

Proyecto para la recuperación de una máquina de ensayos mecánicos

Gilberto Mesa-Mena*, Andrés Gómez-Estevez, Marlen Lorenzo-Maiquez

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (Icidca).

Vía Banca 804 y Carretera Central. San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba.

* gilberto.mesa@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

Las propiedades mecánicas de los materiales determinan el servicio al que pueden destinarse y de ahí la importancia de los ensayos mecánicos que se realizan en LAFIM. Este laboratorio cuenta, para los ensayos de fuerza, con un Dinamómetro Universal al que hace algunos años se le incrementó las prestaciones, mediante una adaptación para su conexión con una PC; sin embargo, no ha sido posible su modernización por la obsolescencia de la tecnología empleada. Además, LAFIM tiene otro dinamómetro similar que está fuera de servicio por la rotura irrecuperable de su Unidad de Control y que serviría para incrementar los servicios del laboratorio. Este artículo se refiere a las características generales de los ensayos mecánicos de fuerza, a la descripción del dinamómetro y al proyecto de utilizar un dispositivo programable (Arduino) en función de Interfaz con la PC y para gobernar la conmutación de las señales de medición y control de un dinamómetro para el otro. Con este sistema se trabajarían los dos dinamómetros utilizando una sola Unidad de Control, poniendo así en funcionamiento el otro dinamómetro. La interfaz USB disponible en el Arduino se aprovecharía para la comunicación con la PC, que entonces pudiera ser una máquina de última generación.

Palabras clave: ensayos mecánicos, dinamómetro universal, Arduino.

ABSTRACT

The services which the materials can be allocated depends of their mechanical properties and that is why is important the mechanical tests which are carried out in LAFIM. For strength tests, this laboratory has a Universal Dynamometer coupled with a PC by an adaptation made some years ago; however it has not been possible its modernization due to the obsolescence of the technology used. In addition, LAFIM has another similar dynamometer that is out of service due to the irretrievable breakage of its Control Unit, which would serve to increase the services of the laboratory. This article refers to the general characteristics of the mechanical strength tests, the dynamometer description and the project of using a programmable device (Arduino) as an interface with the PC and to drive the switching of the measurement and control signals from one dynamometer to the other. With this system the two dynamometers would be driven using a single Control Unit, putting then in operation the other dynamometer. The USB interface available on the Arduino would be used in the communication with the PC, which could then be a last generation machine.

Key words: mechanical tests, universal dynamometer, Arduino.

INTRODUCCIÓN

El laboratorio físico mecánico (LAFIM) del Icidca, se ha encargado durante 40 años del estudio de las propiedades mecánicas de los polímeros y tableros de partículas de bagazo desarrollados en el propio Instituto y además ha estado brindando servicios si-

milares con el análisis de otros materiales, solicitados por centros de todo el país. Entre los equipos fundamentales de este laboratorio se cuenta con una máquina de ensayos de fuerza (dinamómetro universal "Alwetron") que permite realizar pruebas de resistencia mecánica a los materiales (tracción, flexión y compresión).

El dinamómetro universal Alwetron (modelo TCT-10) llegó al ICIDCA en el año 1981 y ha estado brindando servicio durante todos estos años, pasando por muchas reparaciones y adaptaciones que han permitido que vuelva a funcionar (hasta incrementándose sus prestaciones). El equipo originalmente entregaba los resultados de los ensayos por medio de dos indicadores digitales (fuerza y desplazamiento) y de un registrador con cartilla de papel, para graficar la curva del comportamiento de la fuerza en función del desplazamiento. Posteriormente se le realizó una adaptación para acoplarle una computadora (1, 2) (figura 1) de manera que actualmente la información se procesa, muestra y almacena en la PC. La calidad del equipo ha hecho meritorio el esfuerzo realizado por mantenerlo en operación durante tantos años y con el acoplamiento de la computadora se ha logrado tener una máquina de ensayos que entrega resultados comparables con los equipos similares que se ofertan actualmente en el mercado.

LAFIM también contaba con otro dinamómetro similar (modelo TCT-5) que quedó fuera de servicio permanentemente por la rotura de su Unidad de Control; tener este otro equipo funcionando sería ventajoso para poder realizar ensayos a materiales de baja tenacidad, utilizando como sensor de fuerza las celdas de carga (de menor capacidad) que tiene este. Con el propósito de gobernar los dos dinamómetros, utilizando la Unidad de Control del equipo que funciona actualmente (TCT-10), se pretende implementar un sistema que posibilite conmutar las conexiones de la Unidad de Control (de un dinamómetro para el otro). La selección del dinamómetro que se utilizaría, se realizará desde la computadora acoplada al equipo; utilizando como Interfaz un dispositivo programable denominado Arduino, con

la circuitería requerida para el manejo de todas las señales de medición y control.

