



Trabajo de Diploma

Autor: Rolando Cespedes Bejerano

Tutores: MSc. Ing. Osbeida López Almarales
MSc. Ing. Julio Fong Barrio

Santiago de Cuba
2017

Trabajo de Diploma

Título: Diseño de una interfaz para prácticas de laboratorios de magnitudes físicas

Autor: Rolando Cespedes Bejerano

Tutores: MSc. Ing. Osbeida López Almarales
MSc. Ing. Julio Fong Barrio

Santiago de Cuba
2017

Pensamiento

Mide lo que sea medible y haz medible lo que no lo sea.

Galileo Galilei



Dedicatoria

A la memoria de mi tío Raúl por ser mi acompañante en mi primeros años de vida.

A mi toda mi familia que siempre estuvieron conmigo, me apoyaron y me motivaron para lograrlo, quienes con su ejemplo de vida me enseñaron a esforzarme y nunca darme por vencido. Por su amor, comprensión e inigualable ayuda , por estar siempre a mi lado, por todos los esfuerzos y sacrificios que tuvieron que soportar en beneficio mío.

Agradecimientos

A mi familia por creer en mí y siempre me apoyaron en muchas formas y que estuvieron conmigo en los momentos más difícil.

A mis tutores MSc. Ing. Osbeida López Almarales y MSc. Ing. Julio Fong Barrio, quienes son parte fundamental de este trabajo. Gracias por su tiempo, paciencia, interés, apoyo y acompañamiento.

A cada uno de mis compañeros que compartieron su tiempo conmigo. Por todos aquellos momentos buenos, pero también difícil, y que siempre conté con ustedes y siempre me apoyaron en muchas ocasiones.

Al colectivo de profesores de la carrera Automática por brindar sus conocimientos en estos años. Gracias por su sacrificio a pesar de las vicisitudes.

A cada una de las personas que han sido parte en esta etapa de mi vida, que me han acompañado de alguna forma, y han influido para poder llegar a ser lo que el día de hoy soy.

Muchas gracias a todos.

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño de una interfaz para prácticas de laboratorios de mediciones de magnitudes físicas con instrumentos virtuales en la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

Previamente, se presentan conceptos generales relacionados con las magnitudes físicas con sus respectivos elementos para realizar las mediciones. Se caracterizan los elementos fundamentales de los sistemas de adquisición de datos en especial la tarjeta DaqBoard/1000 y las prácticas de laboratorios.

Luego se muestra la propuesta del sistema para la medición de magnitudes físicas, así como la interfaz diseñada empleando el software profesional **MATLAB® 7.10** para realizar las mediciones, se selecciona el sensor para las diferentes magnitudes físicas, se propone el acondicionador de señal, se muestran los objetivos, esquemas y procedimientos principales de las guías de laboratorio a desarrollar y finalmente se comprueban las mediciones de diferentes magnitudes físicas.

Abstract

This paper presents the design of an interface for practices of virtual laboratories of physical measurements for the Faculty of Electrical Engineering.

Previously, general concepts related to the physical quantities with their respective elements to perform the measurements are presented. The fundamental elements of data acquisition systems, especially the DaqBoard/1000 card and the practices of virtual laboratories, are characterized.

Then the system proposal for the measurement of physical quantities is shown, as well as the interface designed using **MATLAB® 7.10** professional software to carry out the measurements, the sensor is selected for the different physical quantities, the signal conditioner is proposed. The main objectives, schemes and procedures of the laboratory guides to be developed and finally the measurements of different physical quantities are checked.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1: Generalidades de las mediciones de magnitudes físicas.....	5
1.1. Magnitudes físicas.....	5
1.1.1. Antecedentes de las magnitudes físicas.....	6
1.1.2. Sistema de unidad de medida y magnitudes	7
1.1.3. Magnitudes físicas en la ingeniería.....	8
1.2. Elementos para la medición de las magnitudes físicas	10
1.2.1. Instrumentación para la medición de magnitudes físicas eléctricas	11
1.2.2. Instrumentación para la medición de magnitudes físicas no eléctricas .	13
1.3. Características fundamentales de los sistemas de adquisición de datos.....	20
1.3.1. Elementos de adquisición datos	22
1.3.2. Tarjeta de adquisición de datos DaqBoard/1000	24
1.4. Prácticas de laboratorios.....	26
1.4.1. Instrumentos virtuales.....	27
Conclusiones parciales	30
Capítulo 2: Interfaz gráfica para un sistema de medición de magnitudes físicas	31
Introducción	31
2.1 Propuesta y selección de los elementos del sistema de medición para las magnitudes físicas	31
2.1.1. Selección del sensor	32
2.2.2. Propuesta del acondicionador de señal	33
2.2. Descripción de las guías de prácticas de laboratorio	34
2.2.1. Informe de laboratorio.....	42

2.3. Interfaz gráfica de usuario.....	43
2.3.1. Software empleado.....	44
2.3.2. Diseño de la interfaz gráfica de usuario.....	45
2.4. Aspectos generales del desarrollo de las mediciones en la interfaz gráfica.	50
Conclusiones parciales	57
Conclusiones Generales	58
Recomendaciones.....	59
Bibliografía	60
Anexos	

Introducción

Desde tiempos remotos el hombre comienza a desarrollar el concepto de mediciones, como una condición básica que permita describir cada uno de los procesos u objetos de la ciencia, la técnica, la producción y los servicios.

En el campo de la ciencia, las mediciones han permitido que el hombre desarrolle sistemas cada vez más complejos. Muchos de estos sistemas necesitan para su funcionamiento, tomar, de forma periódica, información de su entorno. Está información, generalmente está formada por un conjunto de variables, cada una de las cuales representa una magnitud física y cuyo conocimiento es necesaria para tener información del ámbito donde estas se encuentran.

Cualquier investigación científica, la búsqueda de nuevas leyes de la naturaleza, el estudio de nuevos fenómenos, de nuevas sustancias y materiales, se apoyan generalmente en el estudio de las magnitudes físicas. Una magnitud física es aquella propiedad característica medible de un cuerpo, sustancia o fenómeno físico, donde su cuantificación representa el eslabón esencial en el rendimiento, eficiencia y aprovechamiento de recursos de casi todos los procesos industriales automatizados.

El desarrollo y el avance de los procesos industriales, es producto en gran medida del conocimiento de las aplicaciones de las magnitudes físicas, particularmente en el desarrollo de la automática, la microelectrónica y de otras áreas de las ciencias que utilizan los principios y propiedades físicas.

En la actualidad, diferentes universidades y centros de investigación, requieren de tecnología y laboratorios físicos con instrumentos virtuales que puedan apoyar el proceso de aprendizaje sustentados en el conocimiento y obtención de las magnitudes físicas. Los cuales, dado su continua utilización con fines educativos y experimentales, demandan constantes actualizaciones y reparaciones.

Los laboratorios físicos con instrumentos virtuales no es más que la combinación de un circuito de medición (hardware) y programas de computación (software) [1] que permite realizar las prácticas de laboratorio con un mayor nivel de datos mediante simulaciones interactivas o sistemas de adquisición de datos, por lo que está estipulado que estos deben cumplir con un número de requisitos establecidos para su funcionamiento efectivo, entre estos parámetros resaltan el desarrollo de una interfaz usuario-laboratorio amigable, con una estructura de acceso rápido y eficaz a la información solicitada, que estimule el aprendizaje y el desarrollo de los conocimientos del usuario constituyendo un medio interactivo.

Un sistema de adquisición de datos, no es más que un equipo electrónico cuya función es el control o simplemente el registro de una o varias variables. Estos han sido aceptados de forma universal como un paso esencial en el desarrollo de las mediciones y otras aplicaciones industriales; gracias a los avances que se tienen en las ciencias informáticas y la electrónica, hoy en día resulta muy familiar implementarlos en diversas tareas en las que se desee el control o conocimiento de algún sistema específico, sobre todo en equipos que son de alta tecnología.

El estudio y medición de magnitudes físicas resulta de gran interés para la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Oriente, para realizar prácticas de laboratorios que permitan ver el comportamiento de dichas magnitudes. Se considera que por la no disponibilidad de una instalación con la instrumentación necesaria para implementar un sistema de adquisición de datos y medir las diferentes magnitudes físicas o instrumento virtual que permita realizar las mediciones y por las ventajas que poseen los mismos, sería de gran utilidad contar con prácticas de laboratorio con instrumentos virtuales que permitan a los estudiantes y profesores corroborar los conocimientos teóricos adquiridos y realizar futuras investigaciones.

Por estas razones, el trabajo actual plantea como **problema de la investigación** la no existencia de una interfaz gráfica para la realización de prácticas de laboratorios de mediciones de magnitudes físicas con instrumentos virtuales en la Facultad de Ingeniería Eléctrica, siendo el **objeto de la investigación** los sistemas de medición de magnitudes físicas. Por lo que se ha tomado como **objetivo de la investigación**

diseñar una interfaz gráfica para la realización de prácticas de laboratorios de mediciones de magnitudes físicas con instrumentos virtuales en la Facultad de Ingeniería Eléctrica. Debido a esto, se define como **campo de acción**, las prácticas de laboratorios de mediciones de magnitudes físicas con instrumentos virtuales y la interfaz gráfica de la computadora con la tarjeta DaqBoard/1000 para la adquisición de datos. Esto conduce a plantear como **hipótesis** que, si se diseña la interfaz gráfica para prácticas de mediciones de magnitudes físicas con instrumentos virtuales en la Facultad de Ingeniería Eléctrica, se dispondría de un instrumento para las mediciones de magnitudes físicas, elevando el grado de motivación y desempeño de los estudiantes y profesores, desde el punto de vista experimental.

Para dar cumplimiento al objetivo se han asumido las siguientes **tareas de la investigación**:

1. Caracterizar gnoseológicamente, históricamente y en la actualidad las magnitudes físicas y sus sistemas de medición.
2. Seleccionar y caracterizar los sensores para las diferentes magnitudes físicas para realizar las prácticas de laboratorio.
3. Diseñar y caracterizar los experimentos para diferentes magnitudes, mediante la interfaz de la tarjeta DaqBoard/1000 con la PC.
4. Desarrollar el software para la selección de las magnitudes con la herramienta profesional **MATLAB® 7.10**.
5. Elaborar y proponer las diferentes guías para la realización de las diferentes prácticas de laboratorio.
6. Corroborar los resultados de las mediciones obtenidas con la tarjeta DaqBoard/1000 mediante la interfaz con el software **MATLAB® 7.10**.

Técnicas y métodos empleados en la investigación

1. Técnicas empíricas.
2. Análisis documentales.
3. Observación.
4. Método histórico-lógico.
5. Método de análisis-síntesis.

Significación práctica de la investigación:

La interfaz diseñada permitirá la realización de prácticas de laboratorios de mediciones de magnitudes físicas con la tarjeta de adquisición de datos DaqBoard/1000 en la Facultad de Ingeniería Eléctrica, elevando la preparación y rapidez de aprendizaje de los estudiantes, además de permitir la realización de diversos experimentos con fines docentes e investigativos.

Estructura del informe del trabajo:

El informe elaborado posee una introducción, dos capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

En el primer capítulo: se plantean aspectos teóricos fundamentales, y aplicaciones relacionadas con los sistemas de mediciones de magnitudes físicas, así como la instrumentación empleada en dichas mediciones. Se caracterizan los laboratorios y el sistema de adquisición de datos a emplear para obtener las mediciones.

En el segundo capítulo: se presenta la propuesta para la medición de magnitudes físicas, así como la interfaz diseñada para realizar las mediciones, se selecciona el sensor, se propone el acondicionador de señal a utilizar en el sistema de medición y luego se realizan las mediciones correspondientes.

Capítulo 1: Generalidades de las mediciones de magnitudes físicas

Las magnitudes físicas ya no solo representan el valor cuantificable para los físicos sino también que se ha vuelto indispensable en nuestra sociedad debido a la amplia gama de aplicaciones en las que se encuentran.

En este capítulo se plantean aspectos teóricos fundamentales, definiciones, y aplicaciones relacionadas con los sistemas de mediciones de magnitudes físicas. Se expone la instrumentación empleada en dichas mediciones. Se caracteriza el sistema de adquisición de datos a emplear para obtener las mediciones, abordando sus principales características y se brinda detalles de los laboratorios virtuales su uso y ventajas.

1.1. Magnitudes físicas

El material fundamental que constituye la física lo forman las magnitudes, en función de las cuales se expresan las leyes de esta ciencia. Entre estas están la longitud, masa, tiempo, fuerza, velocidad, temperatura y muchas más.

Magnitud es algo cuantificable, es decir, medible, ponderable. En la física una magnitud es un valor asociado a una propiedad física o cualidad medible de un sistema físico, es decir, a la que se le pueden asignar distintos valores como resultado de una medición o una relación de medidas. Las magnitudes físicas se miden usando un patrón que tenga bien definida esa magnitud, y tomando como unidad la cantidad de esa propiedad que posea el objeto patrón. En términos generales, es toda propiedad de los cuerpos o sistemas que puede ser medida.

Las magnitudes pueden ser directamente apreciables por nuestros sentidos como los tamaños, pesos de las cosas, gustos, sabores, colores y texturas, o más indirectas como las aceleraciones o energías.

Medir implica realizar un experimento de cuantificación, normalmente con un instrumento especial (reloj, balanza, termómetro) en el cual permite relacionar una magnitud con otra u otras (de la misma especie o no) que se consideran patrones universalmente aceptados, estableciendo una comparación de igualdad, de orden y de número. Es decir, el resultado de una medida lleva asociado: una magnitud y una unidad.

1.1.1. Antecedentes de las magnitudes físicas

El origen del concepto de las magnitudes físicas es muy antiguo, se remonta al siglo XV y XVI cuando Nicolás Copérnico realizó la medición de la distancia de los planetas al Sol, mediante un método ideado por él mismo y Galileo Galilei desarrolló el primero instrumento para medir la temperatura.

Aunque las magnitudes físicas se fueron conociendo con el estudio y descubrimiento de las grandes figuras de la Física estas se conocían desde tiempos antiguos, muy poco se conocía sobre su origen y menos aún, de su conexión entre las mismas.

Otros de los grandes inicios de los antecedentes de la medición de magnitudes físicas fue la experiencia del físico italiano Evangelista Torricelli por ser el primero en medir la presión atmosférica en 1643. Para ello empleó un tubo de 1m de longitud abierto por un extremo, y lo llenó de mercurio. Dispuso una cubeta, también con mercurio y volcó cuidadosamente el tubo introduciendo el extremo abierto en el líquido, hasta colocarlo verticalmente. Comprobó que el mercurio bajó hasta una altura de 760 mm sobre el líquido de la cubeta. Puesto que el experimento se hizo al nivel del mar, decimos que la presión atmosférica normal es de 760 mm de mercurio dando lugar a llamada unidad de medida atmósfera.

La relación entre las diferentes magnitudes físicas que se desprenden de estos descubrimientos y otros fueron agrupados en una teoría unificada, rigurosa y coherente por el Sistema Internacional de Medida y Magnitudes.

1.1.2. Sistema de unidad de medida y magnitudes

El nombre de unidad o patrón de medida se proporciona a toda magnitud de valor conocido y perfectamente definido, utilizando como referencia para medir y expresar el valor de otras magnitudes de la misma especie. Una de las características principales que debe cumplir un patrón de medida es que sea reproducible y reconocida por el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El SI tiene sus inicios en el año de 1960 cuando se reunieron en Suiza técnicos y científicos de las mayorías de los países para actualizar el sistema de unidades y crear el SI con el fin de permitir una comunicación y una uniformidad en las unidades de medida de las magnitudes físicas.

Este sistema tiene como base el metro, el kilogramo, y el segundo como unidades de longitud, masa y tiempo respectivamente junto con otras cuatro para formar las magnitudes fundamentales y las que se derivan de estas (**ver Anexo 1**).

Las magnitudes físicas como parte fundamental de las mediciones están interrelacionadas ya que las mismas permiten describir un proceso o una variable de una industria las cuales permiten el control. Dentro de las gamas de aplicaciones se cuentan las mostradas en la **Figura 1.1**.



Figura 1.1: Aplicaciones de las magnitudes físicas.

1.1.3. Magnitudes físicas en la ingeniería

En nuestros días las mediciones de magnitudes físicas son de gran importancia ya que permite saber el comportamiento de las mismas, sino también entender como estas están presentes en las industrias y sus aplicaciones.

➤ Tensión

Denominado también como diferencia de potencial es una magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito eléctrico cerrado, provocando el flujo de una corriente eléctrica. La diferencia de potencial también se define como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico, sobre una partícula cargada, para moverla de un lugar a otro [2].

La diferencia de tensión es la energía cedida por una carga al ir de un punto de mayor potencial a otro de menor potencial. La unidad de voltaje es el Volt (V) en honor a Alessandro Volta, quien en 1800 inventó la pila voltaica, la primera batería química. Está definido por la siguiente expresión como:

$$v = \frac{dw}{dq} \quad (1.1)$$

➤ Corriente eléctrica

Se conoce como corriente eléctrica al movimiento dirigido y ordenado de partículas con carga, desde un punto de mayor potencial a uno de menor potencial. Si a través de la sección de un conductor circula un infinitesimal de carga (dq) Coulomb durante un infinitesimal de tiempo (dt) segundos, la cantidad de electricidad que pasa a través de dicha sección del conductor durante ese infinitesimal de tiempo se denomina también corriente eléctrica, se pondera en Ampere (A) en honor al matemático y físico francés André-Marie Ampère y se expresa cuantitativamente como:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.2)$$

➤ Resistencia eléctrica

La resistencia eléctrica es una propiedad inherente a los elementos y no es más que la oposición que experimentan al paso de la corriente. En un circuito eléctrico la resistencia (R) es un elemento pasivo que obedece a la relación voltaje-corriente dada por la ley de Ohm, su unidad de medida es el Ohm (Ω) en honor al físico y matemático alemán Georg Simon Ohm.

