



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i1.2640>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

Development of a control system for the automation of a universal testing machine

Desenvolvimento de um sistema de controle para a automação de uma máquina universal de testes

Mercy Germania Altamirano-González^I
maltamirano.istt@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1269-3057>

Freddy Leopoldo Manotoa-Balseca^{II}
fmanotoa.istt@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4851-8285>

Paúl Lenin Rodríguez-Escobar^{III}
lrodriguez.istt@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3850-5111>

Angélica del Pilar Hidalgo-Calero^{IV}
ahidalgo.istt@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8558-6634>

Correspondencia: maltamirano.istt@gmail.com

***Recibido:** 25 de febrero del 2022 ***Aceptado:** 19 de marzo de 2022 * **Publicado:** 01 de abril de 2022

- I. Master en Ciencias de la Educación Superior, Instituto Superior Tecnológico Tungurahua, Ambato, Ecuador.
- II. Magister en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos y Salud Ocupacional, Instituto Superior Tecnológico Tungurahua, Ambato, Ecuador.
- III. Magíster en Diseño Mecánico, Instituto Superior Tecnológico Tungurahua, Ambato, Ecuador.
- IV. Magíster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales Mención Seguridad Industrial, Instituto Superior Tecnológico Tungurahua, Ambato, Ecuador.

Resumen

Las máquinas de ensayo universal constituyen una herramienta importante para los ingenieros de distintas ramas a la hora de determinar las propiedades mecánicas de un material en específico, el uso tradicional de estos equipos es manual, y debido a la importancia de los resultados de estas pruebas de ensayo nace la necesidad de analizar una manera de crear un sistema de control automatizado que descartar el factor del error humano. Por medio del uso de un PLC, contactor, celda de carga, extensómetro, diagramas de flujo y diagrama de bloque de lazo cerrado, se logró construir una propuesta factible para la automatización de una máquina de ensayo universal, cuyas conclusiones arrojaron que es factible el diseño planteado, que el mejor tipo de celda de carga es el tipo low profile, que el mejor tipo de extensómetro es el de tipo laser y que la interfaz de usuario más apropiada sería una creada con el software LabVIEW.

Palabras Clave: Control; PLC; Extensómetro; Celda de Carga; Ensayo Universal

Abstract

Universal testing machines are an important tool for engineers from different branches when determining the mechanical properties of a specific material, the traditional use of these equipment is manual, and due to the importance of the results of these tests of trial arises the need to analyze a way to create an automated control system that rule out the factor of human error. Through the use of a PLC, contactor, load cell, extensometer, flowcharts and closed-loop block diagram, it was possible to build a feasible proposal for the automation of a universal testing machine, whose conclusions showed that the proposed design, that the best type of load cell is the low profile type, that the best type of extensometer is the laser type and that the most appropriate user interface would be one created with LabVIEW software.

Keywords: Control; PLC; Extensometer; Load Cell; Universal Test

Resumo

As máquinas de ensaios universais são uma importante ferramenta para engenheiros de diversos ramos quando se trata de determinar as propriedades mecânicas de um material específico, o uso tradicional deste equipamento é manual, e devido à importância dos resultados destes ensaios de ensaio surge a necessidade analisar uma maneira de criar um sistema de controle automatizado que

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

exclua o fator de erro humano. Através da utilização de um CLP, contator, célula de carga, extensômetro, fluxogramas e diagrama de blocos em malha fechada, foi possível construir uma proposta viável para a automação de uma máquina universal de ensaios, cujas conclusões mostraram que o projeto proposto, que o melhor tipo de célula de carga é o tipo low profile, que o melhor tipo de extensômetro é o tipo laser e que a interface de usuário mais adequada seria aquela criada com o software LabVIEW.