El uso del Arduino como interfaz, dará además la ventaja de poder sustituir la PC que tiene acoplada actualmente el dinamómetro, para poder utilizar cualquier computadora moderna en la adquisición de los datos de los ensayos.

DESARROLLO

Las propiedades físicas de los materiales se ponen de manifiesto al aplicársele a este algún estímulo como: electricidad, luz, calor o fuerza. Las que se manifiestan al aplicarle fuerzas exteriores son las propiedades mecánicas (elasticidad, plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad) y se refieren a la capacidad de los materiales de resistir acciones de carga (3).

Las propiedades mecánicas de los materiales determinan el servicio al que pueden destinarse y por ello es necesario comprobar la respuesta que ofrecen al ser manipulados. La forma de saber sus propiedades es realizándole una serie de ensayos de esfuerzos mecánicos en los que se fuerza al límite el material que se desea comprobar (4).

Existen diferentes tipos de máquinas de ensayos para probar las propiedades mecánicas de los materiales y el Dinamómetro Universal Alwetron es una de ellas, específicamente diseñado para ensayos de fuerza (tracción, flexión y compresión).

El ensayo de tracción consiste en someter a una probeta normalizada (5, 6) a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta su rotura. En este ensayo se mide la resistencia del material a una fuerza estática o que se aplica lentamente; por eso se realiza el ensayo a velocidades muy pequeñas.



Figura 1. Dinamómetro universal Alwetron TCT-10 acoplado con una PC.

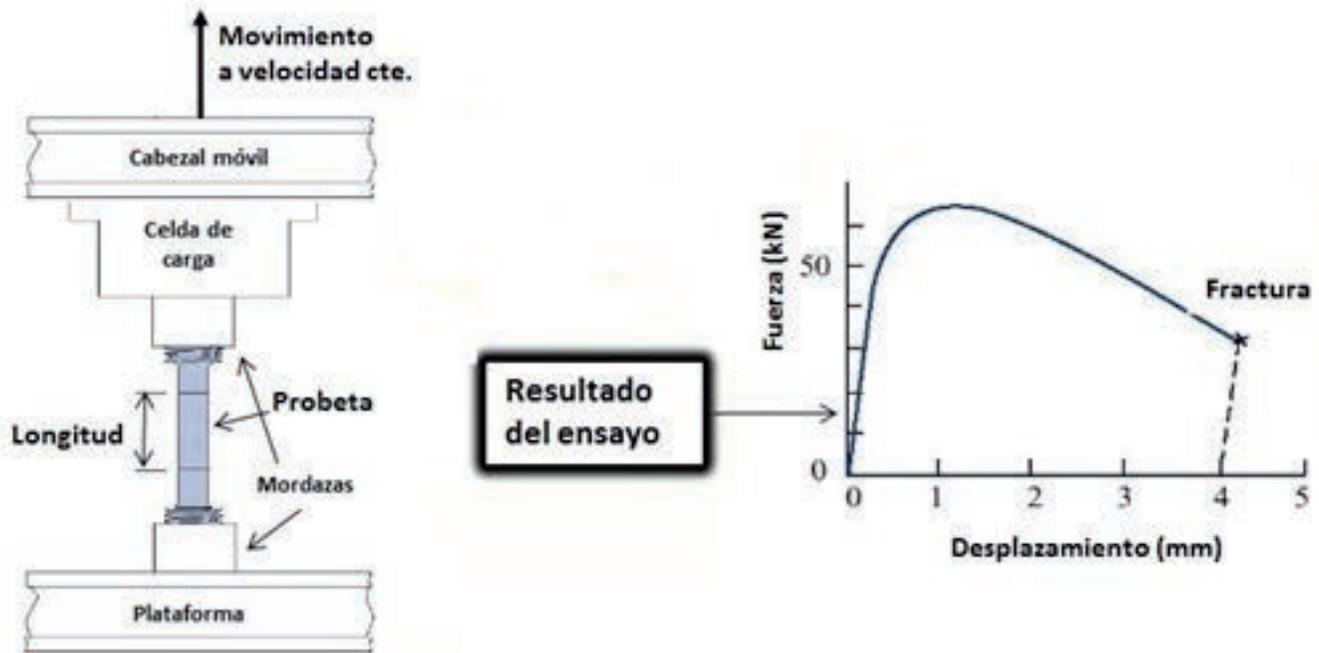


Figura 2. Ensayo de tracción.