➤ Temperatura

La temperatura es una magnitud física a la vez intuitiva, por su relación con las sensaciones fisiológicas de frío y caliente, y elusiva, por la dificultad de acceder a su medida directa. De hecho, la temperatura está relacionada con la energía media de las moléculas de un cuerpo, por lo que es inaccesible a la observación directa y debe medirse indirectamente por la relación entre la temperatura y otras propiedades físicas de la materia [3].

La medida de temperatura constituye una de las medidas más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios [4].

La temperatura tiene varias unidades de medida que se conocen en el mundo como son el Kelvin (K), grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$), el Rankine (R) y el grado Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) [5].

➤ Nivel

El nivel hace referencia a una altura relativa a otra altura; generalmente se toma como punto de referencia una base o una referencia. Es usado para tener la información de cuanto producto está almacenado en determinado recipiente o vasija.

La altura puede ser expresada en metro (*m*) en el Sistema Internacional de Unidades o en cualquier otro sistema de medida de longitud como es el pies (*pies*) [6].

➤ Presión

La presión es la magnitud física que relaciona una fuerza aplicada a una determinada área [7].

$$p = \frac{F}{A} \quad (1.3)$$

Una presión de un Newton por metro cuadrado (*1 N/m*) es llamado un Pascal (*1Pa*) en el Sistema Internacional de Unidades. En unidades inglesas, la presión se mide en libras de fuerza por pulgada cuadrada o *PSI* [7].

Como la presión se mide respecto a una referencia o valor patrón existen diferentes nominaciones para la presión de referencia entre las cuales se pueden mencionar la presión absoluta, presión atmosférica, presión relativa o manométrica, presión diferencial, presión de vacío, presión barométrica.

➤ Flujo

El flujo o caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección de una tubería, cañería, oleoducto, río o canal. Dentro de esta nominación encontramos el flujo volumétrico que representa la variación de volumen por unidad de tiempo y el flujo másico que representa la masa por unidad de tiempo.

Las unidades de razón de flujo volumétrico y flujo másico varían en dependencia del sistema de unidades con el que se trabaja.

1.2. Elementos para la medición de las magnitudes físicas

Un instrumento de medición es el medio que se usa para comparar y transformar la señal de medición magnitudes físicas a una forma que pueda ser percibida por el

observador mediante un proceso de medición. Como unidades de medida se utilizan objetos y sucesos previamente establecidos como estándares o patrones, y de la medición resulta un número que es la relación entre el objeto de estudio y la unidad de referencia. Dentro de sus características tenemos la sensibilidad, apreciación, exactitud y precisión. Su clasificación y sus usos varían en dependencia de sus características y si están dedicados a medir magnitudes físicas eléctricas y no eléctricas.

1.2.1. Instrumentación para la medición de magnitudes físicas eléctricas

La instrumentación para la medición de magnitudes físicas eléctricas tiene un valor importantísimo, ya que mediante el uso de ellos se permite conocer la medida e indicación de lo que se mide, como corriente, carga, potencial y energía, o las características eléctricas de los circuitos, como la resistencia, la capacidad, la capacitancia y la inductancia. Además de que permiten localizar las causas de una operación defectuosa en equipos eléctricos.

La información que suministran los instrumentos de medición eléctrica se da normalmente en una unidad eléctrica estándar.

➤ Voltímetro

Los voltímetros (**Figura 1.2**) son los instrumentos de evaluación directa que mide la tensión eléctrica o voltaje aplicada en sus terminales.



Figura 1.2: Voltímetros.

Para efectuar la medida con el voltímetro ha de colocarse en paralelo, esto es, en derivación sobre los puntos entre los que se trata de efectuar la medida. Para ello, en

el caso de instrumentos basados en los efectos electromagnéticos de la corriente eléctrica, están dotados de bobinas de hilo muy fino y con muchas espiras, con lo que con poca intensidad de corriente a través del aparato se consigue la fuerza necesaria para el desplazamiento de la aguja indicadora.

➤ Amperímetro

Los amperímetros (**Figura 1.3**) son los instrumentos de medición usados para la medición de la intensidad de corriente eléctrica en un circuito.



Figura 1.3: Amperímetros.

Para efectuar la medición con el amperímetro ha de colocarse en serie, para que sea atravesado por dicha corriente. Esto lleva a que el amperímetro debe poseer una resistencia interna lo más pequeña posible, a fin de que no produzca una caída de tensión apreciable. Para ello, en el caso de instrumentos basados en los efectos electromagnéticos de la corriente eléctrica, están dotados de bobinas de hilo grueso y con pocas espiras.

➤ Ohmmetro

Los ohmmetros (**Figura 1.4**) es el instrumento de evaluación directa destinada a medir las resistencias a la corriente directa.



Figura 1.4: Formas de medición directa de resistencia.

Este dispositivo de medición emplea una batería en su interior con la cual se induce un voltaje a través de la resistencia que se desea medir, este proceso se hace para que posteriormente el galvanómetro pueda medir la corriente que circula a través de la resistencia. Después de realizar el proceso anterior el ohmmetro puede calcular rápidamente la resistencia utilizando la ley de Ohm.

➤ Galvanómetro

El galvanómetro (**Figura 1.5**) es la herramienta que se usa para detectar y medir la corriente eléctrica. Posee un transductor analógico electromecánico que transforma una corriente eléctrica en un desplazamiento mecánico, lo que produce una rotación angular de una aguja o puntero en respuesta a la corriente eléctrica que fluye a través de su bobina.



Figura 1.5: Galvanómetro.

1.2.2. Instrumentación para la medición de magnitudes físicas no eléctricas

La instrumentación para la medición de magnitudes físicas no eléctricas tiene un valor fundamental para generar, en definitiva, los mejores resultados posibles en lo que toca a la utilización de recursos, máquinas, rentabilidad, protección medioambiental y seguridad en una unidad productiva.

Su uso permite conocer la medición, valor o estado de un parámetro de un proceso, como temperatura, presión, nivel y flujo. Además de que permiten tomar decisiones para evitar causas de una operación defectuosa en los equipos.

La información que suministran se da normalmente en una unidad eléctrica estándar cuando la misma ha sido convertida o en unidades de la magnitud que se mide.

➤ Manómetro de Tubo en U

El Manómetro de Tubo en U (**Figura 1.6**) es uno de los instrumentos más simples y tradicionales de medir presión de forma precisa. Se puede construir con un tubo de vidrio en forma de U o por dos tubos transparentes de misma sección transversal que esté conectado por su parte inferior, ya sea por un tubo del mismo material o por un material distinto.

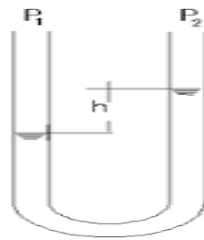


Figura 1.6: Manómetro de Tubo en U.

Para medir la presión se pone en contacto uno de los extremos del manómetro con el proceso P_1 y el otro se deja al aire libre o a una presión de referencia con respecto a la cual se quiere realizar la medición P_2 . El desnivel h que se produce multiplicado por el peso específico del líquido manométrico γ_m da el valor de presión [6].

➤ Tubo Bourdon

El Tubo Bourdon (**Figura 1.7**) es el elemento más sencillo y antiguo que se conoce para medir la presión, creado en 1849 por el ingeniero francés Eugene Bourdon. Fue diseñado de forma semicircular y su sección transversal es oval, uno de sus extremos está cerrado y el otro se conecta a una fuente de presión. Cuando la presión se conecta a un extremo abierto, el tubo tiende a enderezarse, y el movimiento es transferido a una aguja indicadora, por un sector dentado y un piñón, conectada al extremo cerrado del tubo, que indica este cambio en la dimensión, que es proporcional a la cantidad de presión aplicada [4].

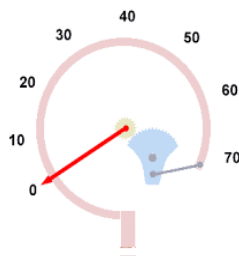


Figura 1.7: Tubo de Bourdon.

➤ Transmisor SITRANS P

El Transmisor SITRANS P (**Figura 1.8**) ha sido creado por SIEMENS para la medición de presión absoluta, relativa, diferencial, caudal y nivel. Ofrecen amplias funciones de seguridad, monitorización de instalaciones y auto monitorización, diagnóstico de fallos en mediciones muy críticas, señalización de la próxima fecha de calibración y muchos otros servicios de control [8].



Figura 1.8: Transmisor SITRANS P.

➤ Medidores de sonda o de vara

Los instrumentos medidores de sonda o de vara (**Figura 1.9**) consiste en una varilla o regla graduada de la longitud conveniente para introducirla dentro del depósito, la determinación del nivel se efectúa por la lectura directa de la longitud mojada por el líquido, cuando la sonda se introduce hasta el fondo del tanque. Este método sirve para tanques a presión atmosférica y se usa comúnmente en tanques de petróleo, gasolina y aceites en motores de combustión interna [4] .

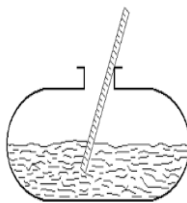


Figura 1.9: Medidor de vara.

➤ Medidores de nivel de cristal

Los medidores de nivel de cristal (**Figura 1.10**) consisten en un tubo de vidrio con sus extremos conectados al tanque mediante bloques metálicos y válvulas. Se usan por lo general tres válvulas: dos de cierre de seguridad y mantenimiento en los extremos del tubo, con las cuales se impide la fuga de líquido en caso de ruptura del tubo; y una válvula de purga [4].

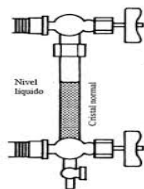


Figura 1.10: Medidor de nivel de cristal.

➤ Medidores de nivel con flotador

Los medidores de nivel con flotador consisten en un flotador situado en el seno de un líquido y conectado al exterior del tanque indicando directamente el nivel. La conexión puede ser directa, magnética, eléctrica e hidráulica [4].

➤ Medidores de nivel con flotador

La medición de nivel por ultrasonido se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante, la superficie libre, y la recepción del eco del mismo en el receptor. En este caso el retardo en la lectura o captación del eco depende del nivel del tanque.

➤ Placa orificio

La placa orificio (**Figura 1.11**) es el elemento primario del instrumento de flujo, consiste en una placa perforada instalada en una tubería. Dos tomas conectadas en la parte anterior y posterior de la placa, captan esta presión diferencial la cual es proporcional al cuadrado del caudal (usando los principios de Bernoulli y Venturi para relacionar la velocidad con la presión del fluido). La presión diferencial puede medirse con un tubo en U de mercurio o agua o transmitirse con los instrumentos convertidores o transmisores diferenciales.



Figura 1.11: Placa orificio.

➤ Tubo Venturi

El Tubo Venturi (**Figura 1.12**) es el elemento primario del instrumento de flujo colocado en la línea para medir una presión diferencial relacionada al flujo usando los principios de Bernoulli y Venturi para relacionar la velocidad con la presión del fluido. Se usa en donde es importante la recuperación de presión, puesto que esta recuperación del cuello Venturi es mucho más elevada que para otros elementos primarios, especialmente en comparación con los de la placa orificio [9].

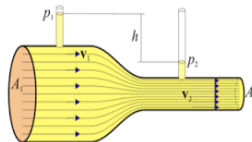


Figura 1.12: Tubo Venturi.

➤ Rotámetros

Los Rotámetros (**Figura 1.13**) son medidores de caudal de área variable en los cuales un flotador cambia su posición dentro de un tubo proporcionalmente al flujo del fluido. Un incremento en el flujo resulta en una fuerza hacia arriba debido a que el fluido ha incrementado la velocidad alrededor del flotante. Esta fuerza hace que la flotante suba. Cuando el flotante sube, el área anular entre el flotante y el tubo exterior rotulado aumenta hasta que las fuerzas hacia arriba y hacia abajo estén nuevamente en equilibrio. Así, cada posición del flotante inferirá una razón de flujo a través del metro [7].

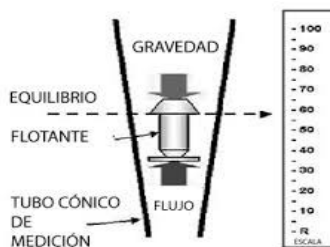


Figura 1.13: Rotámetro.

➤ Medidor de Coriolis

En el medidor de Coriolis (**Figura 1.14**) se utiliza para la medición de flujo másico y hay que generar una fuerza de Coriolis por inversión de las velocidades lineales del fluido mediante la desviación de un bucle en forma de omega, en estado de vibración controlada a la frecuencia de resonancia para reducir la energía requerida. La vibración del tubo, perpendicular al sentido de desplazamiento del fluido, crea una fuerza de aceleración en la tubería de entrada del fluido y una fuerza de desaceleración a la salida, con lo que se genera un par cuyo sentido va variando de acuerdo con la vibración y con el ángulo de torsión del tubo, el cual es directamente proporcional a la masa instantánea del fluido circulante. Dos sensores de posición magnético están situados en el centro del tubo y combinan dos intervalos de tiempo, uno del movimiento hacia abajo del tubo y el otro del movimiento hacia arriba. La diferencia de tiempo de las señales de los sensores de posición está relacionada con el ángulo de torsión del tubo y con la velocidad del tubo en su punto medio, lo que

lleva a decir finalmente que el caudal es solo proporcionalmente al intervalo de tiempo y a constantes que dependen del tubo [4].

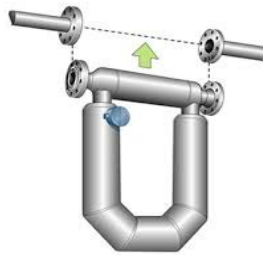


Figura 1.14: Medidor de Coriolis.

➤ Termómetros de resistencia metálica

En los termómetros de resistencia metálica (RTD) (**Figura 1.15**) la medida de temperatura utiliza sondas de resistencia que depende de las características de resistencia en función de la temperatura que son propias del elemento de detección. El material que forma el conductor se caracteriza por el llamado “coeficiente de temperatura de resistencia” que expresa a una temperatura especificada, la variación de la resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia su temperatura [5].



Figura 1.15: Termómetros de resistencia metálica.

➤ Termopar

Un termopar (**Figura 1.16**) es un dispositivo capaz de convertir la energía calorífica en energía eléctrica, es el más utilizado industrialmente. Se fabrican con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (fusionados generalmente). Al

aplicar calor en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño del orden de los 10^{-3} V el cual aumenta al aumentar la temperatura [5].



Figura 1.16: Termopar.

La elección de los alambres para los termopares se hace de forma que tengan una resistencia adecuada a la corrosión, a la oxidación, a la reducción y a la cristalización, que desarrollen una f.e.m. relativamente alta, que sean estables, de bajo costo y de baja resistencia eléctrica y que la relación entre la temperatura y la f.e.m. sea tal que el aumento de ésta sea aproximadamente paralelo al aumento de la temperatura [5].

1.3. Características fundamentales de los sistemas de adquisición de datos

Los sistemas de mediciones de magnitudes físicas se basan en el uso de los diferentes métodos de medición e instrumentos de medición, los cuales incluyen el uso de sensores o transductores para adquirir la variable física y convertirla a señales eléctricas que el usuario pueda interpretar para su posterior registro o procesamiento; para lo cual se utilizan las tarjetas de adquisición de datos.

Las señales deben ser acondicionadas mediante dispositivos que pueden estar basados en el uso de amplificadores operacionales; constituyendo todos los componentes anteriormente mencionados parte de un sistema de adquisición de datos.

La adquisición de datos se define como la toma de mediciones de magnitudes eléctricas y no eléctricas reales, mediante un instrumento que permita recopilar muestras, almacenar y procesar la información, y tiene su desarrollo en la electrónica y en la computación en hardware y software. En hardware se incorpora la captación, el acondicionamiento de la señal e interface de comunicación con la computadora.

En el software se incorpora la programación de la interface desde la tarjeta de adquisición y la computadora, el procesamiento y el despliegue de información, además de la coordinación del sistema [10].

Entonces la adquisición de datos se conforma por un sistema que permite realizar la medición de un fenómeno mediante una tarjeta que toma lecturas y las comunica a la computadora donde se procesa, almacena y muestra la información.

Dentro de las ventajas que presenta dentro de la gran gama de sistemas de medición se puede mencionar la flexibilidad de procesamiento, posibilidad de realizar las tareas en tiempo real o en análisis posteriores (a fin de analizar los posibles errores), gran capacidad de almacenamiento, rápido acceso a la información y toma de decisión, la adquisición de gran cantidad de datos para poder analizar, posibilidad de emular una gran cantidad de dispositivos de medición y activar varios instrumentos al mismo tiempo, facilidad de automatización y la utilización en la industria, la investigación científica, el control de máquinas y de producción, la detección de fallas y el control de calidad entre otras aplicaciones.

El proceso a seguir con las señales desde la adquisición de estas, por medio del sensor adecuado, hasta la digitalización consta de cuatro etapas:

1. La interpretación del fenómeno físico.

En esta parte se hace uso de un sensor que transforma un parámetro del mundo exterior (campo magnético, temperatura, presión, sonido) en parámetros eléctricos ya sea corriente o voltaje.

2. Acondicionamiento de señal.

Ya que normalmente las señales que envía el sensor son muy pequeñas o no están dentro de los parámetros para que el instrumento pueda interpretarlo, en esta etapa se ajusta la señal, amplificándola o reduciéndola, para que pueda ser interpretada correctamente.

