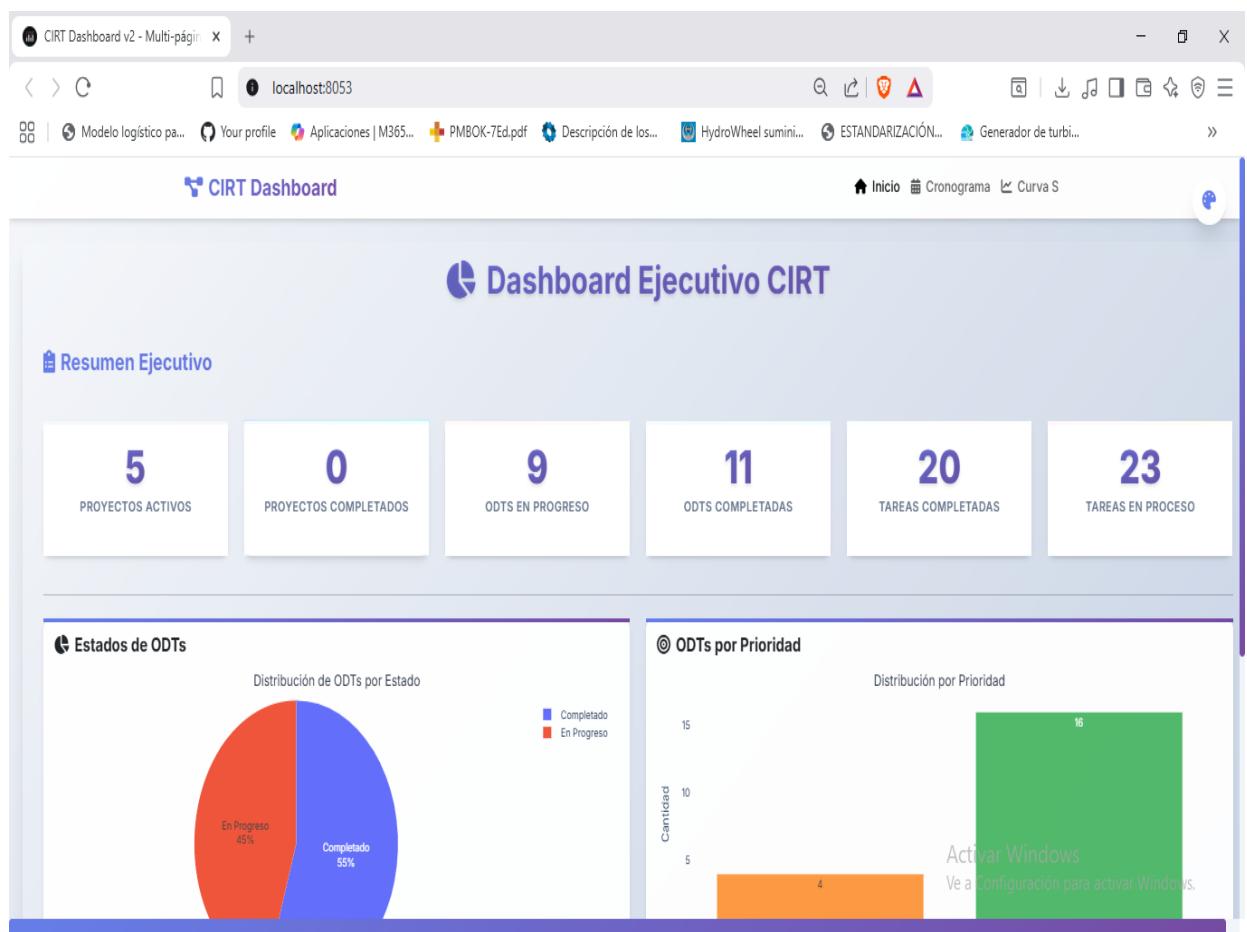
50 registros

Activar Windows
  
Vea la configuración para activar Windows.
  