Palavras-chave: Controle; PLC; extensômetro; Célula de carga; ensaio universal

Introducción

Por medio de la revisión bibliográfica se busca documentar el funcionamiento de las máquinas de ensayo universal, estos conocimientos harán posible el planteamiento de una solución automatizada utilizando técnicas de control moderno. Las máquinas de ensayo universal son equipos que permiten hacer pruebas a distintos materiales con el objetivo de verificar sus límites en cuanto a sus propiedades mecánicas, como la dureza, flexión, compresión, entre otras.

Estas máquinas son de mucha importancia en la industria, son equipos que permiten a los ingenieros conocer los límites de los materiales que implementaran en un proyecto, esto supone una mejora significativa en la confiabilidad de los diseños, un ejemplo muy ilustrativo es el diseño y construcción de edificaciones, es de mucha importancia que un edificio esté construido con materiales que no van a fallar, de lo contrario vidas humanas podrían estar en riesgo. Los ensayos universales no se limitan únicamente al sector de la construcción, estos estudios abarcan muchas áreas del desarrollo manufacturero, como el sector automovilístico o el textil.

Las máquinas de ensayo universal son equipos que tradicionalmente son de uso manual, es necesario que un usuario capacitado utilice estas máquinas, esto supone el riesgo del factor humano, y dada las implicaciones o causas que podría acarrear un error no intencionado, nace la necesidad de automatizar este proceso; en este artículo se abarcara una solución factible para la automatización de una maquina de ensayos universales, pasando por conceptos de controlador, diagramas de bloque, diagramas de flujo, diseño de interfaz gráfica, sensores de última tecnología para la adquisición de los datos obtenidos en los ensayos y la lógica detrás de todo este diseño.

Metodología

La metodología usada para la realización de este trabajo está basada en las técnicas de documentación bibliográfica. La revisión bibliográfica constituye una etapa esencial en el desarrollo de un trabajo científico y académico, implica consultar distintas fuentes de información (catálogos, bases de datos, buscadores, repositorios, etc.) y recuperar documentos en distintos formatos (Martín y Lafuente, 2017)

A partir de esa revisión bibliográfica, el investigador va construyendo el marco teórico, documentando antecedentes y elaborando la bibliografía que se incluye al final de un trabajo científico o académico (Martín y Lafuente, 2017). Los objetivos de esta investigación están orientados en documentar el funcionamiento de las máquinas de ensayo general para el planteamiento de un sistema de control automatizado que contemple todas las partes del proceso.

Resultados

Máquina universal de ensayos

Una máquina universal de ensayos, también conocida como probador universal, se utiliza para probar la tensión de tracción y la resistencia a la compresión o flexión de los materiales (Montalvo-Paspuezan, 2018). Estas máquinas son capaces de realizar una variedad distinta de estudios que permiten medir las propiedades mecánicas de un material.

Los ensayos fundamentales realizados con estas máquinas son los de tracción, compresión, y flexión, aunque también es posible realizar ensayos de cizalladura, pelado, desgarramiento, cíclico y ductilidad a la flexión; estos estudios permiten realizar mediciones como la elasticidad, esfuerzo, alargamiento, y dureza. Las propiedades mecánicas medidas en una máquina de ensayos universal permiten a los ingenieros diseñar sistemas robustos y confiables que abarcan sectores como la construcción, sector automotriz, industria textil, entre otros.

Principio de operación de la máquina universal

En la actualidad existen principalmente dos tipos de máquinas de ensayo universal, su diferencia radica en su principio de funcionamiento.

Máquinas universales hidráulicas.

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

Comúnmente tienen un control manual, el indicador del dinamómetro muestra la fuerza del ensayo; vienen, ya sea con accionamiento por tornillo sin fin o por cadena y permiten realizar ensayos de tracción, compresión, flexión o corte de materiales metálicos (Tenson, 2018).

Según Gutiérrez-Aragón (2019) el principio de funcionamiento de estas máquinas está basado en el accionamiento de una bomba de aceite de alta presión, que transmite aceite de trabajo hacia unos cilindros hidráulicos que se encuentran en los laterales de la máquina, así generando el empuje de los pistones que se encuentran en los paraleles de la máquina. La hidráulica se caracteriza por poder aplicar una gran cantidad de fuerza lo que hace a este tipo de maquinas apropiada para el análisis de metales. En la Figura 1 se puede observar un ejemplo de este tipo de máquinas.