3. Interface de comunicación tarjeta-computadora.

La interface se utiliza para transportar la información de la medición de manera digital a la computadora. Existen diferentes maneras de realizar la comunicación entre dispositivos electrónicos y la computadora, tales como puerto paralelo, puerto serial, PCI, ETHERNET, USB, cada uno tiene diferentes ventajas por las cuales es utilizado.

4. Procesamiento de la información.

Una vez que fue transportada la información a la computadora, se procesa estadísticamente, se almacena y se muestra de manera gráfica para su interpretación.

1.3.1. Elementos de adquisición datos

El proceso de la adquisición de datos tiene al menos cuatro etapas (**Figura 1.17**). Cada una de estas etapas implica una interrelación con las demás, es decir cada una debe de estar acoplada con la etapa anterior y la posterior [10].

El esquema comienza con el sensor que convierte la señal física a medir en una señal eléctrica, continúa el acondicionamiento donde se adecua la señal para que pueda ser procesada por la tarjeta de adquisición. El siguiente bloque es el de la Tarjeta de Adquisición de Datos (TAD), esta se encarga de transformar la señal analógica en digital y transmitirla a la PC, donde mediante programas de control se configura el tiempo de muestreo, se despliegan las mediciones y además se almacena la información.



Figura 1.17: Esquema del sistema de adquisición de datos.

Elementos fundamentales de la adquisición de datos:

1. Sensor

Una parte fundamental en todo sistema de adquisición de datos es el elemento encargado de percibir la magnitud a medir. Este dispositivo es capaz de transformar una magnitud física a una magnitud eléctrica. Los sensores informan de su entorno y además esa información es cuantificable, es decir, medible por algún instrumento.

Generalmente se usan para medir una magnitud física que se necesita evaluar para realizar con ello otras tareas [10].

2. Acondicionamiento de la señal

El objetivo del acondicionador de señal es generar, a partir de lo obtenido por los sensores, una señal que sea aceptable por las tarjetas de adquisición de datos. Las tarjetas de adquisición de datos pueden admitir niveles de tensión que se encuentran, por ejemplo, entre márgenes determinados como los siguientes: -10 V a 10 V, 0 V a 10 V, 0 V a 5 V. Dentro las funciones principales que realiza el acondicionador de señal se encuentran la transformación, amplificación, conversión, filtrado, excitación y linealización.

3. Tarjeta de adquisición de datos

En un sistema de adquisición de datos otro de los elementos son las tarjetas de adquisición de los datos, las cuales se encargan de las conversiones de señales de analógica a digital (ADC) y la comunicación con el ordenador.

Como características más relevantes de una tarjeta de adquisición de datos se encuentran el número de canales analógicos, velocidad de muestreo, resolución, rango de entrada, capacidad de temporización y la forma de comunicarse con el computador.

4. Computadora de procesamiento

Actualmente la computadora tiene integrada nuevas familias de procesadores, que

alcanzan velocidades de ejecución que se precisan para realizar la adquisición de datos en una tarea específica. Tienen interfaces básicas y opcionales elegidas por el usuario, resulta tener carácter general y se particulariza a cada caso concreto mediante el adecuado periférico.

1.3.2. Tarjeta de adquisición de datos DaqBoard/1000

La tarjeta de adquisición de datos DaqBoard/1000 (**Figura 1.18**) es de alta velocidad, multifunción, para computadoras con conexión PCI.

La tarjeta DaqBoard/1000 complementa todas las señales de entrada y salida con un cable y un slot PCI. Un conector de 68 pines SCSI III proporciona el acceso para todas las señales de entrada y salida y es dividido en tres funciones de manera lógica:

- 16 entradas analógicas simples o 8 entradas analógicas diferenciales con rangos bipolares (de ± 10 V a ± 156 mV escala completa).
- 24 líneas de E/S digital para todo uso.
- 4 entradas de contador, 2 temporizadores de salidas y 2 salidas analógicas.



Figura 1.18: Tarjeta DaqBoard/1000.

Esta tarjeta permite la programación de los intervalos de muestreo entre 5 μ s o 10 μ s por cada canal. Este modo permite que los canales que se actualizan lentamente pero con un grado de exactitud superior, sean muestreados en un intervalo más largo, mientras que, para los que lo hacen más rápidamente, se use un intervalo más corto [11].

Las tarjetas DaqBoard/1000 son solamente bipolares, permite el escaneo sincrónico y la adquisición de datos analógicos, digitales y de contador con una tasa de escaneo de hasta 200 kHz. Además, tiene implementados un convertidor analógico-digital de 16 bits a 200 kHz, calibración digital, BUS máster de DMA (Acceso Directo a Memoria) y dos convertidores digitales-analógicos de 16 bits a 100 kHz.

Los dos canales de salida de 16 bits poseen un rango de -10 hasta 10 V. Usando el BUS máster de DMA, cada convertidor analógico digital puede generar una señal en forma de onda. El BUS máster permite datos analógicos y digitales de entrada tipo contador y de salida a través de la PC y la tarjeta sin consumo de tiempo del CPU. La tarjeta DaqBoard/1000 soporta modos de disparo que incluyen:

- Disparo digital o por patrón: Estas tarjetas tienen distintas líneas de disparo digital, permitiendo disparos por niveles TTL y latencias menores a 5 μ s. El disparo puede ser programado por niveles lógicos o por borde de disparo (edge triggering).
- Disparo basado en software: La PC detecta el evento de disparo proveniente de las lecturas analógicas, digitales o señales de conteo. La tarjeta es compatible con 6 modos de pre y post-disparo.

Además del software incluido, el **Daqview®**, la tarjeta puede ser controlada mediante programas realizados por el usuario, haciendo uso de la Interface de Programas de Aplicación, (API) de Windows. Soporta múltiples lenguajes de programación incluyendo C/C++, Visual Basic, **MATLAB**, entre otros.

El conector terminal TB-100 (**Figura 1.19**), se usa como interface de comunicación de las señales externas producto de las mediciones con la tarjeta DaqBoard/1000, así como de las salidas analógicas o digitales que ofrece la tarjeta con el exterior. El TB-100 se acopla al conector SCSI III de 68 pines de la tarjeta, por medio de un cable p/nCA-G56.

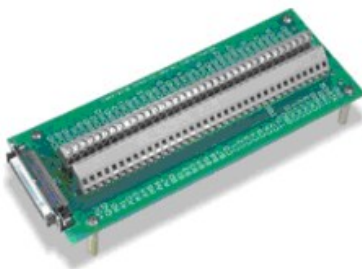


Figura 1.19: Conector terminal TB-100.

1.4. Prácticas de laboratorios

Las magnitudes físicas son eminentemente prácticas lo cual hace que en su enseñanza el laboratorio sea un elemento indispensable. El objetivo fundamental de las prácticas de laboratorios es fomentar el conocimiento de forma más activa, participativa e individualizada, donde se impulse el método científico y el espíritu crítico favoreciendo el desarrollo de habilidades, de técnicas elementales y la familiarización con el manejo de instrumentos y equipos. Por otra parte, el enfoque de las prácticas de laboratorio va a depender de los objetivos particulares que se deseen conseguir tras su realización. Además, la práctica de laboratorio en la formación de un ingeniero es muy importante ya que con las prácticas es donde este puede ejercitar los conocimientos aprendidos teóricamente, donde puede emplear y ejercitar estas habilidades dándoles una mejor visión de cómo resolver los problemas a los que este se enfrente [12].

La realización de las prácticas permite poner en desarrollo el conocimiento adquirido, aumentar la motivación y la comprensión respecto de los conceptos y procedimientos científicos. Para que las prácticas de laboratorio cumplan con los objetivos que se trazan es aconsejable conocer bien lo que se quiere lograr y los medios con los que se cuenta para realizar las prácticas.

La práctica de laboratorio es el tipo de clase que tiene como objetivos instructivos fundamentales que los estudiantes adquieran las habilidades propias de los métodos de la investigación científica y comprueben los fundamentos teóricos de la asignatura

mediante la experimentación empleando los medios de enseñanza necesarios, garantizando el trabajo individual en la ejecución de la práctica.

Esta forma organizativa persigue objetivos muy similares a los de las clases prácticas, lo que la diferencia es la fuente de que se valen para su logro. En las prácticas de laboratorio los objetivos se cumplen a través de la realización de experiencias programadas con el apoyo de una guía de laboratorio que contenga los aspectos siguientes:

1. Objetivos de la práctica de laboratorio.
2. Introducción teórica.
3. Instrucciones prácticas con los contenidos siguientes:
 - Tarea a ejecutar en la práctica de laboratorio.
 - Ejemplo de cálculo o de procedimiento.
 - Indicaciones para que el estudiante participe de modo activo en la ejecución de la práctica de laboratorio.
 - Recomendaciones a seguir durante la ejecución de la práctica.
4. Recomendaciones para la elaboración del informe de laboratorio.
5. Normas de seguridad durante la ejecución de la práctica, principalmente en las prácticas reales con equipos e instrumentos de medición que trabajan con tensiones altas.

1.4.1. Instrumentos virtuales

El uso de los sistemas electrónicos basados en equipos de cómputo ha beneficiado considerablemente al desarrollo e innovación de aplicaciones, cada vez se hace más notable el uso de dispositivos móviles y el mejoramiento de manufactura y producción representan un claro ejemplo del constante avance tecnológico. Lo cual involucra el uso de nuevos sistemas de instrumentación a través de la utilización de modernos equipos de hardware mediante el uso de software novedoso que contrasta el esquema convencional de los lenguajes de programación.

La instrumentación se ha caracterizado por un incremento continuo en cuanto a flexibilidad y escalabilidad de equipos e instrumentos de medición, y que la interfaz permita ingresar datos a alta velocidad en la computadora para su posterior análisis y procesamiento, es decir en tiempo real. Todo esto ha llevado al nacimiento de la instrumentación virtual, el cual es un sistema definido por programa, donde con el programa a partir de los requisitos de la aplicación del usuario se definen las funciones de un circuito de medición asociado a una computadora personal [1] el cual permite desarrollar aplicaciones computacionales basadas en una interfaz gráfica de usuario GUI (Graphical User Interface) .

Los instrumentos virtuales su aplicación está orientada a sistemas, con amplias posibilidades de conexión en redes y periféricos, con un costo económico bajo de estructura abierta y flexible permitiendo su reconfiguración y la reutilización en los nuevos avances tecnológicos.

La instrumentación virtual brinda un nuevo enfoque de la instrumentación convencional que incorpora nuevas características y elementos de sistema añadiendo mejoras tecnológicas basadas en las innovaciones científicas, también implica una reducción de los costos de la producción de los sistemas y promueve el uso de nuevas tecnologías logrando un mercado más amplio y una plataforma de diseño eficiente.

La interacción entre la computadora y usuario se realiza utilizando un lenguaje de programación gráfico y permite la adquisición de datos, el procesamiento de la información, el despliegue y el almacenamiento de la misma.

La instrumentación virtual se utiliza en todos los ámbitos de la vida real puesto que tiene una inmensa gama de aplicaciones. Su éxito se debe al rápido y constante avance en equipos computacionales, al bajo costo y alto rendimiento que representa, en comparación con la instrumentación convencional; y también se debe al creciente desarrollo de sistemas para diseño de software, además de la fácil accesibilidad para la mayoría de los usuarios. Por esta razón la instrumentación virtual representa una enorme ventaja tecnológica respecto al uso de sistemas de instrumentación

convencional; esto implica el reto y tarea de adaptarse al continuo avance tecnológico y representa la oportunidad de desarrollar aplicaciones novedosas en infinidad de áreas de estudio, teniendo el suficiente conocimiento y preparación en el modelo de diseño de sistemas basados en instrumentación virtual.

Un instrumento virtual puede realizar tres funciones básicas de un instrumento convencional: adquisición, análisis y presentación de datos. Sin embargo, el instrumento virtual permite que se personalice y que se le agreguen más funciones sin incurrir en costos adicionales, el cual dependerá de quien este diseñando el instrumento pues mediante la programación se puede diseñar y elaborar los instrumentos más complejos y más adecuados a determinada necesidad.

Conclusiones parciales

1. Las magnitudes físicas son un todo incluido que involucra las mediciones y su respectiva instrumentación y su uso y aplicación es primordial en el control de cualquier proceso, industria o aplicación del hombre.
2. Los laboratorios con instrumentos virtuales, sirven como herramienta interactiva para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior, al constituir un espacio en el que los estudiantes pueden aplicar y comprobar los conocimientos teóricos previamente aprendidos.
3. Los sistemas de adquisición de datos permiten tener un rápido acceso a la información y adquirir una gran cantidad de datos para analizar, además, se utilizan en la industria, la investigación científica, el control de máquinas y de producción, la detección de fallas y el control de calidad.

Capítulo 2: Interfaz gráfica para un sistema de medición de magnitudes físicas

Introducción

En este capítulo se realiza una caracterización general del sistema de medición de magnitudes físicas propuesto. Se selecciona las diferentes magnitudes físicas a trabajar con sus sensores, se propone el acondicionador de señal del sistema de medición, se realiza una breve descripción de las guías prácticas de laboratorio y se presenta la interfaz de usuario diseñada empleando el software profesional **MATLAB® 7.10**.

2.1 Propuesta y selección de los elementos del sistema de medición para las magnitudes físicas

Para la realización y confección del hardware que dará solución al problema planteado se analiza dos elementos fundamentales para la confección del sistema de adquisición de datos. Primeramente se requiere de un sensor que haga corresponder una magnitud de entrada a una magnitud de salida según la relación determinada. Y se requiere una tarjeta de adquisición de datos para poder adquirir la magnitud de salida del sensor y sea posible la transmisión a una computadora para su posterior procesamiento. Teniendo en cuenta esto se propone la siguiente estructura con los siguientes elementos:

- Sensor.
- Acondicionador de señal (Amplificador de instrumentación).
- Tarjeta de adquisición de datos DAQBoard/1000.
- Computadora.



Figura 2.1: Sistema propuesto para la medición de magnitudes físicas.

2.1.1. Selección del sensor

De todos los componentes que forman parte del sistema de medición, el sensor es la fuente de información más esencial, ya que es el instrumento que se emplea en los fenómenos físicos para detectar la magnitud física a medir. Representando el elemento más importante ya que como elemento de entrada del sistema de medición.

Un aspecto muy importante para el desarrollo del sistema de medición es la selección del sensor ya que la entrada al sistema será la información que él detecta y por tanto su interpretación y el procesamiento de la señal dependen directamente de esa información.

Para la medición de las diferentes magnitudes se seleccionan los siguientes sensores que se cuentan físicamente en las prácticas de laboratorio actuales entre los cuales se pueden mencionar:

Tabla 2.1: Selección de los sensores para las magnitudes físicas.

Magnitud Física	Sensor seleccionado
Temperatura	Sonda de resistencia PT-100
Nivel	Transmisor SITRANS P
Presión	Transmisor SITRANS P

2.2.2. Propuesta del acondicionador de señal

Teniendo en cuenta el esquema del sistema de medición propuesto la señal proveniente del sensor ingresa a la etapa de acondicionamiento de señal, donde se procesa y se modifica la señal en una magnitud deseada. Dentro de esta etapa se realizan tareas como amplificar la magnitud de la señal, se pueden usar técnicas de filtrado para eliminar partes de la señal, entre otras tareas que sean necesarias para acondicionar la señal de acuerdo a lo requerido en la salida del sistema.

Amplificación

Esta etapa es un bloque con una entrada y una salida que se encarga de tomar la señal presente en esa entrada y situarla en la salida con un mayor nivel de potencia [15]. La importancia de amplificar la magnitud de la señal, radica en que en el circuito siempre está la probabilidad de la introducción de ruido, y esta perturbación será menor cuanto mayor sea el nivel de la señal, el ruido tendrá menos importancia a medida que se avanza en el circuito y la señal se va amplificando.

Teniendo en cuenta que el amplificador de instrumentación (**Figura 2.2**) es un circuito con entrada diferencial cuya función principal es amplificar con precisión las señales de muy bajo nivel aplicadas a su entrada, eliminando, además, las posibles señales de interferencia y de ruido que lleguen en modo común se selecciona este para su uso en el sistema propuesto; teniendo en cuenta las siguientes características:

- Ganancia diferencial en lazo cerrado estable, que pueda ajustarse externamente sin modificar sensiblemente sus características de entrada.
- Rechazo al modo común (CMR) alto, tanto en continua como a las frecuencias a las que pueda aparecer ruido en modo común a la entrada.
- Impedancia de entrada elevada.
- Tensión y corriente de offset bajas y con pocas derivas.
- Impedancia de salida baja.
- Tensiones de entrada en modo común altas.