El ensayo de flexión se basa en la aplicación de una fuerza al centro de una barra soportada en los extremos (7) para determinar la resistencia del material a una carga estática o aplicada lentamente (normalmente esta prueba se realiza a materiales frágiles).

El ensayo de compresión se realiza generalmente sobre probetas cilíndricas, con dimensiones acorde a las normas (8) para determinar la carga que pueden soportar los materiales estructurales.

Los materiales sometidos a esfuerzos, primero se deforman elásticamente y luego plásticamente; la deformación elástica es recuperable, mientras que la deformación plástica es permanente. Por tal razón, los principales parámetros que se evalúan en los ensayos de fuerza son el módulo de elasticidad y la carga máxima que soporta la probeta hasta su fragmentación. Esos parámetros se obtienen con las máquinas de ensayos, a partir del registro de los datos de la fuerza aplicada en relación al desplazamiento. La figura 2 muestra un ensayo típico.

El dinamómetro Universal Alwetron

Este equipo consta de una estructura mecánica (similar a una prensa) conectada con una Unidad de Control. La parte mecánica, como puede apreciarse en la figura 1, es básicamente una estructura formada por una plataforma inferior, dos barras laterales y otra plataforma superior. Entre las dos barras se desliza un cabezal móvil, trasladado por medio de dos husillos que se hacen girar con un motor eléctrico. En el cabezal móvil es donde se fija la celda de carga (sensor que detecta la magnitud de la fuerza

aplicada) con una de las mordazas utilizadas para tirar de la probeta en los ensayos de tracción (la otra mordaza que sujeta la probeta se fija a una de las plataformas fijas). Su movimiento es a velocidad controlada (establecida a voluntad del operador) y su desplazamiento se mide con alta precisión, mediante un sensor opto-electrónico situado en el extremo de uno de los husillos.

La unidad de control es donde se encuentran los circuitos electrónicos que permiten garantizar el valor que se requiera de la velocidad en el movimiento del cabezal móvil, los que amplifican y digitalizan la señal de fuerza que entrega la celda de carga para mostrar el valor en uno de sus indicadores digitales y también donde se procesa la señal del desplazamiento que va teniendo el cabezal para mostrar ese valor en el otro indicador. En esta unidad además se encuentran los elementos que le permiten al operador seleccionar las diferentes opciones de trabajo y hacer funcionar el equipo, así como los circuitos de la lógica de accionamiento y protección. Por la época en que se construyó el Alwetron TCT-10, la tecnología electrónica utilizada en su circuitería está basada en componentes discretos (circuitos integrados con funciones establecidas de fábrica, que no se modifican por programa) y esto hace que esté diseñado utilizando gran cantidad de componentes (figura 3) lo que ha repercutido en que tenga mayores probabilidades de rotura, pero también en que se haya facilitado su reparación (sustituyendo en cada caso el componente averiado por otro del mismo tipo).

El Alwetron TCT-5 que se encuentra en LAFIM, fue construido pocos años después del TCT-10, pero



Figura 3. Unidad de Control del Alwetron TCT-10.

su tecnología es de otra generación. En este diseño, el fabricante utilizó una computadora como Unidad de Control, con un programa de trabajo desarrollado a propósito y una Interfaz específicamente diseñada para la aplicación (que se insertaba en los buses internos de la PC) en la que utilizó circuitos microprocesadores con un programa específico grabado en sus memorias. Esta tecnología es más moderna, flexible en el diseño y seguramente abarató el costo de fabricación; pero al romperse la computadora después de haber evolucionado la tecnología de las PC, no fue posible insertar la interfaz del Alwetron en las nuevas máquinas y no hubo forma de rehabilitar el sistema de control de ese dinamómetro.

Tener dos máquinas de ensayos de fuerza en funcionamiento, preparadas para realizar ensayos de diferentes características, permitiría incrementar los servicios que se brindan en LAFIM. Considerando esto, lo costoso que son estos equipos y que se dispone de la parte mecánica del TCT-5 sin poderse utilizar, se comenzó a trabajar en un sistema que permita gobernar los dos dinamómetros con la única Unidad de Control de que se dispone.

