

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y CÁLCULO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA MÁQUINAS TÉRMICAS

Resumen— El presente proyecto tiene como finalidad el desarrollo de una solución de software orientada a la ingeniería mecánica-eléctrica, específicamente para el control y monitoreo de activos en plantas industriales. El sistema permite el registro digital de máquinas térmicas (turbinas, calderas, generadores), gestionando su información técnica y ubicación.

El valor agregado del sistema reside en su capacidad de automatización de cálculos, permitiendo determinar la eficiencia térmica de cada equipo en tiempo real mediante algoritmos programados en C++, almacenando los resultados históricos en una base de datos relacional MySQL para su posterior análisis y toma de decisiones.

Abstract-- This project aims to develop a software solution for mechanical and electrical engineering, specifically for the control and monitoring of assets in industrial plants. The system enables the digital recording of thermal machines (turbines, boilers, generators), managing their technical information and location.

The system's added value lies in its ability to automate calculations, allowing the real-time determination of the thermal efficiency of each piece of equipment using algorithms programmed in C++. Historical results are stored in a MySQL relational database for subsequent analysis and decision-making.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

A. Problemática

En la gestión de plantas termoeléctricas e industriales, el registro manual de los parámetros de operación (potencias de entrada y salida) suele ser propenso a errores humanos y lentitud en el procesamiento. La falta de un sistema centralizado impide conocer rápidamente qué equipos están operando por debajo de su eficiencia nominal, lo que genera pérdidas energéticas y económicas.

B. Objetivo General

Desarrollar un aplicativo de escritorio bajo el entorno Visual Studio C++ vinculado a una base de datos MySQL, capaz de registrar, calcular y filtrar información técnica de maquinaria pesada.

C. Objetivos Específicos

- Implementar un módulo de seguridad (Login) para restringir el acceso al sistema.
- Diseñar una interfaz gráfica amigable para el ingreso de parámetros técnicos (P_{entrada} y P_{salida}).
- Automatizar el cálculo de la Eficiencia Térmica (η) mediante programación orientada a objetos.
- Implementar búsquedas dinámicas para filtrar equipos por nombre, tipo o marca en tiempo real.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO (LA FÓRMULA)

El núcleo lógico del software se basa en el principio de la Eficiencia Térmica (o rendimiento), que es una medida adimensional del desempeño de una máquina térmica.

Para efectos de este software, se ha implementado la relación entre la energía útil obtenida y la energía suministrada al sistema. La ecuación matemática programada en el código fuente es:

Donde:

- η (**Eficiencia**): Es el rendimiento expresado en porcentaje (%).
- P_{salida} (**Potencia de Salida**): Es la potencia útil entregada por la máquina (ej. electricidad en un generador o trabajo en el eje de una turbina), medida en Kilowatts (kW).
- P_{entrada} (**Potencia de Entrada**): Es la potencia suministrada a la máquina (ej. calor del combustible o flujo de vapor), medida en Kilowatts (kW).

Lógica de Validación en Software:

El sistema valida que $P_{\text{entrada}} > 0$ para evitar indeterminaciones matemáticas (divisiones entre cero) antes de guardar el registro en la base de datos.

III. ARQUITECTURA DEL SOFTWARE

El sistema ha sido construido utilizando una arquitectura por capas, separando la interfaz de usuario de la lógica de datos

A. Tecnologías Utilizadas

- Lenguaje de Programación: C++ / CLI (Common Language Infrastructure).
- Entorno de Desarrollo (IDE): Visual Studio (Windows Forms).
- Gestor de Base de Datos: MySQL Server 8.0.
- Herramienta de Diseño BD: MySQL Workbench.
- Librería de Conexión: MySql.Data.MySqlClient.

B. Estructura de la Base de Datos MAQUINAS_TERMICAS

Se diseñó una tabla principal denominada equipos con estructura relacional para soportar los cálculos:

Columna	Tipo de Dato	Descripción
id	INT (Auto)	Identificador único del activo.
nombre	VARCHAR	Denominación técnica (Ej. Turbina T-1).
Potencia entrada	DOUBLE	Variable para el denominador de la fórmula.
Potencia salida	DOUBLE	Variable para el numerador de la fórmula.
eficiencia	DOUBLE	Almacena el resultado del cálculo (%).