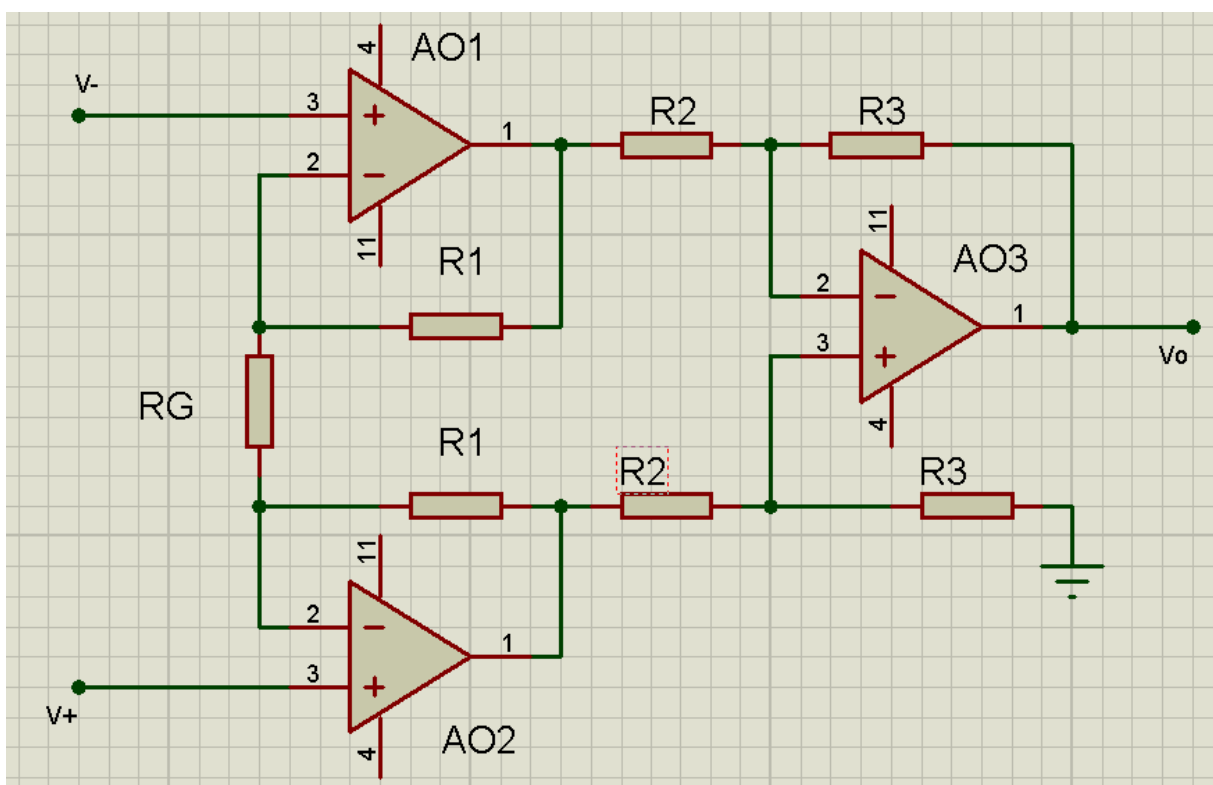


Figura 2.2: Esquema del amplificador de Instrumentación.

2.2. Descripción de las guías de prácticas de laboratorio

A continuación, se exponen los temas, objetivos y algunos rasgos distintivos de las prácticas de laboratorios propuestas para su realización con la interfaz gráfica.

Práctica de laboratorio #1

Título: Medición de temperatura.

➤ Objetivos

Que los estudiantes sean capaces de:

1. Medir temperatura con termorresistencia de platino PT-100.
2. Usar la tarjeta de Adquisición de los datos DaqBoard/1000.
3. Procesar y obtener los resultados de la medición en una aplicación GUIDE del **MATLAB® 7.10.**

➤ Tarea a realizar

1. Calcular los parámetros necesarios del conversor de temperatura en tensión en un campo de 0° a 200° C.
2. Realizar la conexión de la tarjeta DaqBoard/1000.
3. Obtener los resultados de la medición.

➤ Instalación de la práctica (**Figura2.3**).



Figura 2.3: Instalación de práctica de medición de temperatura.

➤ Esquema de conexión a la tarjeta de adquisición de datos.

Para la conexión de la sonda de resistencia a la tarjeta de adquisición de datos (**Figura 2.4**) se tiene que tener en cuenta que la tarjeta solo admite valores de

tensión, para obtener esta caída de tensión es necesario hacer circular una corriente conocida por la resistencia vista a la salida del sensor y esto es lo conectado al canal habilitado para la medición de la tarjeta de adquisición de datos.

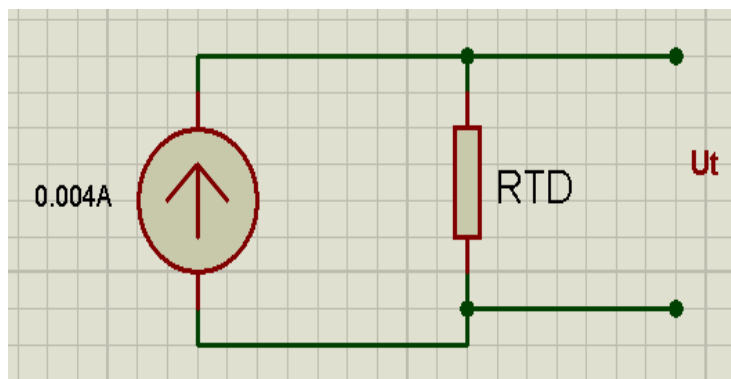


Figura 2.4: Esquema de conexión para la medición con sonda de resistencia.

- Comprobar y escoger los medios utilizados en la práctica.
- Procesar los resultados de la medición.
- Conclusiones.

Práctica de laboratorio #2 y 3

Título: Medición de nivel o presión.

- Objetivos

Que los estudiantes sean capaces de:

1. Medir nivel o presión con Transmisor SITRANS P.
2. Usar la tarjeta de Adquisición de los datos DaqBoard/1000.
3. Procesar y obtener los resultados de la medición en una aplicación GUIDE del **MATLAB® 7.10.**

- Tarea a realizar

1. Indicar el modo de trabajo del Transmisor SITRANS P.
2. Realizar la conexión de la tarjeta DaqBoard/1000.
3. Obtener los resultados de la medición.

- Instalación de la práctica (**Figura 2.5**).



Figura 2.5: Instalación de la práctica de medición de nivel o presión.

- Esquema para la conexión a la tarjeta de adquisición de datos.

Para la conexión del transmisor SITRANS P a la tarjeta de adquisición de datos (**Figura 2.6**) se tiene que tener en cuenta que la tarjeta solo admite valores de tensión, para obtener esta caída de tensión es necesario hacer circular la corriente eléctrica del transmisor eléctrico por una resistencia de $250\ \Omega$ y la caída de tensión en la resistencia es lo conectado al canal habilitado para la medición de la tarjeta de adquisición de datos.

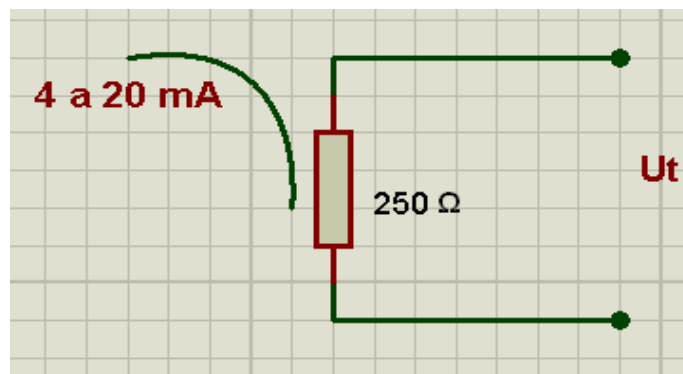


Figura 2.6: Esquema de conexión para la medición con Transmisor SITRANS P.

- Comprobar y escoger los medios utilizados en la práctica.
- Procesar los resultados de la medición.
- Conclusiones.

Práctica de laboratorio #4

Título: Comprobación de la curva de histéresis de una muestra.

➤ Objetivos

Que los estudiantes sean capaces de:

1. Comprobar la curva de histéresis de una muestra.
2. Usar la tarjeta de Adquisición de los datos DaqBoard/1000.
3. Procesar y obtener los resultados de la medición en una aplicación GUIDE del **MATLAB® 7.10.**

➤ Tarea a realizar

1. Calcular los parámetros necesarios del esquema de conexión de la práctica.
2. Realizar la conexión de la tarjeta DaqBoard/1000.
3. Obtener los resultados de la medición.

➤ Instalación de la práctica (**Figura 2.7**).



Figura 2.7: Instalación de la práctica de uso de osciloscopio.

➤ Esquema para la conexión a la tarjeta de adquisición de datos.

Esta práctica se basa en ver la curva de histéresis de una muestra a través de un osciloscopio, la conexión de la instalación de la práctica con la tarjeta de adquisición de datos se hace para obtener la caída de tensión en la resistencia del primario y la

caída de tensión en el secundario como muestra la **Figura 2.8**.

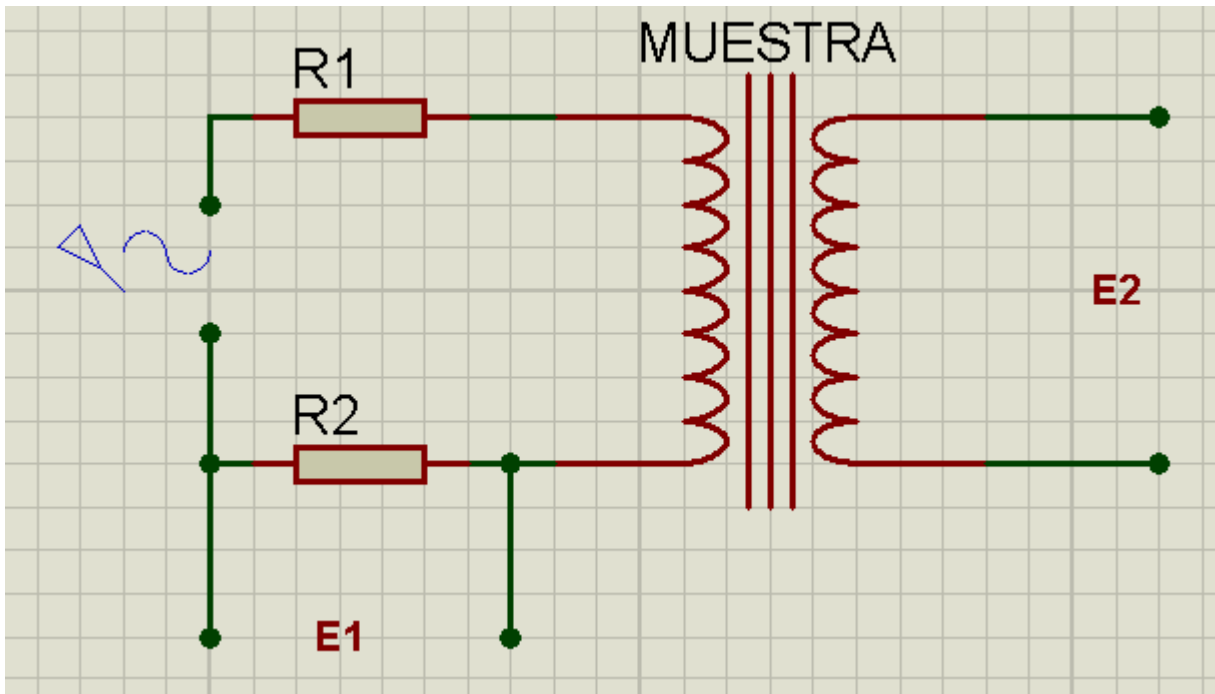


Figura 2.8: Esquema de conexión para su uso como osciloscopio en la curva de histéresis.

- Comprobar y escoger los medios utilizados en la práctica.
- Procesar los resultados de la medición.
- Conclusiones.

Práctica de laboratorio #5

Título: Medición de potencia en circuitos trifásicos.

- Objetivo.

Que los estudiantes sean capaces de:

1. Medir potencia en circuitos trifásicos.
2. Usar la tarjeta de Adquisición de los datos DaqBoard/1000.
3. Procesar y obtener los resultados de la medición en una aplicación GUIDE del **MATLAB® 7.10**.

➤ Tarea a realizar

1. Calcular los parámetros necesarios del esquema de conexión de la práctica.
2. Realizar la conexión de la tarjeta DaqBoard/1000.
3. Obtener los resultados de la medición.

➤ Esquema de medición.

El circuito a estudiar consta de una fuente 3Ø conectada en Y que alimenta una carga RL en Y con conductor de neutro. Para la implementación de este esquema se utilizarán seis entradas simples de la tarjeta DaqBoard/1000. Las conexiones a la tarjeta de adquisición de datos se realizarán a través del conector TB -100. Con la lectura de los voltímetros se comprobará que la tensión de fase no exceda los 7 V y que su valor sea proporcional entre las fases mediante el ajuste con los autotransformadores.

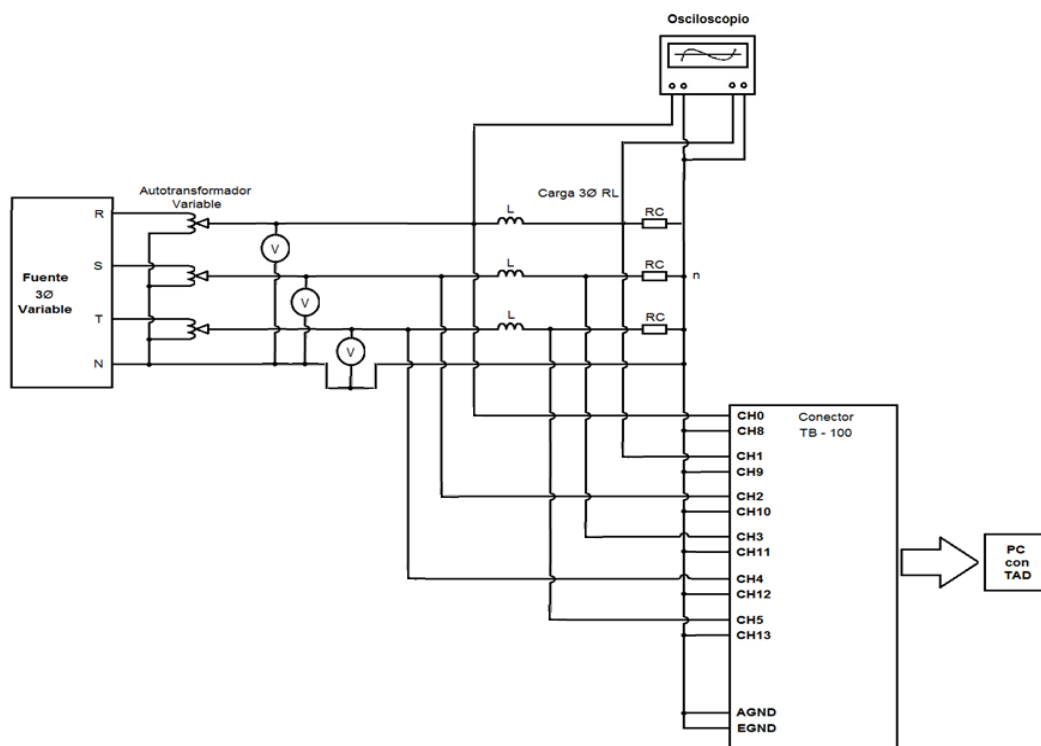


Figura 2.9: Esquema general de la práctica.

➤ Configuración de la tarjeta de adquisición de datos.

Para poder desarrollar la práctica y antes de comenzar a medir es necesario configurar la tarjeta para obtener la adquisición de los datos. Deben tenerse en cuenta parámetros como el número de canales a utilizar, la polaridad, el tipo de medición, cantidad de escaneos y el destino de los datos.

Como la tarjeta tiene una frecuencia de muestreo máxima de 200 kHz, al emplear 6 canales tendremos una frecuencia de muestreo máxima por canal de 33.3 kHz. Como la señal a estudiar tiene una frecuencia de 60 Hz se empleará una frecuencia que sea menor de 33 kHz y una cantidad entera múltiplo de 60. La frecuencia de muestreo (F_S) empleada será de 24 kHz lo que representa 400 veces la frecuencia de la onda de tensión de la red. Esto equivale a tomar una muestra de la señal 24 veces cada milisegundo por lo que se deseamos obtener al menos tres periodos de la misma para su análisis se requiere realizar el siguiente análisis:

El período de la señal a estudiar es:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60 \text{ Hz}} = 16.66 \text{ ms} \quad (2.1)$$

El tiempo de duración de la adquisición será entonces:

$$T_M = 3T = 50 \text{ ms} \quad (2.2)$$

Donde:

T_M es el período o tiempo de muestreo.

El número de escaneos se determina como:

$$N_S = T_M \cdot F_S = 50 \cdot 24 = 1200 \text{ escaneos} \quad (2.3)$$

En la **Tabla 2.2** se muestran las propiedades utilizadas para configurar la tarjeta para la realización de esta práctica.

Tabla 2.2: Parámetros de la adquisición y descripción.

Parámetros	Valor de configuración
Dispositivo	Daqboard1k0
Tipo de entrada	simple
No. de Canales	6
Unidad	V
Evento de disparo	Manual
Evento de parada	No. de escaneos
No. de escaneos	1200
Frec. de escaneos	$24 \frac{\text{escaneos}}{\text{mseg}}$

La realización de esta práctica se propone su realización con el software **Daqview®** como se muestra en el **Anexo 6**.

2.2.1. Informe de laboratorio

El Informe de laboratorio está concebido para que se exprese la actividad realizada y las experiencias adquiridas durante el desarrollo de la práctica en el laboratorio, el cual debe contener los aspectos siguientes:

Práctica de Laboratorio de Mediciones No.____

- 1. Título de práctica:**
- 2. Objetivos de la práctica**
- 3. Introducción**
- 4. Desarrollo de la práctica**
 - a) Enunciado de la tarea a ejecutar.
 - b) Cálculos preliminares
 - c) Selección de los medios de medición y esquemas de medición.
 - d) Resultados experimentales (Tablas y datos obtenidos en la práctica).
 - f) Relación de los medios de medición y equipos empleados.
 - e) Procesamiento de los datos.

5. Conclusión.

2.3. Interfaz gráfica de usuario

La Interfaz Gráfica de Usuario, del inglés Graphical User Interface, es un programa informático que actúa utilizando un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar las acciones y la información disponibles en la interfaz. Su función principal consiste en facilitar un entorno visual sencillo que permita la comunicación con el sistema operativo de un ordenador.

La interfaz surge como evolución de las interfaces de la línea de comandos que se utilizaban en los primeros sistemas operativos y es básico para un entorno gráfico.