Figura 1. Máquina universal de ensayo hidráulica
Fuente: (Tenson, 2018)

Máquinas universales electromecánicas.

Hernández-Delgado (2017) define estas maquinas como un sistema de engrane y tornillo que es accionado por un motor eléctrico. Este sistema de engrane y tornillo controla el movimiento del puente móvil, el cual se mueve en un eje vertical. Estas máquinas utilizan un sistema de husillo de bolas que convierte el movimiento de rotación del motor eléctrico que generalmente es un servomotor, en un movimiento lineal que transmite la fuerza al material que se le está aplicando el ensayo por medio de los brazos o paraleles del equipo.

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

Estas máquinas cuentan con sensores que dan gran precisión y sensibilidad en el desarrollo de las pruebas, mediante el control computadorizado que se ejerce a través de un sistema de cascada que permite verificar las variables internas, estos equipos utilizan celdas de carga que convierten la fuerza mecánica en un pulso eléctrico el cual puede ser procesado y analizado de manera digital para su transformación en información de utilidad para el operador de la máquina. En la figura 2 se observa una fotografía de este tipo de máquinas.



Figura 2. Máquina de ensayo de tracción/compresión/flexión electromecánica
Fuente: (Servosis S.I, 2021)

Sistema de control para máquinas de ensayo universal

Luego de analizar las tecnologías y forma de operar de las máquinas de ensayo universal, se determina que las basadas en funcionamiento electromecánico son las más propicias para realizar un sistema de control automático, debido a que es relativamente sencillo manejar los movimientos y fuerza aplicada por el servomotor por medio de un sistema computadorizado, en ese sentido se muestra a continuación un diagrama de control de lazo cerrado.

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

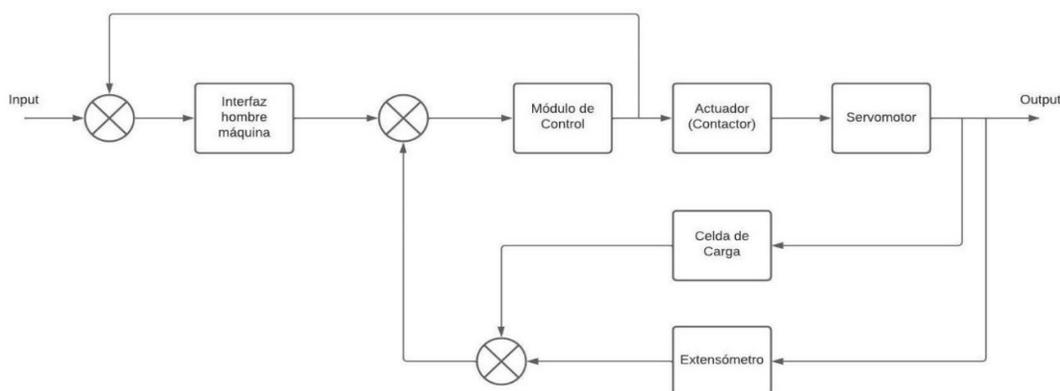


Figura 3. Diagrama de bloque de lazo cerrado para automatización de una máquina de ensayo universal.

Fuente: Autor (2022)

De la Figura 3 se puede visualizar el funcionamiento del sistema de control, el diagrama tiene como entrada la información cargada por el usuario por medio de la interfaz hombre máquina (IHM), allí se decide el tipo de ensayo a realizar, esta información es enviada al módulo de control el cual domina una serie de contactores que permite activador el servomotor, este transmite energía mecánica a la probeta colocada en la máquina; por medio de una serie de sensores se miden las varias del proceso, como lo es la presión ejercida sobre la probeta por medio de una celda de carga y las deformaciones elásticas o plásticas de la probeta utilizando un extensómetro. Los datos medidos por los sensores son enviados al controlador por retroalimentación, el cual podrá generar con estos datos las respectivas graficas del ensayo que se está efectuando y enviar esto al módulo de interfaz hombre máquina para su visualización en tiempo real, además de determinar según el tipo de ensayo cuando se ha llegado al final del estudio, terminando así el proceso.