Doble clic para ver detalles

## Anexo T: Panel que controla el encendido y apagado del dashboard



## Anexo U: Panel de resumen ejecutivo del dashboard



## Anexo V: Panel para la observación del cronograma

**CIRT Dashboard** **Inicio** **Cronograma** **Curva S**

### Cronograma de Proyectos

**Filtros Avanzados**

Proyecto: CIRT25-SFO-TH-024 | Prioridad: Todas | Supervisor: Todos los Supervisores | Tipo de Trabajo: Todos los Tipos | Estado: Todos

Periodo: Últimos 6 meses | Actualizar: **Reset**

**Cronograma de Tareas**

**Avance del Proyecto**

Proyecto: 43 | Tarea Seleccionada: Ninguna | Tarea: 0

**Detalle de Tareas**

Nº OOT	Tarea	Proyecto	Estado	Tipo Trabajo	Supervisor	Trabajador	Término	Por % a Configurar	Atraso	% Avance WS
--------	-------	----------	--------	--------------	------------	------------	---------	--------------------	--------	-------------

## Anexo W: Panel para la observación de la curva S

**CIRT Dashboard** **Inicio** **Cronograma** **Curva S**

### Curva S

Análisis de progreso vs planificado

**Configuración**

Proyecto: CIRT25-SFO-TH-024

**Curva S - Progreso vs Planificado**

Curva S - Proyecto: CIRT25-SFO-TH-024

**Indicadores de Rendimiento**

68.4% Progreso Real (Actual) Avance real del proyecto	69.4% Planificado (Hoy) Meta programada para hoy	69.5% Pronóstico Mañana Proyección siguiente día	-0.9% Desviación vs Plan + Adelantado / - Atrasado
---	--	--	--

**Indicadores de Desviación**

Analisis de Desviaciones - Real vs Planificado

Activar Windows  
Ve a Configuración para activar Windows.

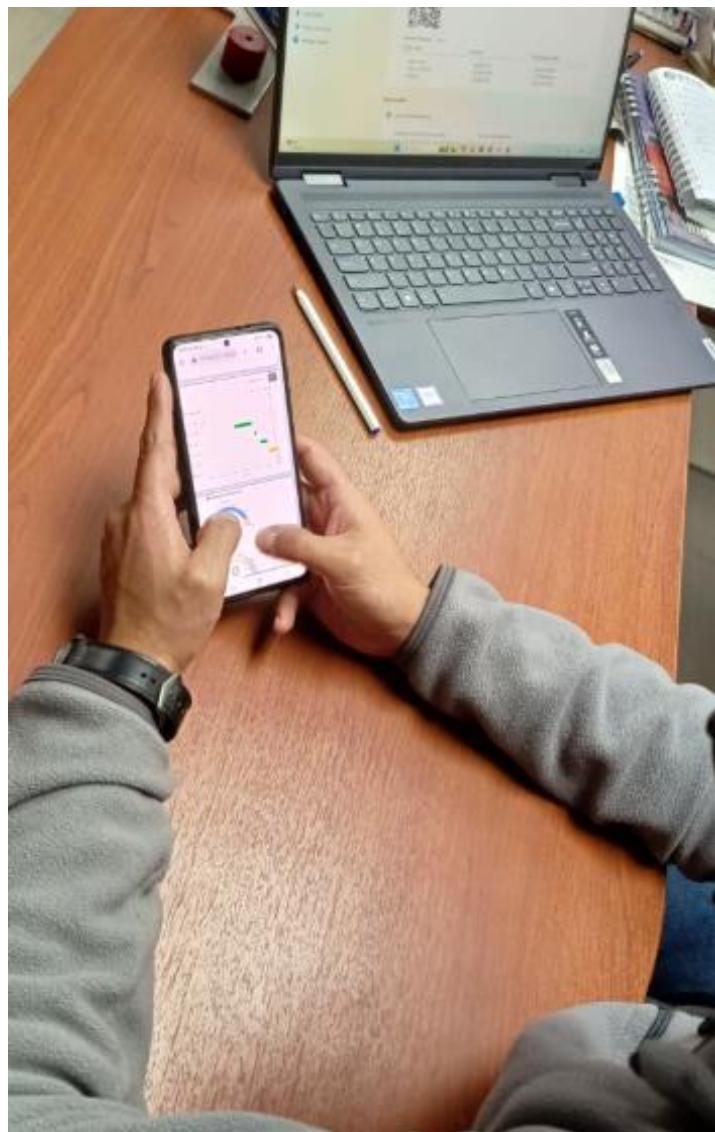
**Anexo X: Utilización del dashboard por parte del jefe del CIRT – Cronograma**



**Anexo Y: Utilización del dashboard por parte del jefe del CIRT – Curva S**



**Anexo Z: Utilización del dashboard por medio del celular**



## **Anexo AA: Entrevista de satisfacción al supervisor general del CIRT**

### **Introducción:**

Buenos días ingeniero, muchas gracias por tu tiempo. Como sabe, estamos implementando la aplicación Monitoreo CIRT para mejorar la gestión y el monitoreo de los proyectos y tareas en el CIRT. Me gustaría conocer su experiencia y opinión sobre el uso de la aplicación, para validar si realmente está resolviendo los problemas que teníamos antes y cómo podríamos mejorarla.