Los entornos de escritorio Windows, el X-Windows de **GNU/Linux** o el de **Mac OS X** son algunos de los ejemplos más conocidos de interfaz gráfica de usuario. Para que el usuario interactúe y establezca un contacto más cómodo e intuitivo con el ordenador, la interfaz gráfica de usuario se ha convertido en uso habitual. Una interfaz es el dispositivo que permite establecer comunicación entre dos sistemas que no hablan en el mismo lenguaje. Por interfaz queda definido el juego de conexiones y dispositivos que facilita la comunicación entre dos sistemas y también a la cara visible de los programas, tal y como se presenta a los usuarios para que interactúen con el ordenador.

Implica la presencia de un monitor o pantalla que mediante una serie de menús e iconos representan las opciones que el usuario puede escoger dentro del sistema.

Las características de una interfaz eficiente podrían ser:

- Representación fija y permanente de un determinado contexto de acción.
- Facilidad de comprensión, aprendizaje y uso.
- El objeto de interés ha de ser de fácil identificación.
- Diseño ergonómico mediante el establecimiento de menús, barras de herramientas e iconos de fácil acceso.

- Interacciones basadas en acciones manuales sobre elementos de código visual o auditivo y en selecciones de menú con sintaxis y orden.

Para diseñar una interfaz son necesarias cuatro etapas:

- Análisis de requerimientos del producto y de las tareas.
- Generación de prototipos virtuales o físicos para investigar desde lo general hasta el detalle.
- Planificación. Desarrollo del plan, definición de las medidas, selección de participantes, formación de observadores y preparación de los materiales.
- Conclusión. Análisis de los datos, elaboración del informe, resultados y recomendaciones. Comparación con estándares internos y/o externos, versiones anteriores del mismo producto y productos competidores. Verificación de las diferencias. Generación de nuevas metas.

2.3.1. Software empleado

Existen diversos lenguajes y software para la realización de interfaz para prácticas de laboratorio virtual de mediciones físicas. Uno de los softwares más utilizados y con una gama de aplicaciones en las ingenierías es el software profesional **MATLAB**.

Para el diseño de la interfaz se selecciona trabajar con este software versión 7.10 debido a sus potencialidades y su gran uso en la carrera ya que el mismo es asequible para todos los usuarios permitiendo que la interacción usuario-PC sea amena y las mediciones sean más rápidas.

La comunicación del software **MATLAB® 7.10** con la tarjeta no se complejiza ya que la tarjeta tiene incorporado los drivers necesarios para ser controlada y programada por este software en particular.

La configuración y adquisición con la tarjeta de adquisición de datos a partir del software **MATLAB® 7.10** se realiza siguiendo una serie de comandos simples, ya que la misma incorpora los controladores y las herramientas para el soporte de **MATLAB**.

2.3.2. Diseño de la interfaz gráfica de usuario

Independientemente de que la tarjeta de adquisición de datos **DaqBoard/1000** tenga incluido el software **Daqview®** se diseñó un software en **MATLAB® 7.10** que permite trabajar con dicha tarjeta, para ello se elaboró un programa en un fichero punto **m** al cual se le llamó **interfaz.m**, mostrado en el **Anexo 5**, donde se realiza la configuración de la adquisición.

En la **Tabla 2.3** se muestran las propiedades utilizadas para configurar la tarjeta con **MATLAB® 7.10**.

Tabla 2.3: Parámetros de la adquisición y descripción.

Propiedades	Descripción de las propiedades
InputType	Especifica la configuración de la entrada, puede ser diferencial o simple.
Samples	Especifica el rango de la muestra.
Triggers	Especifica el tipo de evento de trigger empleado.
Channels	Especifica los canales empelados.
DataFormat	Especifica el formato de los datos.
Time	Especifica el rango de tiempo.
OutputFormat	Especifica el formato de salida de los datos.

La tarjeta está configurada en entrada simple por defecto, por tanto, no fue necesario especificar. Se trabajó con entrada analógica se definió la frecuencia de muestreo, el evento de disparo y el canal con el cual trabajar.

La interfaz se diseña en el **GUIDE**, *toolbox* (juego de herramientas) diseñado para crear fácil y rápidamente interfaces gráficas entre el usuario y **MATLAB** para poder realizar y ejecutar programas de simulación de la manera más simple posible, tiene

las características básicas de todos los programas visuales como Visual Basic o Visual C++.

Para el acceso al GUIDE se tiene dos maneras:

1. Teclear en la ventana de comando: >>GUIDE
2. Haciendo clic en el ícono mostrado en **Figura 2.10**.

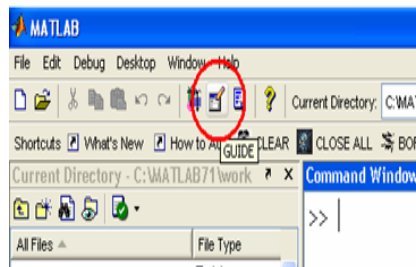


Figura 2.10: Acceso al GUIDE de MATLAB.

Luego se presenta el cuadro de diálogo mostrado en la **Figura 2.11**, donde aparecen las siguientes opciones:

- a) Blank GUI (Default): La opción de interfaz gráfica de usuario en blanco (viene predeterminada), presenta un formulario nuevo, en el cual se puede diseñar nuestro programa.
- b) GUI with Uicontrols: Esta opción presenta un ejemplo en el cual se calcula la masa, dada la densidad y el volumen, en alguno de los dos sistemas de unidades.
- c) GUI with Axes and Menu: Esta opción es otro ejemplo el cual contiene el menú File con las opciones Open, Print y Close. En el formulario tiene un *Popup menu*, un *push button* y un objeto Axes, se puede ejecutar el programa eligiendo alguna de las seis opciones que se encuentran en el menú desplegable y haciendo clic en el botón de comando.
- d) Modal Question Dialog: Con esta opción se muestra en la pantalla un cuadro de diálogo común, el cual consta de una pequeña imagen, una etiqueta y dos botones Yes y No, dependiendo del botón que se presione, el GUI retorna el texto seleccionado (la cadena de caracteres 'Yes' o 'No').

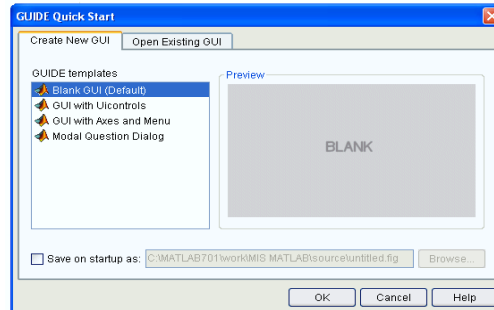


Figura 2.11: Ventana de inicio de **GUIDE**.

Se eligió la primera opción y luego aparece la ventana de diseño mostrada en la **Figura 2.12**.

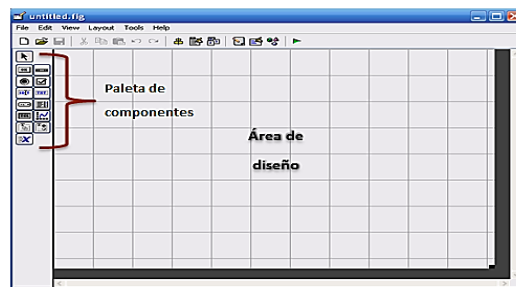


Figura 2.12: Entorno de diseño de **GUIDE**.

Dentro de la paleta de componentes (**Tabla 2.4**) se cuenta con diferentes controles los cuales facilitan la creación de la interfaz en el área de diseño dentro de los cuales se pueden mencionar:

Tabla 2.4: Paleta de componentes del GUIDE.

	Control	Valor de estilo	Descripción
	Check box	'checkbox'	Indica el estado de una opción o atributo
	Editable Text	'edit'	Caja para editar texto
	Pop-up menu	'popupmenu'	Provee una lista de opciones
	List Box	'listbox'	Muestra una lista deslizable
	Push Button	'pushbutton'	Invoca un evento inmediatamente
	Radio Button	'radio'	Indica una opción que puede ser seleccionada
	Toggle Button	'togglebutton'	Solo dos estados, " on" o "off"
	Slider	'slider'	Usado para representar un rango de valores
	Static Text	'text'	Muestra un string de texto en una caja
	Panel button		Agrupar botones como un grupo
	Axes	'axes'	Permite graficar y mostrar imágenes
	Button Group		Permite exclusividad de selección con los radio button

Esta aplicación genera dos archivos con extensiones **.m** y **.fig**, donde el fichero **.m** es el ejecutable y el **.fig** la parte gráfica. Para el diseño de la interfaz de usuario se elaboró un programa llamado **interfaz.m** (mostrado en el **Anexo 5**), donde se configuraron las acciones a realizar por cada componente de la parte gráfica llamada **interfaz.fig** como se muestra en la **Figura 2.13**. En el entorno de diseño se insertaron los componentes a utilizar como son los Pop-up Menu, Axes, Push Button, Editable Text y Static Text, configurados en el fichero anteriormente mencionado.

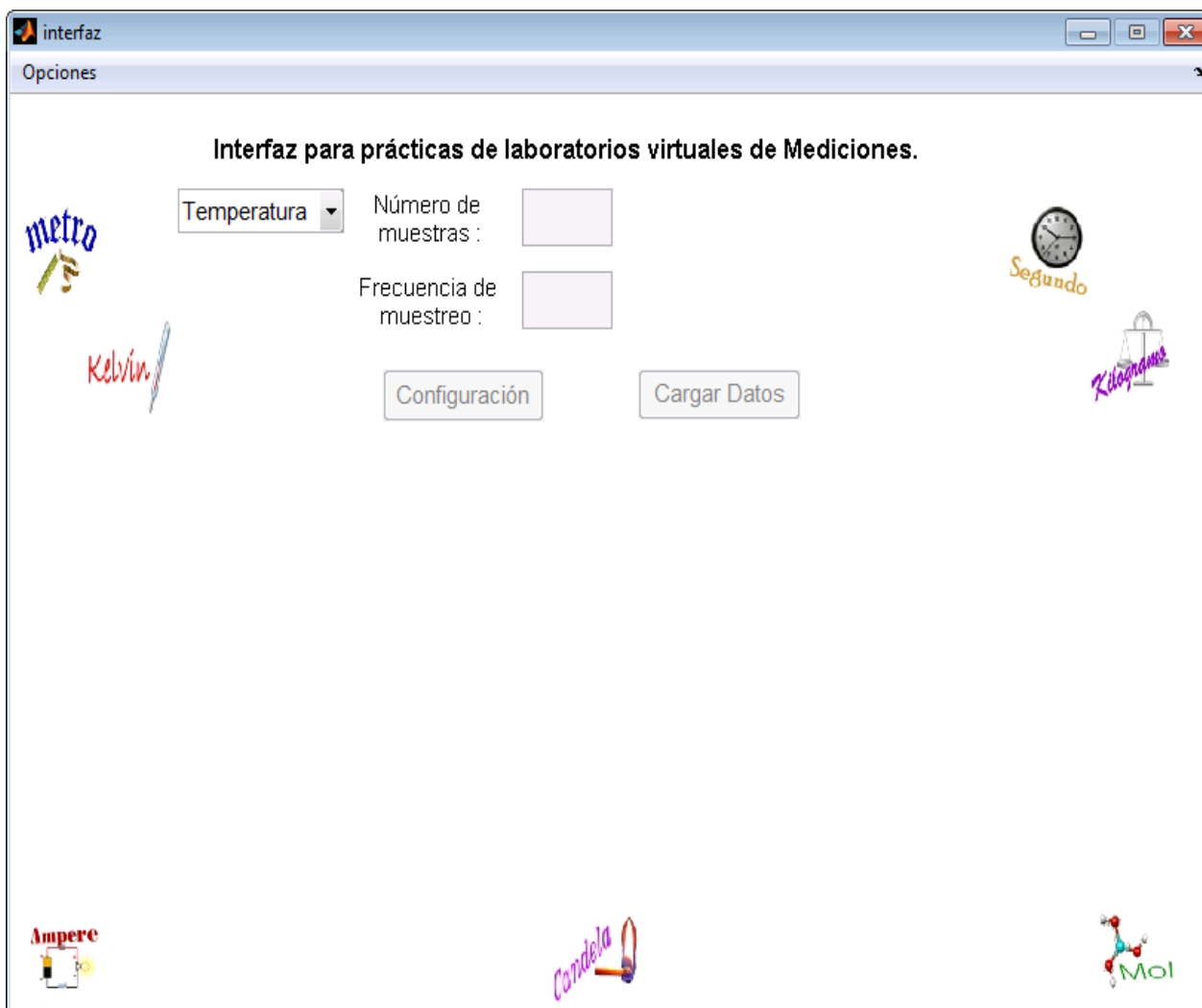


Figura 2.13: Interfaz gráfica.

Para ejecutar la interfaz gráfica, simplemente se debe ejecutar en la ventana de comandos del Matlab: `>> interfaz`

Dicha interfaz permite adquirir los datos provenientes de mediciones realizadas para una frecuencia de muestreo y número de muestras definidos por el usuario. Contiene un menú Opciones (**Figura 2.14**) que está constituido por las opciones de Guardar, Ayuda Práctica y Salir. Además, se obtienen algunos resultados que caracterizan la medición de la magnitud física elegida por el usuario, como son, el valor mínimo, medio y máximo de la señal.

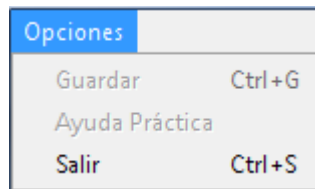


Figura 2.14: Vista del menú de opciones de la aplicación.

2.4. Aspectos generales del desarrollo de las mediciones en la interfaz gráfica

Antes de efectuar las mediciones de las diferentes prácticas de las magnitudes físicas de interés, se realizaron mediciones de prueba utilizando la interfaz gráfica del **Daqview® (Anexo 5)**. Luego de probar el funcionamiento de la tarjeta se realizaron las mediciones para diferentes magnitudes físicas con una frecuencia de muestreo y número de muestras definida por el usuario teniendo en cuenta que en dependencia de estos valores será el vector tiempo de las respuestas gráficas. En cada práctica de magnitud física se obtienen las respuestas gráficas, magnitud física respecto a tensión y en el caso de uso del osciloscopio se muestra la respuesta de curva de histéresis de una muestra.

Medición de temperatura

En la medición de temperatura con las sondas de resistencia se utilizaron los siguientes dispositivos:

- Instalación de práctica de laboratorio de medición de temperatura con una PT-100.
- Fuente de corriente de 4 mA.
- Tarjeta DaqBoard/1000(conector TB-100).
- Computadora.

Para la medición de temperatura con una sonda de resistencia PT-100 se utilizó el esquema mostrado en la **Figura 2.4** el cual permite hacer circular una corriente eléctrica conocida por la resistencia vista a la salida del sensor PT-100 para así ver

en la tarjeta de adquisición de datos la caída de tensión en la resistencia.

La medición se realiza a través del canal 0 (ACH0) de la tarjeta, modo simple.

El valor de la temperatura para los diferentes valores de tensión adquirida por la tarjeta viene dado por la aplicación de la ley de Ohm y la ecuación que relaciona R_t con la temperatura:

$$T = \frac{\frac{R_t}{R_0} - 1}{\alpha} = \frac{\frac{U/I}{R_0} - 1}{\alpha} \quad (2.4)$$

Donde :

U tensión vista en la tarjeta de adquisición de datos.

I corriente eléctrica conocida con un valor de 10 mA.

R_0 resistencia eléctrica para 0°C con un valor de 100 Ω .

α coeficiente de temperatura de la resistencia con valor de 0.00426 $\Omega\Omega^{-1}^{\circ}\text{C}^{-1}$.

En la **Figura 2.15** se muestra el resultado gráfico de la adquisición para la medición de temperatura con sonda de resistencia PT-100.

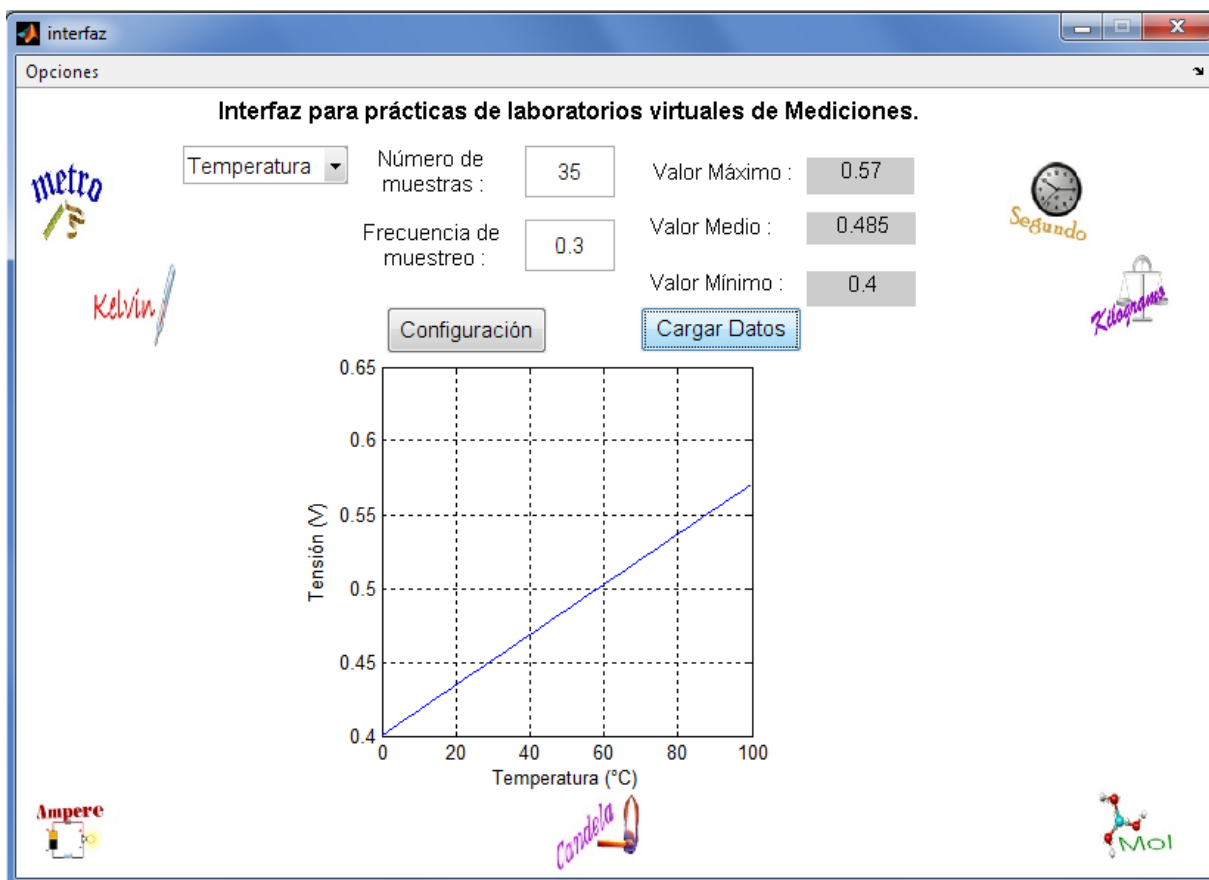


Figura 2.15 Vista general para la medición de temperatura.