Interfaz hombre maquina

LabVIEW

Es una herramienta de programación para adquisición de datos, que se pueden aplicar en instrumentación y en sistemas de control, el ambiente de desarrollo basado en programación gráfica, se basa en símbolos gráficos en lugar de lenguaje textual (Villegas, Mora y Espino, 2018). LabVIEW es una poderosa herramienta para crear interfaces gráficas, permite una integración sencilla con sensores, controladores o equipos de instrumentación en general, además de estar pensado para su uso en entornos de laboratorio.

Para la automatización de una máquina de ensayos universal se requiere una programación de interfaz gráfica la cual se describe a manera de diagrama de flujo en la Figura 4.

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

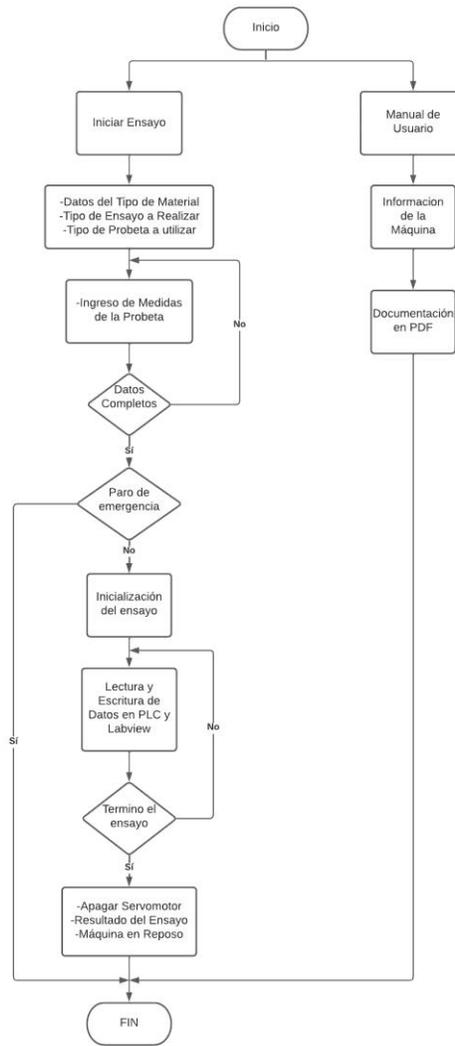


Figura 4. Diagrama de flujo para la programación de interfaz gráfica en LabVIEW.
Fuente: Autor (2022)

En la Figura 5 se visualiza un ejemplo de cómo quedaría una interfaz gráfica en LabVIEW creada específicamente para la automatización de una máquina de ensayos universal.