Sistema de control para los dos dinamómetros

Se hizo un análisis de las conexiones eléctricas, y se determinó que la Unidad de Control está preparada para que se le conecten hasta 3 celdas de carga, por lo que para la medición de fuerza podrán conectarse directamente las celdas de los dos dinamómetros; requiriéndose solamente seleccionar la celda con la que se trabajará. Entre la parte mecánica y la Unidad de Control hay conexiones de señales para accionar el motor que desplaza el cabezal móvil y señales del dispositivo (Encoder)

que sirve como realimentación en el control de la velocidad. Además de estas señales, están las del captador de desplazamiento y las de protección, que actúan cuando el cabezal móvil rebasa en su recorrido los límites establecidos. Todas esas conexiones se conmutarán electrónicamente mediante circuitos integrados TC4016 (9) haciendo que la Unidad de Control quede conectada a un dinamómetro o al otro. Los conmutadores electrónicos se gobernarán desde la PC; pero como las computadoras estándar no están preparadas para actuar sobre esos elementos, se requerirá de una interfaz que lo permita y esa interfaz será una placa Arduino. La figura 4 representa la forma en que quedaría el sistema para los dos dinamómetros.

Arduino es una plataforma electrónica de prototipos basada en hardware y software libre y muy flexible. Su presentación es como una placa de circuito impreso donde viene montado un microcontrolador y una interfaz USB, a través de la cual se conecta este a la PC para cargar el programa de trabajo del microcontrolador (que se elabora en la PC) y para intercambiar datos en las aplicaciones que requieran de trabajar este en línea. Dispone de múltiples entradas y salidas, que pueden utilizarse para adquirir información y gobernar dispositivos de los procesos en que se utilice (10, 11).

Una placa Arduino, por su flexibilidad y bajo costo, constituye la interfaz ideal en aplicaciones simples como el sistema de control para los dos dinamómetros. Algunas de las líneas de puerto de salida del Arduino se utilizarán para gobernar los conmutadores electrónicos adecuados en cada momento y a las líneas de puerto de entrada se conectarán las líneas de la Unidad de Control, que tienen la in-

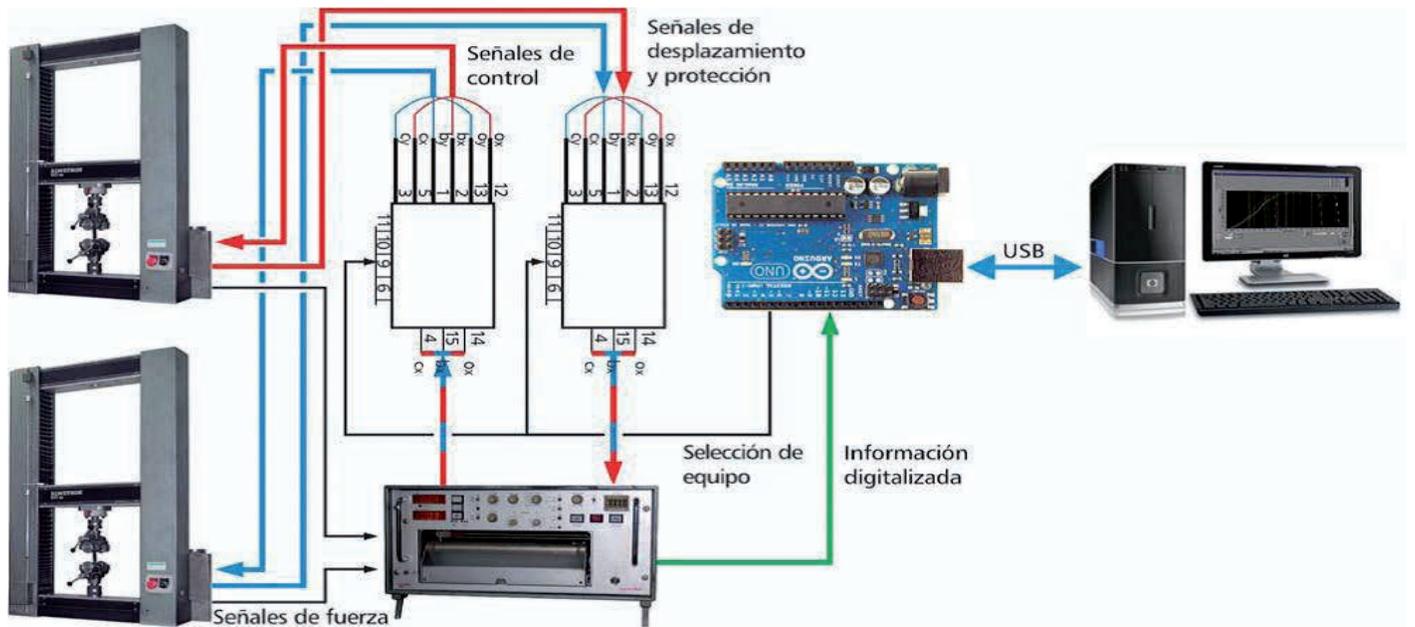


Figura 4. Sistema para utilizar los dos dinamómetros con una sola unidad de control.

formación digitalizada sobre el desplazamiento y la fuerza que se está aplicando en cada instante de tiempo. A través del puerto USB, el Arduino recibirá de la PC la información de cuál dinamómetro debe conectar con la Unidad de Control y por esta misma vía le estará transfiriendo a la PC la información digitalizada del desplazamiento y la fuerza según la va obteniendo a través de su puerto de entrada durante el experimento.