Medición de nivel o presión

En la medición de nivel o presión con el Transmisor SITRANS P se utilizaron los siguientes dispositivos:

- Resistencia de 250 Ω .
- Tarjeta DaqBoard/1000(conector TB-100).
- Computadora.
- Práctica de laboratorio de medición de nivel.

Para la medición de nivel o presión con el Transmisor SITRANS P se diseñó el esquema mostrado en la **Figura 2.6** el cual permite hacer circular la señal eléctrica de 4 a 20 mA por una resistencia de 250 Ω para así ver la caída de tensión de 1 a 5 V en la tarjeta de adquisición de datos a través del canal 0 (ACH0) en modo simple.

El valor del nivel para los diferentes valores de tensión adquirida por la tarjeta se determina por la relación matemática que existe entre el nivel y la corriente eléctrica y la aplicación de la ley de Ohm:

$$H = 3.118 * \frac{U * 1000}{R} - 13.03 \quad (2.5)$$

$$P = 0.05 * \frac{U * 1000}{R} - 2^{-16} \quad (2.6)$$

Donde:

U: tensión vista en la tarjeta de adquisición de datos.

R: resistencia de 250 Ω .

H: nivel.

P: presión.

En la **Figura 2.16** y **2.17** se muestra el resultado gráfico de la adquisición para la medición de nivel con el Transmisor SITRANS P.

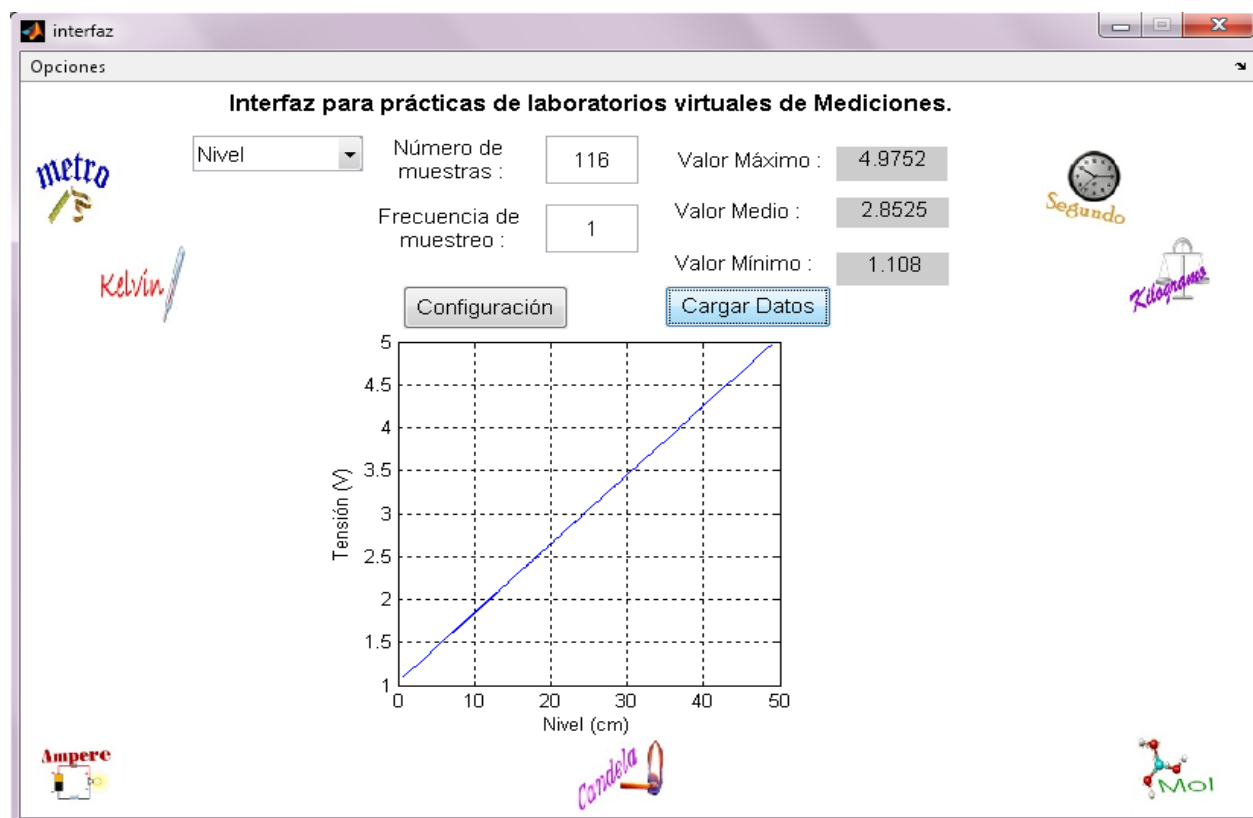
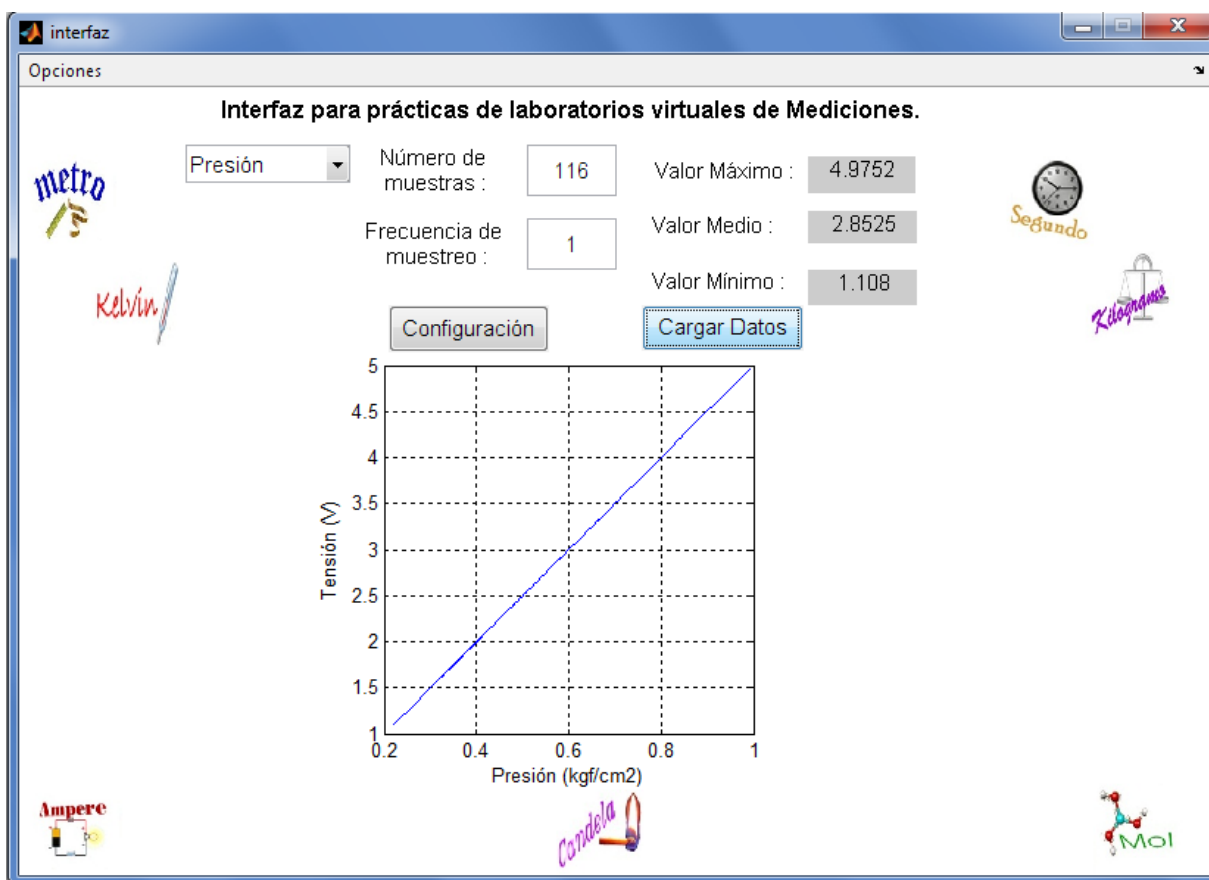


Figura2.16: Vista general para la medición de nivel.

Figura 2.17: Vista general pa



ra la medición de presión.

Uso de osciloscopio

Para el uso de osciloscopio se utilizaron los siguientes dispositivos:

- Fuente de alimentación de CA.
- Transformador.
- Caja de resistencia.

Para el uso como osciloscopio que permita ver la curva de histéresis como muestra la **Figura 2.8** se trabaja con los canales 0 y 1(ACH0 y ACH1) para obtener las caídas de tensión en el primario y en el secundario.

Como la curva de histéresis permite ver la relación entre la intensidad de campo magnético y la densidad de flujo y lo que se tiene es caída de tensión se tiene que buscar la relación que existe entre voltaje y campo magnético y voltaje y la densidad de flujo.

$$H = \frac{N * I}{l} = \frac{N * \frac{E_1}{R_1}}{l} \quad 2.4$$

Donde:

H: intensidad de campo ($\frac{A \text{ vueltas}}{m}$).

N: número de vueltas de la bobina.

l : longitud de la bobina (m).

I: intensidad de la corriente (A).

$$B_{m\acute{a}x} = \frac{E_2}{4 * F_f * N * S * f} \quad 2.5$$

Donde:

B: densidad de flujo (T).

F_f : factor de forma.

N: número de vueltas de la bobina.

S: área de la sección transversal (m^2).

f: frecuencia de trabajo (Hz).

En la **Figura 2.18** se muestra el resultado gráfico de la adquisición para la curva de histéresis de la muestra la cual permite ver la clasificación en material magnéticamente blando o duro.

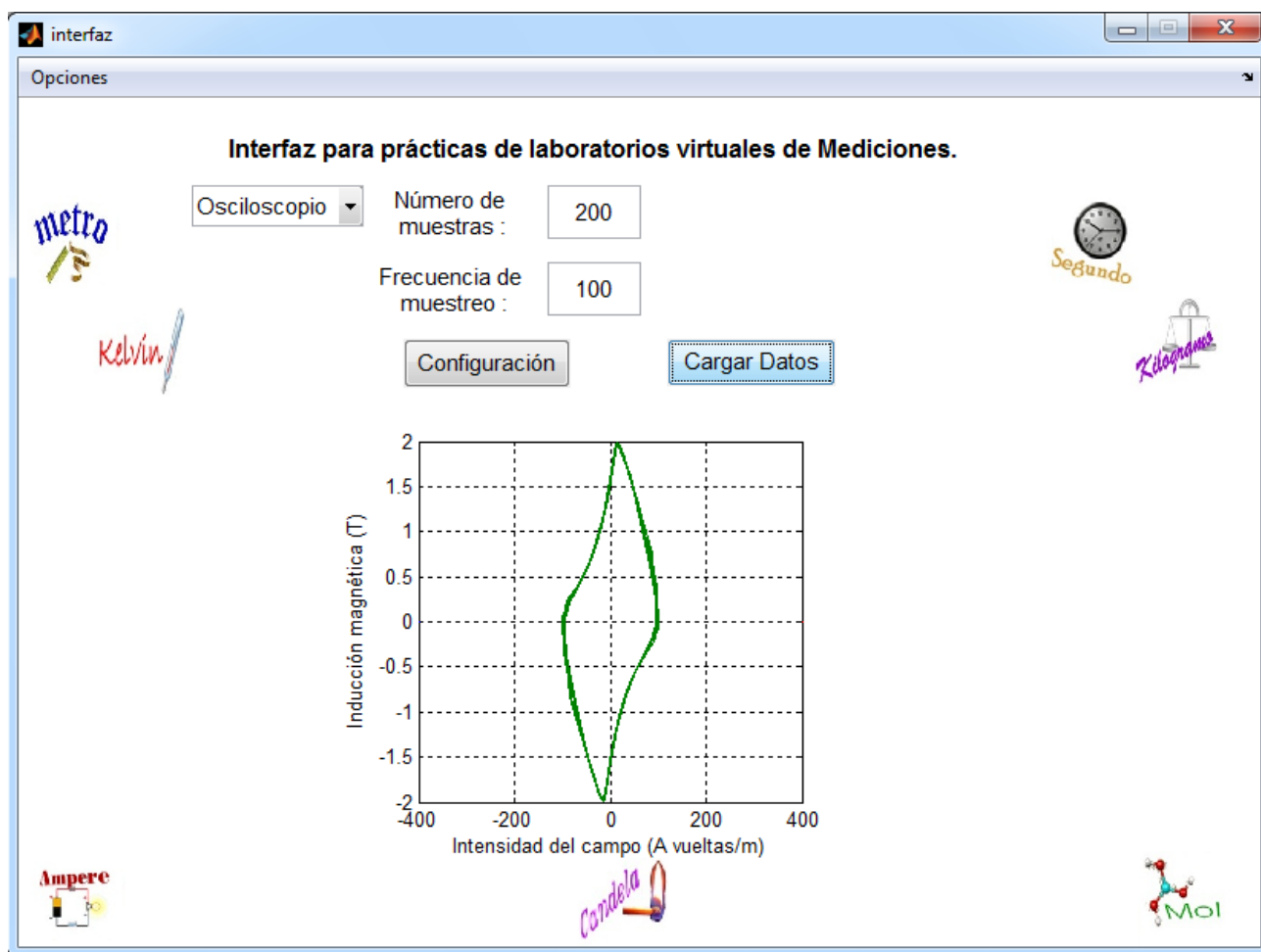


Figura 2.19: Vista general para el uso de osciloscopio en una curva de histéresis.

Conclusiones parciales

1. Se diseñó y se programó la interfaz gráfica a través del uso de la Tarjeta DaqBoard/1000 con el software **MATLAB® 7.10**, logrando obtener un mayor número de mediciones de forma más rápida para prácticas de laboratorios de mediciones de magnitudes físicas en la Facultad de Ingeniería Eléctrica virtuales.
2. El uso de los laboratorios virtuales utilizando la interfaz gráfica, permite incrementar el uso del software **MATLAB® 7.10**, elevando el grado de motivación y desempeño de los estudiantes y profesores.

Conclusiones Generales

1. El uso de los laboratorios con instrumentos virtuales utilizando la interfaz gráfica, permite obtener las mediciones de una forma más rápida, elevando el grado de motivación y desempeño de los estudiantes y profesores.
2. Los sistemas de adquisición de datos permiten tener un rápido acceso a la información y adquirir una gran cantidad de datos para analizar permitiendo su uso en la industria, la investigación científica, el control de máquinas y de producción, la detección de fallas y el control de calidad.
3. Se diseñó y se programó la interfaz gráfica a través del uso de la Tarjeta DaqBoard/1000 con el software **MATLAB® 7.10**, logrando obtener las mediciones para prácticas de laboratorios de mediciones de magnitudes físicas en la Facultad de Ingeniería Eléctrica.
4. Se elaboró las diferentes guías para la realización de las diferentes prácticas de laboratorio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica.
5. Se obtuvieron las respuestas gráficas de magnitud física respecto a tensión, demostrando la veracidad de los resultados obtenidos experimentalmente y teóricamente.

Recomendaciones

1. Desarrollar las prácticas con el sistema de medición donde se requiera de un hardware con tecnología actualizada.
2. Implementar el hardware del acondicionador de señal, del sistema de medición para su uso con los diferentes sensores.
3. Desarrollar la práctica de laboratorio #5 Medición de potencia en circuitos trifásicos.