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

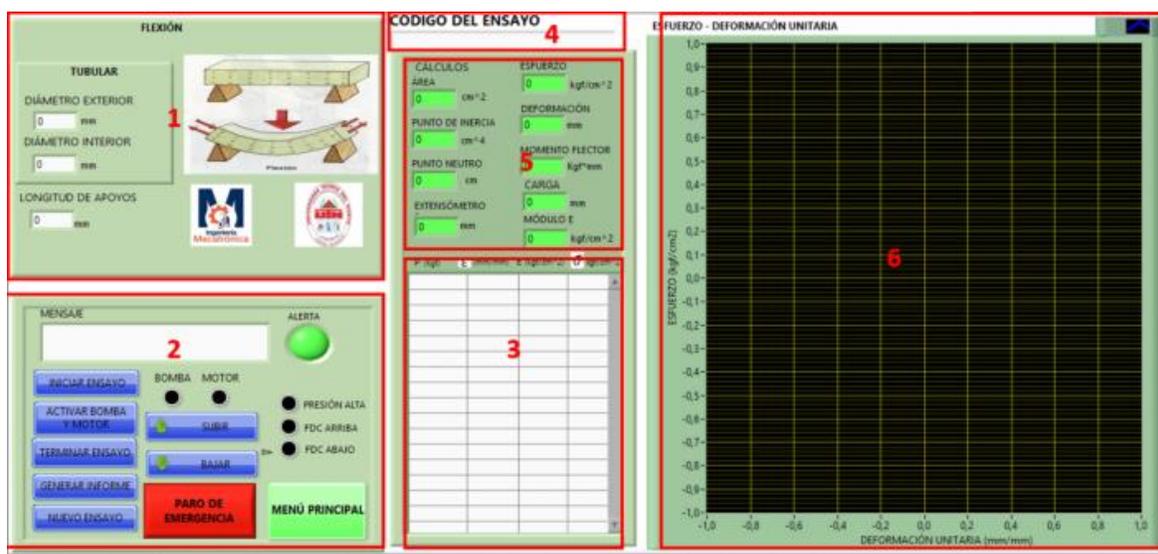


Figura 5. Interfaz gráfica en LabVIEW para una máquina de ensayos universal.
Fuente: (Montalvo-Paspuezan, 2018)

Controlador

PLC

Son procesadores digitales secuenciales programables que actúan sobre las variables de salida mediante la ejecución de una secuencia de instrucciones y por ello se denominan controladores lógicos programables (Bartolo-Gómez, 2020). Los PLC o Programmable Logic Controller por sus siglas en inglés, son equipos industriales que permiten la automatización de procesos por medio de la programación de instrucciones lógicas, manejo de sensores y de actuadores.

PLC Zelio Logic SR2B121BD

Como controlador para la automatización de una máquina de ensayos universal se recomienda un PLC con capacidad de integración con LabVIEW, en ese sentido se seleccionó el PLC Zelio Logic modelo SR2B121BD, el cual se puede visualizar en la Figura 6 y sus características técnicas más importantes en la Tabla 1.

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal



Figura 6. PLC Zelio Logic
Fuente: (Schneider Electric, 2022)

Tabla 1. Características técnicas más importantes PLC Zelio Logic SR2B121BD

Tensión de alimentación	24 VCC
Corriente de alimentación	100 mA
Número de entrada digital	8
Número de entrada analógica	4
Tipo de entrada digital	Resistivo
Tensión de entrada digital	24 VCC
Corriente de entradas discreta	4 mA
Rango de entrada analógica	0...10 V - 0...0,24 V
Resolución de entrada analógica	8 bit

Fuente: (Schneider Electric, 2022)

Programación del PL

En la Figura 7 se observa el diagrama de flujo del PLC que describe el proceso de control para la automatización de una máquina de ensayos universal.

