

## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y CONTROL DE DATOS MEDIANTE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL COMO HERRAMIENTA EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

EIM. Luis Enrique Maldonado Flores<sup>§</sup>, Dr. Juan Antonio Rojas Estrada, M.C. Patricia Quintero Álvarez  
Instituto Tecnológico de Nuevo León  
División de Estudios de Posgrado e Investigación  
Posgrado en Ingeniería Mecatrónica  
Av. Eloy Cavazos 2001, Col. Tolteca, Guadalupe, N.L. 67170  
luismaldonado07@hotmail.com, jarojas2001@yahoo.com.mx, patyqar@yahoo.com

### RESUMEN

Se presenta el diseño e implementación de un sistema de adquisición y control de datos mediante instrumentación virtual utilizado como herramienta en el mantenimiento predictivo de sistemas de refrigeración. Este sistema se basa en la adquisición de información temperatura, presión y corriente. El sistema se apoya en la parte gráfica y procesamiento de información por LabView<sup>®</sup> de National Instruments en conjunto con el sistema embebido Arduino uno. En las pruebas realizadas se obtienen datos que indican que el procedimiento propuesto es exitoso en el mantenimiento del equipo.

### 1. INTRODUCCIÓN

En el pasado (y para muchos desafortunadamente, es presente aún), las prácticas de mantenimiento correctivo no planeado, o también llamado “emergencia”, llevan al mal uso de los recursos de la empresa, tanto materiales como humanos. Las empresas que pretendan ser competitivas a nivel mundial y mantenerse en el mercado, deberán adoptar una visión distinta y moderna del mantenimiento, por lo que ya no podrán seguir con este tipo de prácticas obsoletas. Por otra parte, la práctica de mantenimiento basado en tiempo o “preventivo”, han demostrado que puede reducir los tiempos paro no planeados, reducir la cantidad de fallas imprevistas, incrementar la confiabilidad en la operación, pero, tiene un gran inconveniente: su costo es muy elevado. Revisar, ajustar o reparar máquinas cuando “aún no lo requieren” o cuando es “demasiado tarde”, se deriva en gastos excesivos y en muchas ocasiones innecesarios, (ver figura 1). Por eso decimos que, “si la máquina no está descompuesta, no la repares!”[1][2]

<sup>§</sup> Profesor adscrito al Instituto Tecnológico de Mazatlán

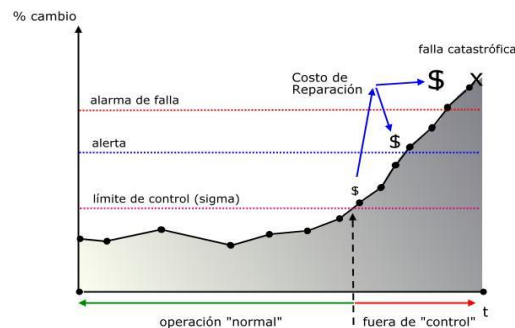


Fig. 1 Costo operación – reparación de la máquina

Por otra parte, el mantenimiento basado en condiciones, también llamado “predictivo”, se lleva a cabo midiendo periódicamente algunas variables físicas de cada máquina, con el uso de los transductores apropiados. Lo anterior se realiza durante la operación normal de los equipos y bajo sus condiciones de velocidad y carga nominales. De forma analógica, se realiza el estudio de los “signos vitales”, cuya evaluación permite identificar las condiciones “reales” de operación y confiabilidad de la máquina. Con la evaluación de la condición de la maquinaria pretendemos hacer el “mantenimiento correcto en el momento correcto”; *ni más, ni menos del requerido, ni antes, ni después de ser realmente necesario*. Ahora, deseamos realmente reducir los costos de mantenimiento, pero, sin sacrificar la confiabilidad de la operación.[1][2]

La contribución de este trabajo es desarrollar una herramienta de bajo costo aplicada al mantenimiento predictivo en los sistemas de refrigeración industrial, capaz de determinar en base a datos obtenidos por elementos primarios de medición el estado de la máquina en todo

momento, así como sistemas de alarma para prevenir el daño de la máquina antes de que ésta entre en un estado crítico.