Bibliografía

- [1] E. Castro Montero y J. Fong Barrio, y otros, *Laboratorios con instrumentos virtuales ¿laboratorios reales o virtuales?*. [Art]. Universidad de Oriente Departamento de Control Automático, 2007.
- [2] «ECURED,» Centro de Desarrollo Territorial Holguín – UCI, 14 Diciembre 2010. [En línea]. Available: www.ecured.cu. [Último acceso: 28 Septiembre 2016].
- [3] J. Planas Rosselló, Artist, *Medida de temperatura*. [Art]. Universidad Politécnica de Madrid, 2002.
- [4] A. Creus Solé, Instrumentación Industrial, Madrid: Editorial Marcombo S.A, 2011.
- [5] J. Acosta Varela, Medición de temperatura, Santiago de Cuba: Editorial Oriente, 1989.
- [6] J. F. Dulhoste, Artist, *Instrumentación*. [Art]. Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad de los Andes, 2013.
- [7] C. Carrosa, Artist, *Mediciones aplicadas*. [Art]. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad Santa María, 2005.
- [8] [En línea]. Available: http://www.siemens.com/sitrans_p/serie_ds|||.html. [Último acceso: 9 Noviembre 2016].
- [9] A. Creus Solé, Instrumentos Industriales. Su ajuste y calibración, España: Editorial Marcombo S.A., 2009.
- [10] [En línea]. Available: <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/9992/1/16.pdf>. [Último acceso: 9 Noviembre 2016].
- [11] [En línea]. Available: www.mccdaq.com/products/db1000s.htm. [Último acceso: 9 Noviembre 2019].
- [12] A. Caneiro y J. Fong, Artists, *Laboratorio como forma de organización del proceso de enseñanza aprendizaje.*. [Art]. Instituto Politecnico Jose Antonio Echeverria y Universidad de Oriente, 2002.
- [13] M. Rubio, Artist, *Creación de laboratorio virtuales para la formación práctica en Ingeniería de Fabricación*. [Art]. Departamento de Ingeniería de Construcción y Fabricación ETS. Ingenieros Industriales de la UNED, 2002.
- [14] L. Luengas, J. Guevara y G. Sánchez, ¿Cómo desarrollar un Laboratorio Virtual?, Santiago de Chile, 2009.
- [15] M. A. Pérez García, J. C. Alvarez Antón, J. C. Campos Rodríguez, F. J. Ferrero Martin y G. J. Grillo Ortega, Instrumentación electrónica, España: Thomson Editores Spain, 2004.
- [16] Colectivo de autores, «Universidad para Todos Curso Metrología para la Vida,» vol. I, 2009.
- [17] C. Beltrán Provoste, Artist, *Medición de nivel*. [Art]. Departamento de Electrónica. Colegio Salesiano de Concepción. Escuela Industrial “San José”, 2008.
- [18] R. Pallás Areny, Sensores y Acondicionadores de Señal, España: Editorial Marcombo S.A, 2003.

- [19] J. Mayné, Sensores Acondicionadores y Procesadores de señal, Sylica, 2003.
- [20] Win van de Kamp, Teoría y práctica de medición de niveles, Editorial Endress+Hauser S.A, 2005.
- [21] O. Reyes, Medición de flujo de fluidos en la industria del petróleo, La Habana, 2003.
- [22] C. Beltrán Provoste, Artist, *Medición de Temperatura*. [Art]. Departamento de Electrónica. Colegio Salesiano de Concepción. Escuela Industrial “San José”, 2008.
- [23] P. A. Lorandi Medina, G. Hermida Saba, J. Hernández Silva y E. Ladrón de Guevara Durán, «Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería».
- [24] [En línea]. Available: www.abvirtualquimica.weebly.com/historia.html. [Último acceso: 9 Noviembre 2016].
- [25] F. Castellanos, «Una metodología para la construcción de laboratorios virtuales como apoyo a la presencialidad en la Educación Superior,» [En línea]. Available: <http://www.slideshare.net/fcastellanos/presentacion-laboratorios%20virtuales?nomobile=true>. [Último acceso: 9 Noviembre 2016].
- [26] F. Fernández, Laboratorios virtuales en la Universidad Virtual del CITMA, La Habana, 2009.
- [27] A. Salazar Mustelier y J. Fong Barrio, Mediciones electricas, La Habana: Educacion.

Anexos

Anexo 1. Magnitudes físicas fundamentales y derivadas.

Magnitudes físicas elementales		
Magnitud física	Unidad de medida	Simbología
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	S
Intensidad de corriente eléctrica	Ampere	A
Temperatura	Kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd
Magnitudes físicas derivadas		
Presión	Pascal	Pa
Potencia	Watt	W
Potencial eléctrico	Volt	V
Resistencia eléctrica	Ohm	Ω
Temperatura	Grado Celsius	$^{\circ}\text{C}$

Frecuencia	Herz	Hz
Fuerza	Newton	N
Trabajo	Julio	J
Capacitancia eléctrica	Faradio	F
Densidad del flujo magnético	Tesla	T
Flujo magnético	Weber	Wb
Inductancia	Henrio	H

Anexo 2. Aplicaciones de los sistemas de medición de magnitudes físicas.



Generador de vapor

- Control del nivel de agua del domo.
- Control de presión de vapor en el domo.
- Control de temperatura del vapor sobrecalentado.



Reactores químicos

- Control de presión de vapor de agua en la camisa
- Control de flujo de entrada.
- Control de temperatura.



Torre de destilación

- Control de presión.
- Control de temperatura del concentrado, del tope y del fondo.

Anexo 3. Sonda de resistencia PT-100.

Un PT-100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino, cobre o níquel que a 0 °C tiene 100 Ω y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica (**Figura A3.1**).

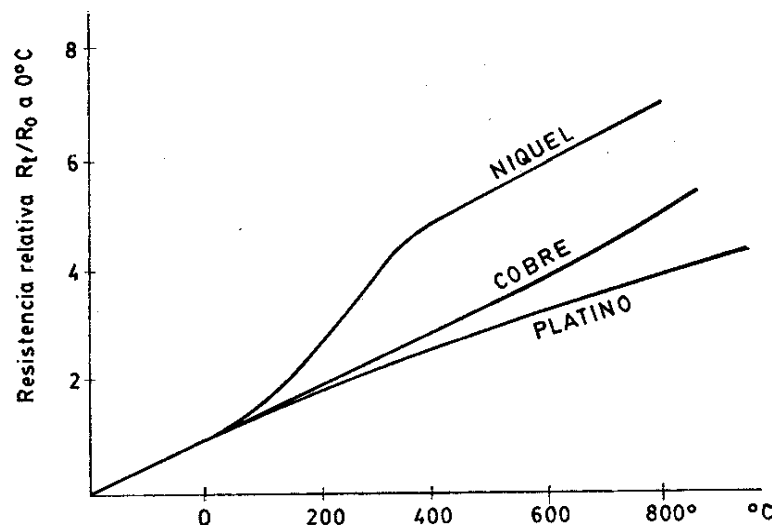


Figura A3.1: Curvas de resistencia relativa de varios metales en función de la temperatura.

Las características principales de las sondas de resistencias se pueden ver en la siguiente tabla:

<i>Metal</i>	<i>Resistividad $\mu\Omega/\text{cm}$</i>	<i>Coefficiente temp. $\Omega/\Omega, ^\circ\text{C}$</i>	<i>Intervalo útil de temp. $^\circ\text{C}$</i>	<i>$\varnothing$ mín. de hilo mm</i>	<i>Coste relativo</i>	<i>Resis. sonda a 0° C, ohmios</i>	<i>Preci- sión $^\circ\text{C}$</i>
Platino	9,83	0,00385	— 200 a 950	0,05	Alto	25, 100, 130	0,01
Níquel	6,38	0,0063 a 0,0066	— 150 a 300	»	Medio	100	0,50
Cobre	1,56	0,00425	— 200 a 120	»	Bajo	10, 100	0,10

La velocidad de respuesta de los bulbos de resistencia modernos es aproximadamente igual a la velocidad de respuesta de los termopares cuando ambos tipos se usan bajo las mismas condiciones. La respuesta típica de un bulbo de resistencia se muestra en la **Figura A3.2 y A3.3**.

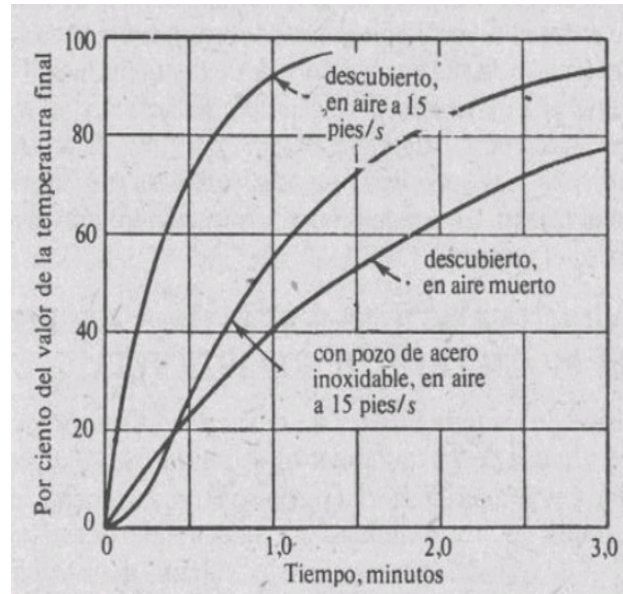


Figura A3.2: Respuesta de un termómetro de resistencia en aire a 93.3 °C.

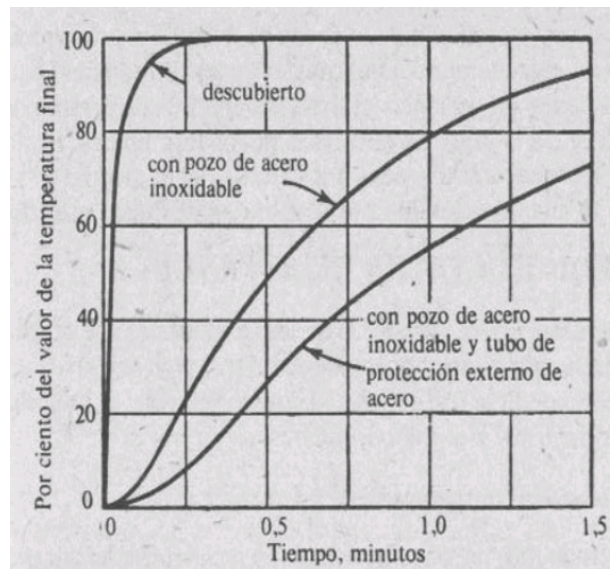


Figura A3.3: Respuesta de un termómetro de resistencia en agua agitada a 65.5 °C.

El termómetro de resistencia responde mucho más rápidamente en un líquido que fluye con rapidez que en aire.

Anexo 4. Transmisor SITRANS P.

Los transmisores SITRANS P DS III (**Figura A4.1**) creado por SIEMENS son transmisores de presión digitales que ofrecen un confort muy extenso y alta precisión. Ofrecen amplias funciones de seguridad, monitorización de instalaciones y automonitorización, diagnóstico de fallos en mediciones muy críticas, señalización de la próxima fecha de calibración y muchos otros servicios de control. La extensa funcionalidad permite adaptar el transmisor de presión con precisión a los requisitos de la instalación. Pese a multitud de posibilidades de ajuste, el manejo se realiza con gran facilidad.



Figura A4.1: Transmisor SITRANS P.

En la célula de medida (**Figura A4.2**) la presión diferencial se transmite al sensor de presión de silicio a través de las membranas separadoras y el líquido de relleno. La presión diferencial reinante provoca la flexión de la membrana de medida. En consecuencia, las cuatro piezorresistencias implantadas en la membrana, conectadas en puente, modifican su valor de resistencia. Esta variación de resistencia origina una tensión de salida del puente que es proporcional a la presión absoluta. La membrana de sobrecarga integrada realiza la función de protección al sensor de presión de silicio contra sobrecarga.

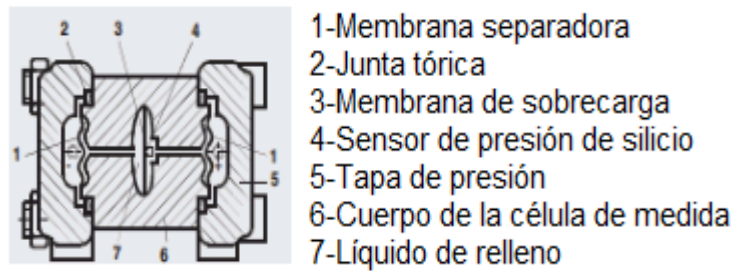


Figura A4.2: Célula de medida del transmisor SITRANS P.

El transmisor de presión DS III está disponible en diversas variantes para la medida de:

- Presión relativa
- Presión absoluta
- Presión diferencial
- Nivel
- Nivel de masa
- Nivel volumétrico
- Caudal volumétrico
- Caudal másico

Beneficios

- Alta calidad y longevidad
- Gran fiabilidad, incluso en aplicaciones con solicitaciones químicas y mecánicas extremadas
- Para gases, vapores y líquidos corrosivos y no corrosivos
- Extensas funciones de diagnóstico y simulación
- La célula de medida y la electrónica pueden descambiarse por separado sin posterior calibración
- Desviación de la característica mínima

Anexo 5. Programa de la Interfaz Gráfica.

```
% menú para escoger la magnitud física
set(handles.edit5, 'enable', 'on');
set(handles.edit6, 'enable', 'on');
set(handles.Guía_Practica, 'enable', 'on');
-----
----
% introducir número de muestras (ns)
ns=str2num(get(handles.edit5, 'string'));
set(handles.edit6, 'enable', 'on');
-----
----
% introducir frecuencia de muestreo (fs)
fs=str2num(get(handles.edit6, 'string'));
set(handles.pushbutton2, 'enable', 'on');
-----
----
% botón de configuración de tarjeta
set(handles.pushbutton1, 'enable', 'on');
daqreset
%configura el dispositivo para entrada analógica
ai = analoginput('iotdaq',1);
% frecuencia de muestreo.
ai.samplerate=fs;
% número de muestras.
ai.samplespertrigger=ns;
% evento de disparo
ai.triggertype='immediate';
% manera de cargar los datos
ai.loggingmode='memory';
% adicionar el canal 0
start(ai)
chans = addchannel(ai,0);
pause(.1);
-----
----
% botón de cargar datos ,permitir graficar y mostrar información
%leer los datos en memoria
v = getdata(A)';
set(handles.Guardar, 'enable', 'on');
axes(handles.axes1)
cla
p1=get(handles.popupmenu1, 'value');
%graficando valor
switch p1
case 1
axes(handles.axes6)
cla
% creando el vector del tiempo
incr=1/(str2num(get(handles.edit6, 'string')));
final=((str2num(get(handles.edit5, 'string'))*incr)-incr;
t=[0:incr:final];
set(handles.axes1, 'visible', 'on');
set(handles.text23, 'visible', 'on');
set(handles.text24, 'visible', 'on');
```

```
set(handles.text25,'visible','on');
set(handles.text26,'visible','on');
set(handles.text27,'visible','on');
set(handles.text28,'visible','on');
set(handles.axes6,'visible','off');
T=((v/(0.01*100))-1)/(0.00426);
Trms=num2str(sqrt(sum(v.^2)/length(v)));
set(handles.text7,'String',Trms);
Tmed=num2str(mean(v));
set(handles.text8,'String',Tmed);
Tmin=num2str(min(v));
set(handles.text10,'String',Tmin);
Tmax=num2str(max(v));
set(handles.text9,'String',Tmax);
axes(handles.axes1)
plot(T,v,'b');
zoom on
grid on
ylabel('Tensión (V)');
xlabel('Temperatura (°C)');
case 2
axes(handles.axes6)
cla
set(handles.axes6,'visible','off');
% creando el vector del tiempo
incr=1/(str2num(get(handles.edit6,'string')));
final=((str2num(get(handles.edit5,'string'))*incr)-incr;
t=[0:incr:final];
set(handles.axes1,'visible','on');
set(handles.text23,'visible','on');
set(handles.text24,'visible','on');
set(handles.text25,'visible','on');
set(handles.text26,'visible','on');
set(handles.text27,'visible','on');
set(handles.text28,'visible','on');
H=(3.118*((v/250)*1000))-13.03;
Hmed=num2str(mean(v));
set(handles.text26,'String',Hmed);
Hmin=num2str(min(v));
set(handles.text28,'String',Hmin);
Hmax=num2str(max(v));
set(handles.text27,'String',Hmax);
axes(handles.axes1)
plot(H,v,'b');
grid on
zoom on
ylabel('Tensión (V)');
xlabel('Nivel (cm)');
case 3
axes(handles.axes6)
cla
set(handles.axes6,'visible','off');
% creando el vector del tiempo
incr=1/(str2num(get(handles.edit6,'string')));
final=((str2num(get(handles.edit5,'string'))*incr)-incr;
t=[0:incr:final];
set(handles.axes1,'visible','on');
```

```
set(handles.text23,'visible','on');
set(handles.text24,'visible','on');
set(handles.text25,'visible','on');
set(handles.text26,'visible','on');
set(handles.text27,'visible','on');
set(handles.text28,'visible','on');
P=(0.05*((v/250)*1000))-(2^(-16));
Pmed=num2str(mean(v));
set(handles.text26,'String',Pmed);
Pmin=num2str(min(v));
set(handles.text28,'String',Pmin);
Pmax=num2str(max(v));
set(handles.text27,'String',Pmax);
axes(handles.axes1)
plot(P,v,'b');
grid on
zoom on
ylabel('Tensión (V)');
xlabel('Presión (kgf/cm2)');
case 4
set(handles.axes1,'visible','off');
axes(handles.axes1)
cla
set(handles.text23,'visible','off');
set(handles.text24,'visible','off');
set(handles.text25,'visible','off');
set(handles.text26,'visible','off');
set(handles.text27,'visible','off');
set(handles.text28,'visible','off');
axes(handles.axes6)
% creando el vector del tiempo
incr=1/(str2num(get(handles.edit6,'string')));
final=((str2num(get(handles.edit5,'string')))*incr)-incr;
t=[0:incr:final];
x=v(:,2)*35;
y=v(:,1)*0.2;
plot(-2*length(v),-max(v(:,1)*0.2),x,y,2*length(v),max(v(:,1)*0.2));
grid on
zoom on
xlabel('Intensidad del campo (A vueltas/m)');
ylabel('Inducción magnética (T)');
end
-----
% Menú Opciones_Guardar
format short
[file,dir]=uiputfile('*.mat','Guardar resultados');
save([dir file],'B','-ASCII');
incr=1/(str2num(get(handles.edit6,'string')));
final=((str2num(get(handles.edit5,'string')))*incr)-incr;
t=[0:incr:final];
v=handles.entrada;
p1=get(handles.popupmenu1,'value');
switch p1
case 1
T=((v/(0.01*100))-1)/(0.00426)
B(:,1)=t;
```



```
B(:,2)=v';
B(:,3)=T';
case 2
    H=(3.118*((v/250)*1000))-13.03;
    B(:,1)=t';
    B(:,2)=v';
    B(:,3)=H';
case 3
    P=(0.05*((v/250)*1000))-(2^(-16));
    B(:,1)=t';
    B(:,2)=v';
    B(:,3)=P';
case 4
    B=v';
end
-----
% Menú Opcione_Salir
pos_size = get(handles.figure1,'Position')
user_response = modaldlg('Title','Salir???');
-----
% Menu Opciones_ Guia Practica
p1=get(handles.popupmenu1,'value');
switch p1
    case 1
        pos_size = get(handles.figure1,'Position')
        user_response = Temperatura('Title','Guía práctica de laboratorio');
    case 2
        pos_size = get(handles.figure1,'Position')
        user_response = Nivel_Presion('Title','Guía práctica de laboratorio');
    case 3
        pos_size = get(handles.figure1,'Position')
        user_response = Nivel_Presion('Title','Guía práctica de laboratorio');
    case 4
        pos_size = get(handles.figure1,'Position')
        user_response = Osciloscopio('Title','Guía práctica de laboratorio');
end
```

Anexo 6. Caracterización del software Daqview® y las mediciones con la tarjeta de adquisición de datos DaqBoard/1000.