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

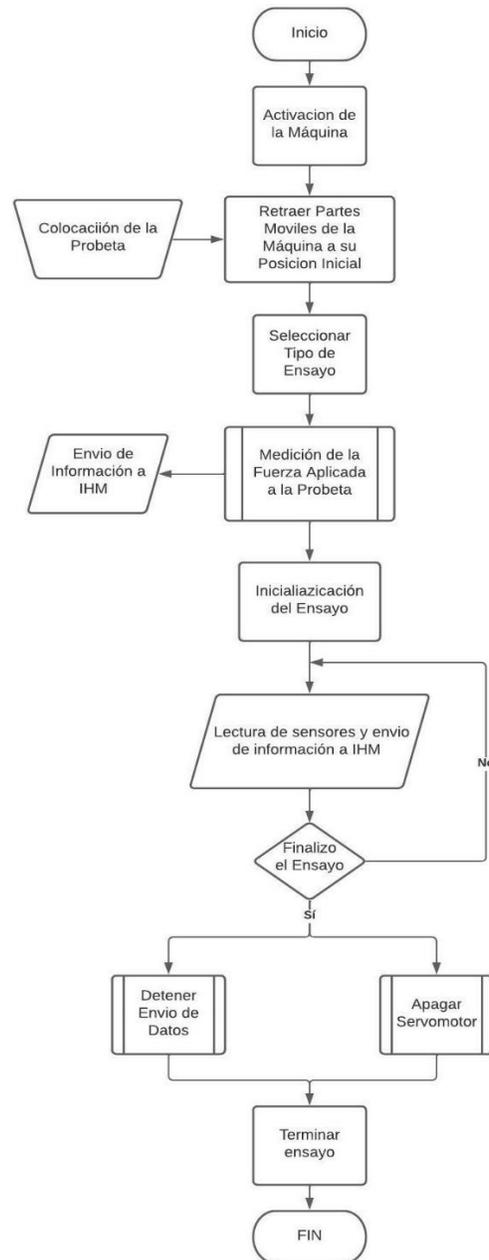


Figura 7. Diagrama de flujo para la programación de interfaz gráfica en LabVIEW.
Fuente: Autor (2022)

Contactor

El contactor es un elemento electromecánico que permite la conexión automática (eléctrica) de elementos de alimentación para equipo eléctrico. El contactor cumple las funciones de un interruptor,

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

abriendo y cerrando un circuito para controlar una carga, como un motor, lámparas (López-González & Martínez-Gallego, 2017).

Contactor Siemens 3RT20271AK60

Con la finalidad de controlar el servomotor de una máquina de ensayo universal se debe seleccionar un actuador que permita su encendido de forma automática, la mejor opción es un contactor gobernado por un PLC, para el caso de la automatización de una máquina de ensayo universal se recomienda el contactor Siemens 3RT20271AK60 el cual se puede visualizar en la Figura 8.



Figura 8. Contactor Siemens 3RT20271AK60
Fuente: (Siemens AG., 2022)

Celda de carga

Es un tipo de transductor de fuerza que convierte una fuerza mecánica de entrada, como carga, peso, tensión o compresión, en una señal de salida eléctrica que se puede medir, convertir y estandarizar (Logicbus S.A., 2022). La celda de carga es un transductor imprescindible para la automatización de una máquina de ensayos universales, dado que la fuerza es una variable crítica en todos los estudios que realiza esta máquina.

Celda de Carga Low Profile

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

Este tipo de celda de carga está diseñadas específicamente para trabajo de compresión y tensión, por lo tanto, las vuelve ideal para su uso en máquinas de ensayo universal. En la Figura 9 se observa las características de la Celda de Carga Low Profile LCF455 de la marca Logicbus.

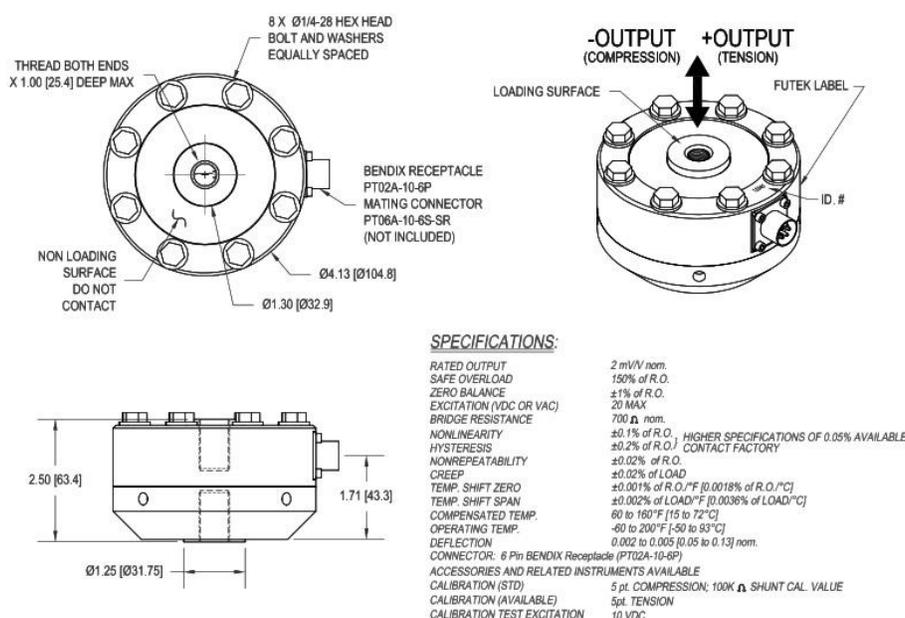


Figura 9. Celda de Carga Low Profile LCF455 de la marca Logicbus.