La novedad de este trabajo es que la plataforma de desarrollo de esta herramienta se basa en el software LabView® de National Instruments en conjunto con el sistema embebido Arduino uno, lo cual permite que el diagnostico funcional del equipo se realice mediante instrumentos virtuales con una interfaz gráfica hombre maquina muy familiar. [2][6]

## 2. DESARROLLO

Para llevar a cabo nuestro proyecto se partió de las siguientes propuestas:

1. Desarrollar una herramienta de soporte al mantenimiento predictivo mediante la adquisición y control de datos estadísticos haciendo uso de elementos primarios de medición, Instrumentación Virtual y sistemas embebidos.
2. Diseñar la interface de comunicación entre los elementos primarios de medición, el sistema embebido y la interface grafica HMI.
3. Crear mediante instrumentos virtuales en LabView® el panel frontal de la interface grafica HMI donde se visualizara los datos obtenidos de los elementos primarios y en base a esta información poder hacer un diagnostico de la condición real del equipo. [5]

### 2.1 Sistema propuesto

En la figura 2, se puede observar el sistema propuesto a bloques para la implementación física de este proyecto de innovación. El sistema está formado de tres partes principales:

Etapas 1.- Sistema de elementos primarios de medición integrado por diversos sensores (temperatura, presión, vibraciones y corriente).

Etapas 2.- Sistema embebido tarjeta de adquisición de datos, el cual integra las etapas de acondicionamiento de la señal física monitoreada, filtrado y conversión de la señal.

Etapas 3.- Interface gráfica o HMI se diseña en LabView®, será la encargada de presentar en instrumentos virtuales la información y guardarla en archivos de Excel para su utilización en el mantenimiento predictivo. [3][5][6]

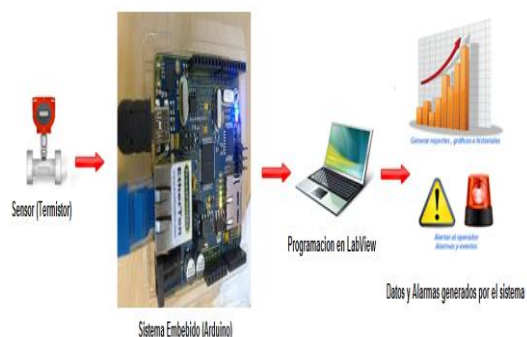


Fig.2 Diagrama bloques del sistema de mantenimiento predictivo propuesto

## 3. RESULTADOS

De entre varias pruebas que se hicieron al sistema de aire acondicionado tipo minisplit de 1.5 toneladas, en donde una de las primeras pruebas realizadas al sistema se hizo con el parámetro de la temperatura, el rango seleccionado de temperatura del sistema fue de 24 grados centígrados considerando esta temperatura como de trabajo normal del equipo. Para esta prueba se utilizó como elemento de medición un termistor, para el sistema embebido se utilizó la tarjeta Arduino 1 y en LabView® se generaron los instrumentos virtuales.[7][8],obteniendo los siguientes resultados.

En la fig.3 se muestra el panel frontal de instrumentos virtuales que se diseñó en LabView® para el proyecto, donde se tiene una imagen general de un sistema de refrigeración con sus partes principales; Evaporador, Condensador, Compresor, ventiladores, sistemas de alarmas, selección de pin de lectura el micro en la tarjeta Arduino y visualización gráfica de los parámetros. Se tienen un indicador gráfico y numérico en la parte del evaporador, este nos indicará la temperatura sensada por nuestro elemento primario Termistor.

El sistema de alarma está formado por:

**LT:** En este indicador numérico se fija el parámetro deseado de la temperatura en el cuarto frío.

**LAL:** En este indicador numérico se establece el nivel de temperatura que indicara si el parámetro sensado está por debajo del nivel deseado en **LT**.

**LAH:** En este indicador numérico se establece el nivel de temperatura que indicara si el parámetro sensado está por arriba del nivel deseado en **LT**.

La parte del gráfico muestra la forma de onda de las lecturas tomadas de temperaturas durante el periodo del sensado.[3][5][7]

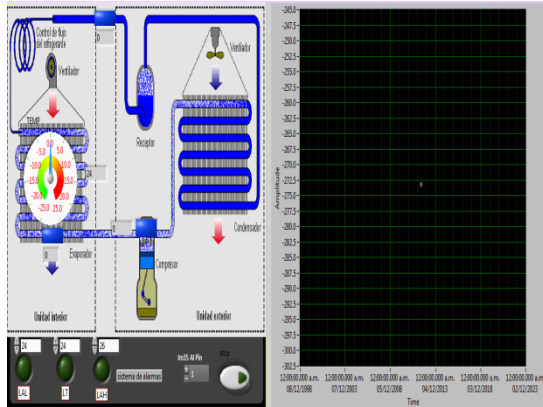


Fig. 3 Interfaz gráfica del panel frontal diseñada en LabView®.