Pasos para realizar las mediciones.

1. Elección de la tarjeta DaqBoard/1000.

Para ello primeramente se abre el programa DaqConfiguration, que viene en el paquete del CD de la Tarjeta, como se muestra en la **Figura A6.1**. Es necesario realizar este paso la primera vez que se va a utilizar el software DaqView®, ya que éste por defecto tiene definida la tarjeta DaqBoard 3000, por tanto, es necesario agregar la DaqBoard/1000, porque aunque son de la misma familia tienen prestaciones diferentes.

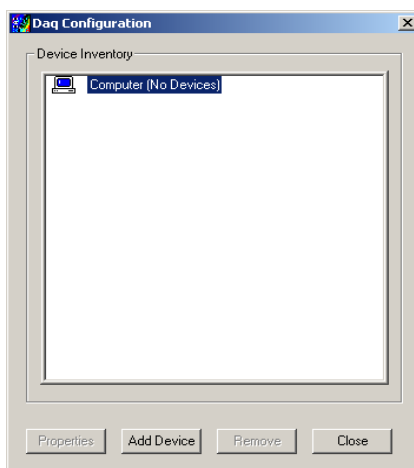


Figura A6.1: Configuración del Hardware.

Luego hace clic en Add Device y aparece la ventana que se muestra en la **Figura A6.2**.

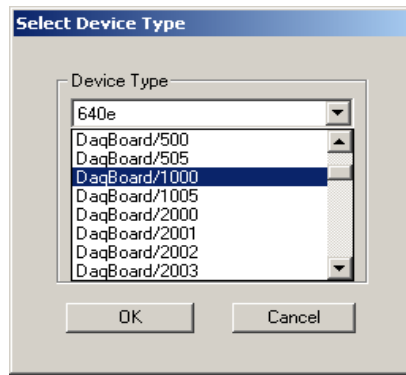


Figura A6.2: Ventana de selección del dispositivo.

Despliegue la lista y seleccione “DaqBoard/1000” al presionar el botón OK aparece la ventana de la **Figura A6.3**.

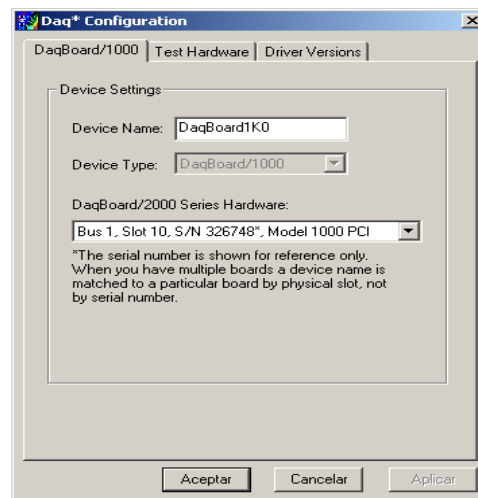


Figura A6.3: Ventana de información de la tarjeta seleccionada.

Esta permite probar el hardware y revisar los drivers instalados para el mismo. Solo se debe Aceptar.

Finalmente, la primera ventana de la que se parte, donde no había ningún dispositivo seleccionado queda como se muestra a continuación en la **Figura A6.4**.

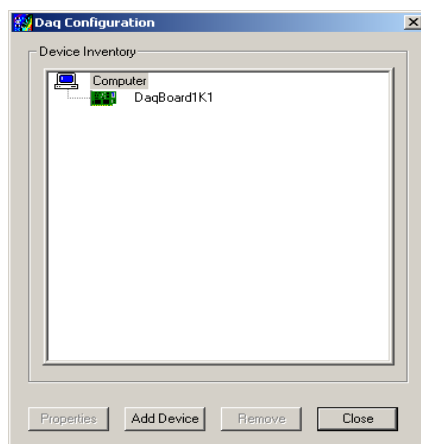


Figura A6.4: DaqConfiguration con la DaqBoard/1000 incorporada.

Se presiona "Close" y ya la tarjeta está lista para trabajar.

Se insiste en que este procedimiento solamente requiere ser realizado la primera vez que se va a utilizar la tarjeta, a no ser que sea necesario reinstalar el sistema operativo donde todos los programas y dispositivos conectados a la PC deben reinstalarse.

2. Software DaqView.

El software DaqView cuenta con una ventana principal en la que aparecen las pestañas *Channel Setup* (Configuración de Canal), *Acquisition Setup* (Configuración de Adquisición) y *Data Destination* (Destino de los Datos) para la configuración de los parámetros de la adquisición y una barra de herramientas con los botones que permiten realizar las mediciones y la visualización de los datos, como muestra la **Figura A6.5**.

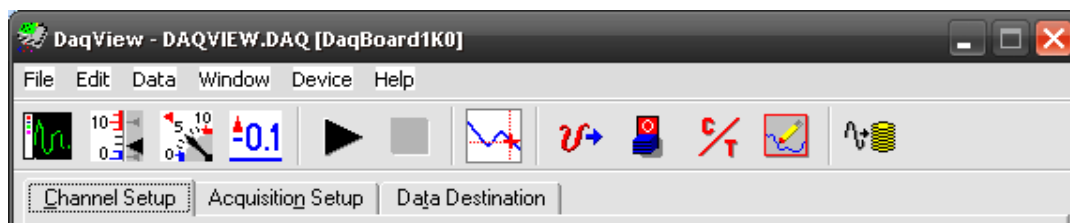


Figura A6.5: Ventana principal del software DaqView.

3. Configuración del Hardware.

Una vez conocidos los esquemas de conexión para cada prueba es necesario configurar los canales para la medición y el tipo de entrada.

Las entradas de la tarjeta pueden ser diferenciales o simples. Para configurarlas debe accederse al menú Device y seleccionar la opción Configure Hardware Settings (Figura A6.6).



Figura A6.6: Selección de la opción (Configure Hardware Settings).

Una vez seleccionada esta opción se pasa a configurar la caja de diálogo del Hardware (Figura A6.7) y se selecciona las opciones marcadas.

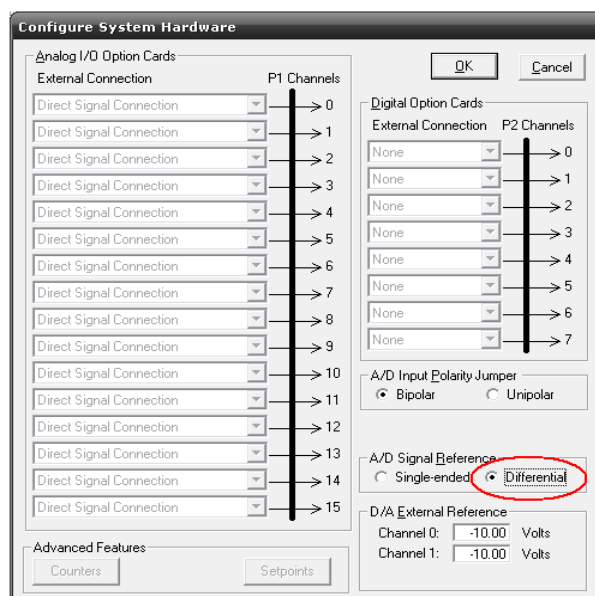


Figura A6.7: Configuración del Hardware.

En esta caja de diálogo aparecen una serie de características las cuales se deben tener en cuenta para configurar la tarjeta.

En la parte izquierda de la caja se escoge cualquier canal donde se revelan las opciones de conexión externa.

Nota: Los botones en este panel, se habilitan sólo cuando sea la aplicación para su dispositivo.

En el lado derecho de la ventana se encuentran las conexiones digitales, si su dispositivo de la DAQ se equipa así. También se escoge la opción de entrada de los pines, en este caso se escogió la entrada simple.

4. Configuración de los canales

La ventana principal del software es “Channel Setup” la cual en una hoja de cálculo, por filas, muestra los canales analógicos, digitales y de tipo contador. El número de filas dependerá de la cantidad de canales que estén activos. Por columnas le permite al usuario realizar la configuración de cada uno los parámetros de los canales. Algunas columnas permiten que los bloques de celdas sean alterados al mismo tiempo (haciendo clic sobre el encabezado de la columna se puede seleccionar la columna entera) y otras columnas solo permiten cambiar una sola celda.

En la **Figura A6.8** se muestra un fragmento de la ventana.

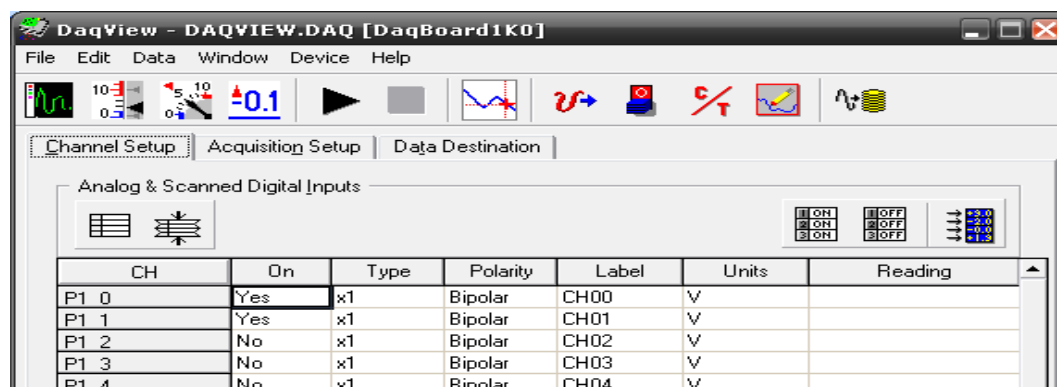


Figura A6.8: Ventana del Channel Setup, para la selección de los canales.

CH – Enumera el canal (no puede cambiarse de esta ventana). Este número incluye el canal principal para cambiar el número del canal mediante la ventana configuración de hardware que se describió en el epígrafe anterior.

On - Esta columna permite escoger si los datos serán tomados de ese canal. Cuando una celda o el bloque de celdas en esta columna son escogidos, una caja de selección aparecerá.

Type - Esta columna permite situar el tipo de ganancia para cada canal. Las ganancias y tipos variarán en dependencia de las opciones de la tarjeta. Solo con hacer doble clic con el maus una celda escogerá la ganancia o tipo disponible próxima. Este parámetro es importante porque me permite obtener las mediciones reales de las magnitudes en cuestión.

Polarity - Esta columna muestra la polaridad de (unipolar o bipolar) para cada canal. Esta se puede cambiar solo con hacer doble clic sobre la celda y si el hardware no puede programar la polaridad, ninguna caja de selección se mostrará, para la serie DaqBoard/1000 son sólo bipolar.

Label - Esta columna contiene un nombre descriptivo para el canal de entrada. La etiqueta implícita es el número del canal, pero ello puede cambiarse por cualquier nombre de 8 caracteres y deba ser único.

Unit – Esta columna contiene la unidad de medición para cada canal, esta se puede cambiar solo con hacer doble clic sobre la celda, las elecciones disponibles son:

Tensión: V, mV, mx+b

Temperatura: °C, °F, °R, °K, mx+ b

Frecuencia de (contador mejorado): Hz, cuentan, mx+ b

Reading - Esta columna muestra si el dispositivo examinó la entrada digital. Esta columna no puede ser alterada por el usuario.

5. Configuración de la adquisición y carpeta de datos.

En la **Figura A6.9** debe prestarse especial atención a los valores asignados al contador de escaneos (Scan Count) y a la frecuencia de escaneos (Scan Rate) con la cual se fijarán los escáneres a realizar por unidad de tiempo. Otro hecho importante es el evento de inicio del escaneo o adquisición dado por la señal de Trigger (Trigger Event), el cual puede ser ajustado para comenzar la adquisición de manera inmediata o manual. Este hecho es importante pues el inicio de la labor de captura de datos debe ser anterior a la conmutación que se dará de manera manual en el esquema real montado para las prácticas.

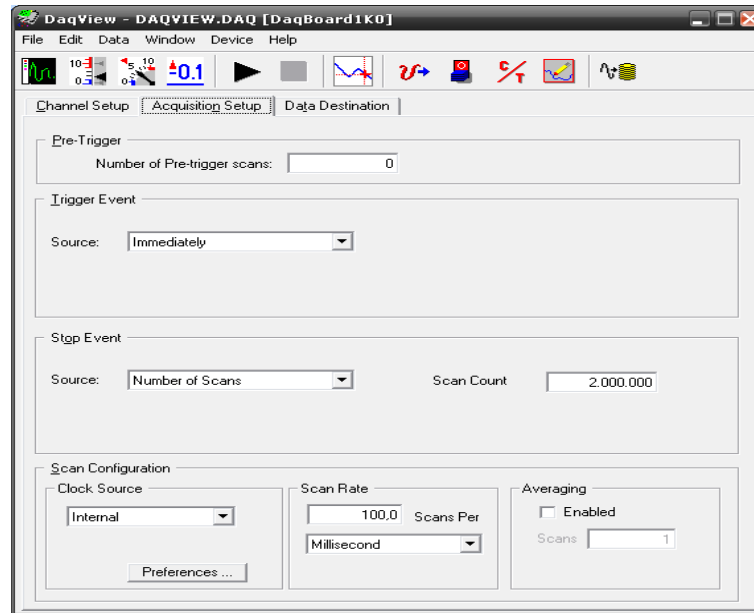


Figura A6.9: Ventana de Acquisition Setup.

La adquisición inicia una vez que se haga clic en el icono “Acquire”  que se muestra en la barra de iconos de acceso rápido del *DaqView*®. Antes de comenzar a adquirir es recomendable seleccionar la dirección de memoria en la que será guardada la data y el formato de esta. Esto se configura en la pestaña Data Destination (**Figura A6.10**).

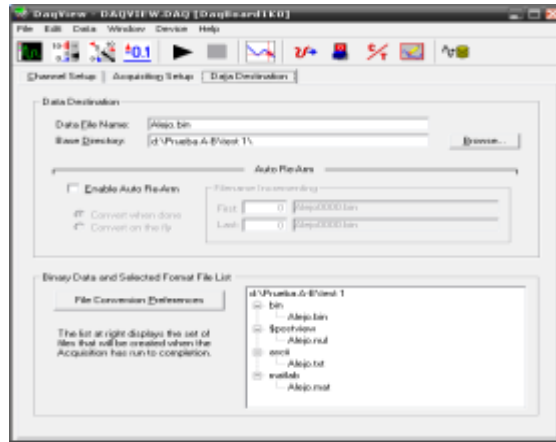


Figura A6.10: Configuración del destino de la carpeta para los datos.

Si se desea emplear los datos resultantes para analizarlos en MATLAB deben ajustarse las preferencias de conversión de ficheros (*File conversion Preferences*), como se muestra en la **Figura A6.11**.

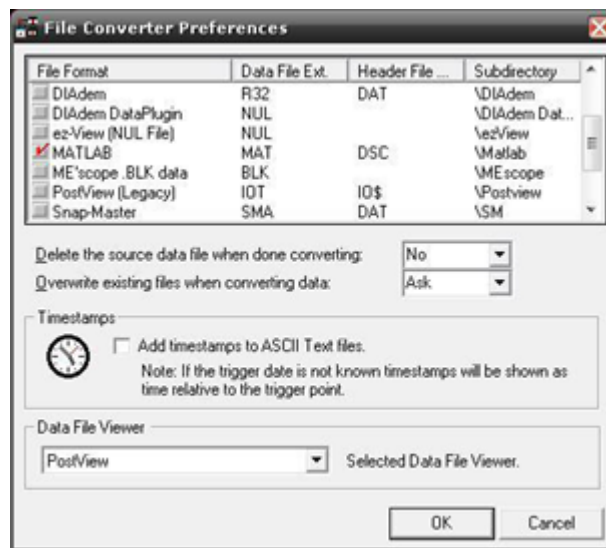


Figura A6.11: Conversión de ficheros.