Fuente: (Logicbus S.A., 2022)

Extensómetro

Están diseñados para probar una amplia gama de materiales, incluidos metales, compuestos, cerámicas y plástico (Fierro-Suárez y Lozano-Gómez, 2019). Los extensómetros son instrumentos de medición usados para detectar los cambios de longitud en un objeto, esto es precisamente una de las necesidades que se tienen en una máquina de ensayos universal, dado que la fuerza aplicada a una probeta puede ocasionar cambios en la geometría de la misma.

Extensómetro digital de brazo de tipo laser

Su método de trabajo se basa en iluminar la superficie de la muestra con un láser; el propio reflejo de la superficie es recibido por una cámara CCD, obteniendo una imagen que será procesada mediante algoritmos informáticos (Guirao-Salmán, 2020). Este tipo de extensómetros tienen la ventaja de no necesitar marcar la muestra para la medición, los resultados se pueden obtener en tiempo real,

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

eliminando el error humano típico en extensómetros convencionales de uso manual, además que la medición al no tener contacto con el objeto no entorpece los resultados del estudio.

Extensómetro laserXtens 7-220 HP

Este modelo de extensómetro laser pertenece a la empresa Zwick Roell, está diseñado específicamente para su uso en máquinas de ensayo universal, observable en la Figura 10. Este equipo es compatible con una gran cantidad de controladores, incluyendo los PLC.

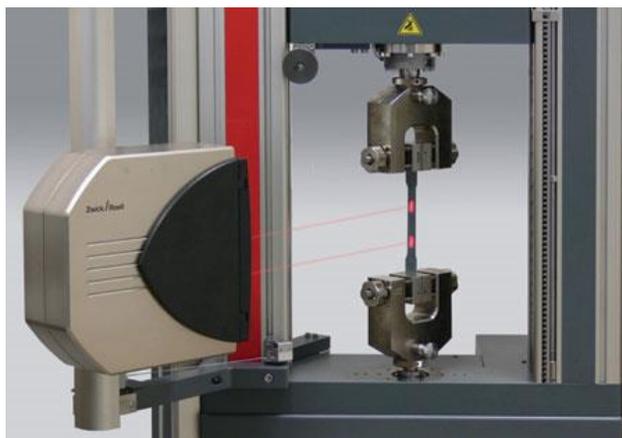


Figura 10. Extensómetro laserXtens 7-220 HP
Fuente: (Zwick Roell Group, 2022).

Conclusiones

Las máquinas de ensayo universal son equipos con una gran importancia para el diseño en ingeniería, como una de las conclusiones de este trabajo, se tiene que la automatización de las máquinas de ensayo universal es necesario en harás de garantizar los resultados obtenidos en estos equipos, teniendo en mente que errores no intencionados podrían colocar en riesgo vidas humanas.

También se concluye por medio de la documentación bibliográfica, que el tipo de máquina de ensayo universal más favorable para la automatización son las que funcionan y operan en base a la electromecánica, y no en la hidráulica.

El mejor tipo de celda de carga que se puede utilizar en una máquina de ensayos universal es la de tipo Low Profile, dado que está diseñada específicamente para entornos donde se generan cargas a compresión y flexión.

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

El mejor tipo de sensor extensiométrico es el de tipo por láser de brazo digital, dado que puede generar lecturas sin contacto directo con las probetas, sin ser necesario además la manipulación humana, la medición se efectúa de forma completamente automática.