En la en la fig.4 se muestra los datos recabados en una prueba realizada al sistema de refrigeración, en esta gráfica observamos la temperatura de trabajo del sistema así como el comportamiento de trabajo del compresor del sistema. En el eje X tenemos el tiempo o números de muestras tomadas al sistema, en el eje Y se muestra la temperatura de trabajo del sistema.

Se puede observar que la temperatura de operación correcta es de 6 grados centígrados como rango máximo y 5 grados centígrados como rango mínimo, es decir que las alarmas de avisos del sistemas tendrían los siguientes valores: LT = 6 grados centígrados LAL = 7 grados centígrados y LAH = 8 grados centígrados.

Para esta imagen el diagnostico de nuestro sistema de adquisición y control de datos mediante instrumentación virtual como herramienta en el mantenimiento predictivo es el siguiente: El sistema está trabajando correctamente ya que cumple con mantener la temperatura en el rango deseado por el usuario que para esta simulación es de 6 grados centígrados. [6][7]

En la fig. 5 se muestra los datos recabados en una prueba realizada al sistema de refrigeración minisplit, en esta gráfica observamos la temperatura de trabajo del sistema así como el comportamiento de trabajo del compresor del sistema.

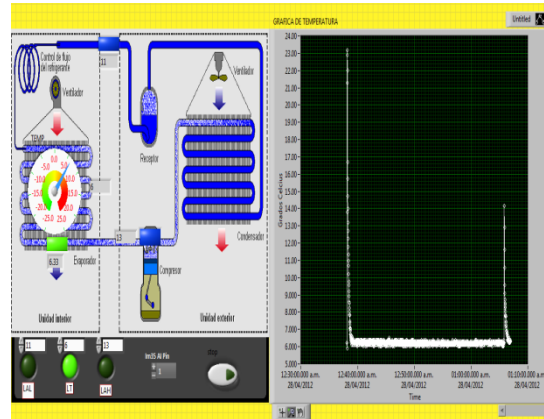


Fig. 4 Gráfica de temperatura de un sistema de refrigeración.

Se puede observar en la grafica 5 parte (A) que la temperatura de operación es correcta de 25.5 grados centígrados como rango máximo y 24 grados centígrados como rango mínimo, es decir que las alarmas de avisos del sistemas tendrían los siguientes valores: LT = 24 grados centígrados LAL = 26 grados centígrados y LAH = 27 grados centígrados. Para esta captura se simuló que el sistema presentó 2 fallos uno de ellos no es representativo ya que se observa que solo lo repite una sola vez en más de 260 muestras tomadas grafica 6 parte (B) este es cuando la temperatura baja hasta casi 22 grados, mas sin embargo la que si representa un problema para el área encargada de mantenimiento es cuando la señal sensada se va hasta 27 grados centígrados y pasa ahí por más de 600 muestras grafica 6 parte (C), sin que el sistema vuelva a enfriar, esto nos indica que el compresor del sistema de aire acondicionado dejo de trabajar.

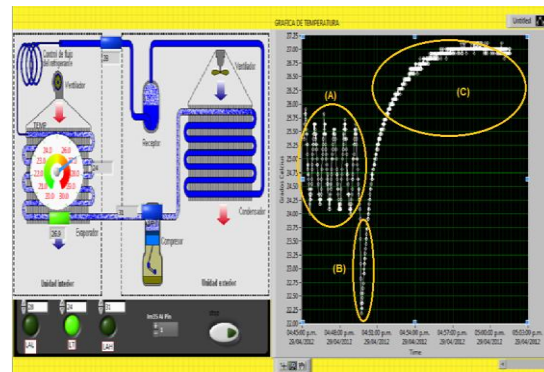


Fig. 5 Gráfica de temperatura de un sistema de refrigeración tipo minisplit.