IV. ESARROLLO DE MÓDULOS

A. Módulo de Registro y Cálculo Automático

Este es el componente principal del sistema (FormRegistro.h). El usuario ingresa los datos físicos y técnicos. Al presionar el botón "REGISTRAR Y CALCULAR", el software ejecuta internamente el siguiente algoritmo:

- **Captura de datos:** Lee los TextBox de la interfaz.
- **Conversión:** Transforma las cadenas de texto a tipos numéricos double.
- **Procesamiento:** Aplica la fórmula $n| = (P_{sal} / P_{ent}) * 100$.
- **Persistencia:** Envía los datos calculados a MySQL mediante la clase ConexionBD.

V. ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y DERIVACIÓN DE LA FÓRMULA

A. De la Máquina de Vapor al Ciclo Ideal (1824)

A principios del siglo XIX, durante la Revolución Industrial, ingenieros como James Watt mejoraban las máquinas de vapor basándose únicamente en la experimentación práctica, sin comprender los principios físicos subyacentes. Se desconocía cuánto carbón era teóricamente necesario para producir una cantidad específica de trabajo.

El punto de inflexión ocurrió en 1824, cuando el físico e ingeniero francés Nicolas Léonard Sadi Carnot publicó "Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego". Carnot estableció que la eficiencia de una máquina térmica no depende del fluido de trabajo (vapor, aire), sino de las temperaturas de la fuente caliente y la fuente fría.

B. La Primera Ley: Conservación de la Energía (1840-1850)

Posteriormente, científicos como James Prescott Joule y Julius von Mayer establecieron la equivalencia mecánica del calor. Esto dio origen a la Primera Ley de la Termodinámica, que establece la conservación de la energía. Bajo este principio, se determinó que la potencia que entra a una máquina (entrada) no desaparece, sino que se divide en dos:

1. Potencia útil (P_{salida} o Trabajo).
2. Potencia perdida ($P_{perdida}$ o Calor rechazado).

$$P_{entrada} = P_{salida} + P_{perdida}$$

C. La Segunda Ley y la Definición de Eficiencia (Kelvin-Planck)

Fue con Lord Kelvin y Rudolf Clausius (mediados del siglo XIX) que se formalizó la Segunda Ley de la Termodinámica. El enunciado de Kelvin-Planck dicta que ninguna máquina térmica puede tener una eficiencia del 100%.

Para cuantificar "qué tan buena" es una máquina real comparada con una ideal, los ingenieros definieron el concepto de Rendimiento Térmico (η) como una relación adimensional (ratio) entre el beneficio obtenido y el costo energético pagado.

De esta evolución histórica surge la fórmula que este proyecto automatiza:

$$\eta = \frac{\text{Beneficio (Trabajo)}}{\text{Costo (Calor)}} = \frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{entrada}}}$$

D. Aplicación en la Ingeniería Moderna

Hoy en día, esta fórmula es el estándar global (ISO) para medir el desempeño de turbinas de gas, ciclos combinados y motores de combustión interna. El presente software recoge este legado científico de dos siglos y lo aplica mediante algoritmos computacionales para el monitoreo instantáneo de activos industriales.

VI. CONCLUSIONES

El desarrollo de este sistema computacional permitió validar exitosamente la aplicación práctica de los principios históricos de la Termodinámica establecidos por Sadi Carnot y la Segunda Ley, demostrando, a través del cálculo automatizado de la fórmula $\eta = (P_{\text{salida}}/P_{\text{entrada}}) * 100$, que la eficiencia de los equipos reales está limitada por irreversibilidades físicas y nunca alcanza el 100%. La integración de algoritmos de precisión en C++ con la gestión de datos en MySQL no solo eliminó el error humano y optimizó los tiempos de consulta mediante búsqueda dinámica, sino que transformó el registro de activos en una herramienta de diagnóstico energético confiable, arrojando resultados coherentes con los ciclos termodinámicos industriales (Rankine y Diesel) y facilitando la toma de decisiones basada en el rendimiento real de la maquinaria.