### **1. MONITOREO Y CONTROL DE PROYECTOS/TAREAS**

#### **Para empezar, ¿cómo era el proceso de monitoreo y control de proyectos y tareas antes de usar Monitoreo CIRT?**

Antes de usar Monitoreo CIRT, el seguimiento de proyectos se hacía de forma manual, a través de hojas de cálculo en excel y reportes escritos. Esto generaba demoras en la actualización de la información, dificultad para supervisar el estado real de las tareas y poca trazabilidad de los procesos. Con apoyo del programa CENTRAL programamos las ODT's, pero no podía tener un reporte de estado general de los avances de los proyectos.

#### **¿Qué cambios ha notado desde que usa la aplicación? ¿le resulta más fácil hacer seguimiento y supervisión?**

Desde la implementación de la aplicación, el control es mucho más eficiente y en tiempo real. Ahora se puede visualizar el avance de cada orden de trabajo, tarea y proyecto directamente desde los dashboards interactivos, lo que facilita la supervisión y permite detectar atrasos de inmediato, además que facilita llevar el control para la entrega a tiempo de los proyectos.

#### **¿Podría darme un ejemplo concreto de alguna situación donde la aplicación te haya facilitado el trabajo?**

Anteriormente, la identificación de retrasos en tareas de reparación dependía de reportes semanales. Con la aplicación, el sistema genera alertas automáticas de tareas atrasadas, permitiendo reprogramar actividades y evitar pérdidas de tiempo o incumplimientos de entrega, además durante las reuniones semanales permite fácilmente revisar el avance de cada proyecto, eliminando los criterios subjetivos.

### **2. CENTRALIZACIÓN Y ACCESO A LA INFORMACIÓN**

#### **Antes, ¿tenía dificultades para encontrar información relevante sobre los proyectos o tareas?**

Antes, la información se encontraba dispersa entre distintos documentos, correos y archivos locales, lo que dificultaba encontrar datos actualizados sobre cada reparación o proyecto, además el sistema CENTRAL para la generación de ODT es muy lento y pierde conexión fácilmente, lo que dificultaba mucho llegar a la información requerida. Con esa nueva aplicación la búsqueda de información se mejora notoriamente.

#### **¿Siente que ahora la información está más centralizada y accesible? ¿Por qué?**

Sí, la información está mucho más accesible, centralizada, y organizada por proyectos, lo que permite realizar el seguimiento y trazabilidad de los proyectos, además que el registro de la información es muy dinámica y permite realizar cambios fácilmente desde una sola interfaz, esto ha ayudado a mejorar la comunicación entre las áreas de Ingeniería, Manufactura y control de calidad.

### **3. DASHBOARDS, REPORTES Y TOMA DE DECISIONES**

**¿Utiliza los dashboards y reportes que ofrece la aplicación? ¿Con qué frecuencia?**

Sí los utilizo, 2 veces por semana.

**¿Consideras que los datos y gráficos (por ejemplo, el Gantt o la Curva S) te ayudan a tomar mejores decisiones o anticipar problemas?**

Las gráficas del diagrama de Gantt y la Curva S son muy útiles para comparar el avance planificado versus el ejecutado, lo que ayuda a anticipar desviaciones y tomar decisiones correctivas oportunas.

**¿Hay algún indicador o reporte que te resulte especialmente útil?**

El indicador más útil es el avance del proyecto y avance de las tareas, ya que permite visualizar el estado real del proyecto y poder tomar decisiones de comunicaciones oportunas con el cliente.

### **4. UTILIDAD DE LOS KPIs Y MÉTRICAS**

**¿Qué opina de los KPIs y métricas que muestra la aplicación (avance promedio, tareas atrasadas, etc.)?**

Los KPIs son claros, visuales y relevantes para la gestión de los líderes de proyecto. Los principales son tareas atrasadas, avance promedio y Curva S mismos que ofrecen una visión integral del desempeño del CIRT.