Para esta imagen el diagnostico de nuestro sistema de adquisición y control de datos mediante instrumentación virtual como herramienta en el mantenimiento predictivo es: que el sistema presentó una falla significativa ya que el sistema dejo de enfriar, por lo que el personal de mantenimiento tiene detectado el problema raíz de la falla del sistema para este caso el compresor.[7]

### 3.1 Calibracion del sensor

En la fig. 6 se observa el modulo del instrumento virtual para la converion de la lectura de temperatura a voltaje analogo, este diseño se basa en la ecuacion de Steinhart (1) para dar linealidad a la lectura de temperatura del termistor.

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C (\ln(R))^3 \quad (1)$$

donde T es la Temperatura sensada, R es la Resistencia en ohms y A, B y C son los coeficientes de Steinhart estos dependen del modelo del termistor.

Para la calibración del transductor utilizado, se auxilió de un medidor de temperatura infrarrojo y uno de columna de mercurio como instrumentos patron, se hicieron los ajustes necesarios en LabView® en el módulo de adquisición para poder validar las lecturas dadas por nuestro transductor.

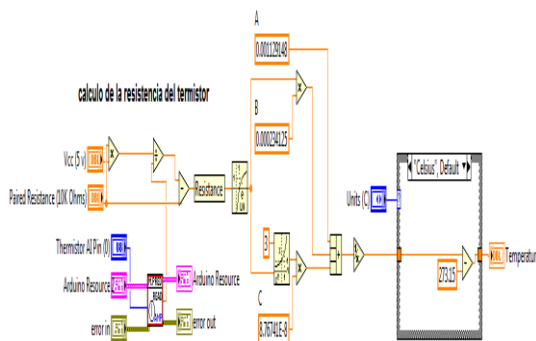


Fig. 6 Instrumento virtual desarrollado en LabView® utilizando la ecuacion de Steinhart

## 4. CONCLUSIONES

Podemos concluir que el sistema propuesto cumple con los objetivos planteados, el diseño de una herramienta de apoyo con aplicación central en el mantenimiento predictivo con la que se puede establecer un sistema de monitoreo del equipo o maquinaria. Se tiene información actualizada del estado de funcionamiento de los equipos o máquinas y se pueden observar las tendencias temporales de dicho estado. Con todo esto, poder prever las averías y anticiparnos a ellas planeando las intervenciones oportunas en cada caso.

Es importante hacer notar que el sistema propuesto requiere de una supervisión continua de los datos recabados, esto es, una vez analizados los datos monitoreados se debe actuar en consecuencia.

De manera esquemática, podemos resumir que nuestro proyecto de desarrollo de un sistema de adquisición y control de datos mediante instrumentación virtual como herramienta en el mantenimiento predictivo nos permite:

- Evaluar el estado de funcionamiento de la maquinaria y de sus componentes
- Determinar si el equipo funcionará de forma fiable hasta la próxima intervención programada
- Predecir averías del equipo
- Permitir una programación del trabajo que se requiera en el mantenimiento
- Evitar paradas imprevistas y reducir al mínimo la paralización del sistema o maquinaria afectando así sea el caso la producción
- Mantener los equipos de máquinas en un estado óptimo de funcionamiento

### 4.1 MEJORAS POSTERIORES

- Implementación de otros parámetros
- Implementar el control para suspender la operación del equipo de manera automática cuando un parámetro salga de control
- Extensión a varios sistemas a la vez.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ordóñez Guerrero, A. ***Introducción al Mantenimiento Predictivo***, ButterWorth Heinemann., pp.217-221, 2003.
- [2] Ricardo Santamaría Holek ***“Tendencias del Mantenimiento Predictivo”***, Conf. de mantenimientos predictivos, 2006.
- [3] EIM. Luis Enrique Maldonado Flores, ***“Desarrollo de un sistema de adquisición y control de datos mediante instrumentación virtual como herramienta en el mantenimiento predictivo”***, Documento de Proyecto de Innovación, IT-Nuevo León 2010.
- [4] ***Norma ISO 13374-1*** 2003-03-15 firstedition, Marzo 2003.
- [5] Wells LK, ***“LabView: Graphical Programming for Instrumentation”***, EnglewoodCliffs,USA, 1995.
- [6] Jeffery Travis, ***“LabVIEW for Everyone”***, National Instruments, 2001.
- [7] National Instruments ***“LabVIEW User Manual”***, National Instruments, 2000.
- [8] Arduino ***“Manual de Usuario”*** Arduino 2009.