La utilización de un Arduino en este proyecto además de permitir la recuperación del dinamómetro TCT-5, también será la vía para modernizar la computadora que tiene acoplada actualmente el TCT-10. El acoplamiento de la computadora al dinamómetro constituyó un importante paso en el incremento de las prestaciones del equipo, pero se realizó con las posibilidades existentes en el ICIDCA en aquella época y la vía de conexión que se utilizó fue el puerto paralelo de la PC. Como las computadoras modernas no disponen ahora de puertos paralelos, no es posible utilizar esta técnica en ellas y esto ha constituido un freno a la modernización de la computadora y también del sistema operativo utilizado para la aplicación del dinamómetro; pero además, se corre el riesgo de que en algún momento no se pueda trabajar más el dinamómetro desde la PC a causa de la rotura de esa computadora. Con el Arduino como interfaz, la vía de comunicación con la PC será el bus USB que es un estándar de las computadoras modernas y no habrá limitación en relación a la PC que se utilice para esta aplicación.

Con el nuevo sistema se podrá (desde la computadora) seleccionar el dinamómetro en que se trabajará, se mostrará en la pantalla la gráfica de fuerza

en función del desplazamiento y los datos de cada experimento se almacenarán en disco. Pero para lograr este resultado, se requiere de la programación adecuada de las funciones que realizará el Arduino y también de la programación de la aplicación en la PC, de manera que garantice la interfaz con el usuario y realice todas las tareas de cálculos, visualización y almacenamiento de los datos.

CONCLUSIONES

1. Para determinar el uso que se le puede dar a los materiales, es necesario saber sus propiedades mecánicas y eso se logra mediante los ensayos apropiados. Los servicios que brinda en este sentido el LAFIM, con su máquina de ensayos de fuerza, son muy importantes y por ello ameritan que se trabaje en la recuperación del dinamómetro (TCT-5) que se encuentra fuera de servicio.
2. La aplicación de las PC en los procesos tecnológicos siempre se ha dificultado por requerirse de una interfaz entre ellas y el proceso, pero la aparición de los Arduino ha venido a facilitarlos. Un Arduino permitirá manipular las señales de los dos dinamómetros para conectarlos con la Unidad de Control, pero también posibilitará la comunicación de esta con la PC.
3. Para lograr los objetivos planteados se requerirá bastante dedicación, pero el costo en materiales es muy bajo si se compara con el beneficio que reportará; que no será solo la recuperación del TCT-5 sino también la modernización de la computadora acoplada al dinamómetro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mesa, G.; Lorenzo, M. El puerto paralelo puede ser útil aún. GIGA (La Habana) número 3: p 6-8, 2012.
 2. Lorenzo, M.; Mesa, G.; Gómez, A. Aplicación con LabVIEW para máquinas de ensayos mecánicos. GIGA (La Habana) número 1: p 21-25, 2014.
 3. https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%ADa_de_materiales Tecnología de materiales. Wikipedia, enero 2019.
 4. http://ocw.uc3m.es/ciencia-e-oin/tecnologia-de-materiales-industriales/bloque-iii/Tema-7-Ensayos_mecanicos.pdf
 5. Norma cubana NC 314: 2004. Tableros de partículas y tableros de fibra. Acondicionamiento y preparación de probetas para los ensayos.
 6. Norma cubana EN 319: 1993, IDT. Tableros de partículas y tableros de fibra. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las caras del tablero.
 7. Norma cubana EN 319: 1993, IDT. Tableros de partículas y tableros de fibra. Determinación del módulo de elasticidad en flexión y de la resistencia a la flexión.
 8. Norma Instituto Nacional de Vías E-410: 2007. Resistencia a la compresión de cilindros de concreto ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-410-07.pdf
 9. C²MOS Integrated Circuits Technical Data. Primera edición. Japón: Toshiba corporation, 1981. Páginas 81-84.
 10. Banzi, Massimo. Getting Starter with Arduino. Estados Unidos: O'Reilly Media, Inc., 2009. Páginas 12-49.
 11. Herrador, Rafael Enríquez. Guía de Usuario de Arduino. (Córdoba) p 8-15, 2009.
-