**¿Te resultan claros y útiles para tu gestión diaria? ¿Cambiaría o agregaría alguno?**

Resultan especialmente útiles en las reuniones de seguimiento, porque permiten identificar las causas de los retrasos y tomar decisiones basadas en datos. Como sugerencia, podría incluirse un indicador de eficiencia de recursos o utilización de recursos tecnológicos y humanos, para optimizar aún más la programación.

### **5. IMPACTO EN LA EFICIENCIA Y REDUCCIÓN DE ERRORES**

**¿Ha notado mejoras en la eficiencia del equipo o reducción de errores/retrasos desde que usan Monitoreo CIRT?**

Sí, se ha notado una mejora significativa en la eficiencia operativa y reducción de errores. Antes era común registrar duplicaciones de tareas o pérdidas de información. Con la aplicación, se ha mejorado la trazabilidad y se redujeron los tiempos de generación de reportes.

**¿Podría compartir algún caso donde la aplicación haya ayudado a evitar un problema o pérdida económica?**

En una reparación reciente de un rodamiento tipo Francis, el sistema permitió identificar un retraso en soldadura y redistribuir personal antes de que el problema afecte la entrega final. Esto evitó un posible incumplimiento contractual y una pérdida económica por penalización.

## **6. SATISFACCIÓN Y SUGERENCIAS**

### **En general, ¿está satisfecho/a con la aplicación?**

En general, la satisfacción con la aplicación es muy alta, ya que cumple con todos los objetivos de control, monitoreo y visualización definidos en el proyecto.

### **¿Qué funcionalidades te gustaría mejorar o agregar?**

Como mejora, podría incorporarse una notificación automática por correo o aplicación móvil para alertas críticas o vencimiento de plazos.

### **¿Recomendaría Monitoreo CIRT a otros equipos o empresas? ¿Por qué?**

Definitivamente recomendaría Monitoreo CIRT a otros equipos, porque ha demostrado mejorar la productividad, la transparencia y la toma de decisiones basada en datos.

### **Cierre:**

Gracias por sus respuestas. **¿Hay algo más que le gustaría comentar sobre su experiencia con Monitoreo CIRT o alguna sugerencia adicional?**

En conclusión, la experiencia con Monitoreo CIRT ha sido positiva. Ha transformado la gestión del CIRT, pasando de un control manual y disperso a un sistema digital, automatizado y confiable. Y como cualquier aplicación la Monitoreo CIRT debe estar en constante actualización conforme los requerimientos futuros y nuevas necesidades.

## Anexo AB: Constancia de satisfacción de la aplicación



*Corporación Eléctrica del Ecuador  
CELEC EP*

Baños de Agua Santa, 17 de octubre de 2025

A quien corresponda:

Por la presente, se deja constancia que la aplicación “MONITOREO CIRT”, desarrollada para el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas (CIRT) de CELEC EP HIDROAGOYÁN, ha sido implementada y utilizada en el entorno real de trabajo.

Tras su uso y evaluación, se certifica que la aplicación cumple satisfactoriamente con los siguientes aspectos:

- Facilita el monitoreo y control eficiente de proyectos, órdenes de trabajo y tareas.
- Centraliza la información relevante, permitiendo un acceso ágil y seguro a los datos necesarios para la gestión.
- Proporciona dashboards y reportes que apoyan la gestión operativa y administrativa.
- Integra indicadores clave de desempeño (KPIs) y herramientas de análisis como la Curva S, útiles para el seguimiento y la toma de decisiones.
- Ha contribuido a la reducción de errores y retrasos en los procesos de gestión.

En virtud de lo anterior, se expresa la conformidad y satisfacción con la funcionalidad de la aplicación MONITOREO CIRT, recomendando su uso para la gestión de los procesos del CIRT.

Sin otro particular, se suscribe la presente para los fines que estime pertinentes.

Atentamente,



Ing. Carlos Guerra Vásquez  
Jefe de Ingeniería de Recuperación, Diseño y Optimización  
CIRT – CELEC EP -HIDROAGOYÁN

**CELEC EP HIDROAGOYÁN**  
Dirección: Calle Ambato s/n - Campamento Los Pinos  
Código postal: 180250 / Baños - Ecuador  
Teléfono: (+593) 3 2996710  
[www.celec.gob.ec/hidroagoyan](http://www.celec.gob.ec/hidroagoyan)