La mejor opción para crear una interfaz gráfica es LabVIEW debido a que es capaz de soportar todas las tecnologías implementadas en el diseño.

El proceso que se lleva a cabo en las máquinas de ensayo universal es un proceso que es perfectamente automatizable, en la actualidad se cuenta con la accesibilidad a tecnologías apropiadas para realizar tal fin, por lo tanto, se puede concluir que es factible la automatización de una máquina de ensayos universales.

Referencias

1. Bartolo-Gómez, E. E. (2020). *Programación de PLC Siemens Simatic S7-1200 e interfaz táctil HMI Simatic KTP700 Basic para la estación de ensamble de piezas tow hitch en la automatización del proceso de ensamble en la línea de producción de Arbomex SA de CV.*
2. Fierro-Suárez, R. D., & Lozano-Gómez, G. (2019). *Actualización de una máquina para ensayos de tracción y compresión a polímeros producidos por la empresa Gert SA.* Bachelor's thesis, Ingeniería Mecatrónica.
3. Guirao-Salmán, A. K. (2020). *Análisis experimental de deformaciones mediante video-extensometría.*
4. Gutiérrez-Aragón, F. A. (2019). *Desarrollo de un plan metodológico para la operación de una máquina universal de ensayos modelo Shimadzu AGS-X según las normas ASTM.* Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América.
5. Hernández-Delgado, L. Z. (2017). *Reacondicionamiento de máquina de ensayo de materiales y adaptación de la misma al RD 1215/1997.*
6. Logicbus S.A. (2022). *Celdas de carga.* Recuperado el 10 de Marzo de 2022, de <https://www.logicbus.com.mx/pdf/36/LCF455.pdf>
7. Logicbus S.A. (2022). *Low Profile Universal Pancake Load Cell LCF455.* Recuperado el 10 de Marzo de 2022, de <https://www.logicbus.com.mx/celdas-de-carga.php>
8. López-González, Y. K., & Martínez-Gallego, C. J. (2017). *Tablero de prácticas eléctricas para aplicaciones de control y potencia implementando contactores.*

Desarrollo de un sistema de control para la automatización de una máquina de ensayo universal

9. Martín, S. G., & Lafuente, V. (2017). Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Investigación bibliotecológica*, 31(71), 151-18.
10. Montalvo-Paspuezan, A. A. (2018). *Máquina universal de ensayos destructivos: sistema de control y supervisión de datos*. Bachelor's thesis.
11. Schneider Electric. (2022). *Zelio Logic 12e/S Rel 24vcc Pant+Reloj*. Recuperado el 10 de Marzo de 2022, de <https://www.se.com/ar/es/product/SR2B121BD/zelio-logic-12e-s-rel-24vcc-pant%2Breloj/>
12. Servosis S.I. (2021). *General Catalogue*. Recuperado el 10 de Marzo de 2022, de https://www.servosis.com/pdf/SERVOSIS_GENERAL_CATALOGUE_2021_s.pdf
13. Siemens AG. (2022). *Catalog SIRIUS 3RT contactors, 3-pole, up to 250 kW3RT20271AK60*. Recuperado el 10 de Marzo de 2022, de <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/us/Catalog/Product/3RT20271AK60>
14. Tenson. (2018). *Máquinas de ensayos de materiales, equipos para procesamiento de puertas y ventanas*. Recuperado el 10 de Marzo de 2022, de <http://tensontester.com/product-1-2-1-dial-type-testing-machine-es/132654/>
15. Villegas, J. S., Mora, C., & Espino, P. (2018). Diseño de una aplicación en LABVIEW como parte de una estrategia didáctica para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje del tema circuitos serie y paralelo. *Latin-American Journal of Physics Education*, 12(3), 9.
16. Zwick Roell Group. (2022). *Product Information laserXtens 7-220 HP*. Recuperado el 10 de Marzo de 2022, de https://www.zwickroell.com/fileadmin/content/Files/SharePoint/user_upload/PI_EN/08_847_laserXtens_7_220_HP_PI_EN.pdf