



UNIVERSIDAD MODELO
INGENIERÍA MECATRÓNICA
CUARTO SEMESTRE

**“Desarrollo de un sistema mecatrónico para automatizar
la rutina de pasos para la calibración de las cámaras del
equipo de correlación digital de imágenes”**

Realizado por:

Joshua Emmanuel Góngora Álvarez

Profesor:

Freddy Antonio Ix Andrade

12 de junio de 2025

Contents

1.	Introducción	3
2.	Antecedentes.....	3
3.	Objetivo	4
4.	Metodología.....	4
5.	Resultados y discusiones.....	5
6.	Referencias	5

1. Introducción

En el ámbito de la ingeniería mecatrónica, la automatización de procesos experimentales representa una oportunidad significativa para mejorar la precisión, reducir el margen de error humano y optimizar tiempos de operación. Uno de los procesos que más se beneficia de esta automatización es la calibración de equipos científicos de alta sensibilidad, como el sistema de correlación digital de imágenes (DIC, por sus siglas en inglés), utilizado para el análisis de deformaciones en materiales.

El presente proyecto surge de la necesidad identificada en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), donde el equipo de DIC requiere una calibración cuidadosa que actualmente se realiza de forma manual. Este método resulta propenso a errores, consume tiempo considerable y depende en gran medida de la habilidad del operador, lo que afecta la eficiencia del laboratorio y la calidad de los datos obtenidos.

Con base en este contexto, se plantea el desarrollo de un sistema mecatrónico capaz de automatizar el movimiento de los paneles de calibración en las posiciones requeridas, con el fin de estandarizar el proceso, minimizar errores y facilitar la operación del equipo. Esta solución busca combinar mecanismos de precisión, control electrónico y programación para crear una herramienta útil para los investigadores, alineada con los objetivos de innovación tecnológica y mejora continua.

2. Antecedentes

En la mecánica e ingeniería la medición de la deformación que experimenta un material es fundamental para analizar su comportamiento bajo distintas condiciones de carga. Estas deformaciones pueden ser elásticas, plásticas, viscoelásticas, o de otra naturaleza, dependiendo de las propiedades del material y las condiciones de carga aplicadas [1]. Para medir estas deformaciones, se han desarrollado diversas técnicas experimentales, entre las cuales destaca el método de correlación digital de imágenes (DIC, por sus siglas en inglés). El DIC es una técnica óptica no invasiva de campo completo que permite medir desplazamientos y deformaciones en la superficie de un material mediante el análisis de imágenes durante diferentes etapas de una prueba mecánica, haciendo un seguimiento de un grupo de píxeles [2]. Esta técnica se basa en el seguimiento de patrones de textura o marcas en la superficie del material, utilizando algoritmos de correlación para comparar las imágenes y calcular los campos de desplazamiento y deformación en toda la región de interés. El DIC ha ganado popularidad debido a su alta precisión, versatilidad y capacidad para medir deformaciones en una amplia gama de materiales y condiciones [3]. Sin embargo, la precisión del DIC depende en gran medida de la calibración de las cámaras utilizadas, ya que cualquier error en la calibración puede introducir incertidumbres significativas en las mediciones.

La Unidad de Materiales del Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. (CICY) cuenta con un equipo de DIC. Durante la operación de este equipo se ha identificado un problema crítico en el proceso de calibración de las cámaras utilizadas en el equipo de DIC. Actualmente, la calibración se realiza utilizando paneles de calibración que son montados

sobre una base con la que se realizan de manera manual los 13 pasos (posiciones) de las que consta el proceso de calibración [4]. Este proceso manual es lento y propenso a errores dependientes del usuario, lo que en la mayoría de los casos resulta en un error (desviación) mayor al máximo permitido (0.04 píxeles). Como consecuencia, es necesario repetir el proceso varias veces hasta alcanzar una desviación de calibración menor o igual al máximo, lo cual es laborioso y consume mucho tiempo. Esto no solo afecta la eficiencia del proceso de medición y crea una fuerte dependencia con la pericia del usuario, sino que también retrasa las actividades de investigación. De acuerdo con esto, se propone diseñar y construir un sistema mecatrónico que pueda ayudar para realizar el proceso de calibración de manera precisa y repetitiva (semi-automática), para eficientar el proceso de calibración del DIC y el trabajo en el laboratorio.

3. Objetivo

Desarrollar un sistema mecatrónico para controlar electrónicamente el movimiento de paneles utilizados en el proceso de calibración de un equipo de correlación digital de imágenes.

4. Metodología

Las actividades del proyecto se dividieron en 9 etapas, comenzando con la revisión bibliográfica de los manuales del equipo de correlación digital de imágenes (DIC) y la capacitación del equipo en el uso de esta tecnología, ver Tabla 1. Posteriormente, se definió la idea del proyecto y se elaboró el plan correspondiente. A continuación, se desarrolló el diseño conceptual del sistema de rotación, seguido de un diseño detallado.

Una vez establecidos los diseños, se procedió a la implementación y validación del sistema, lo que incluyó la selección de materiales, construcción, ensamblaje, desarrollo de software de control y pruebas exhaustivas para garantizar su correcto funcionamiento y cumplimiento de los estándares de precisión requeridos. Finalmente, se elaboró la documentación técnica y se preparó la presentación del proyecto.

Adicionalmente a las actividades dedicadas al proyecto eje, se proporcionó ayuda general de laboratorio al grupo de trabajo del Dr. Avilés, según fue requerido. En la Tabla 1 se presenta el número y descripción detallada de las actividades realizadas durante el tiempo del proyecto.

Tabla 1. Actividades realizadas para la realización del proyecto

No. de actividad	Descripción
1	Revisión bibliográfica de los manuales del equipo de DIC.
2	Capacitación del equipo de DIC.
3	Idea del proyecto
4	Plan de proyecto

5	Diseño conceptual
6	Diseño a detalle
7	Implementación y validación
8	Documentación técnica
9	Presentación del proyecto

5. Resultados y discusiones

Se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento del prototipo, con el objetivo de verificar su operatividad según los requisitos técnicos definidos. Durante las pruebas, se validaron:

- La respuesta del sistema frente a entradas de usuario.
- El cumplimiento de los tiempos de ejecución esperados.

Los resultados demostraron un funcionamiento satisfactorio en un 90% de los casos, identificándose únicamente fallos menores en la interfaz (corregidos posteriormente), ya que los cables hacían ruido en las señales.

Evidencia: Puede visualizarse el video del prototipo en funcionamiento en el siguiente enlace: <https://youtube.com/shorts/yG5-xpWx4N0?feature=share>

6. Referencias

- [1] M. A. Sutton, J.-J. Orteu, and H. W. Schreier, *Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements: Basic Concepts, Theory and Applications*. New York, NY, USA: Springer, 2009. [En línea].
- [2] J. R. Salgueiro, Y. Y. Nazarenko, A. V. Kharlamov and W. S. Sarle, "Measurement of the speed of sound in ethanol/water mixtures," *Meas. Sci. Technol.*, vol. 20, no. 6, p. 062001, Jun. 2009, doi: 10.1088/0957-0233/20/6/062001.
- [3] B. Pan, K. Qian, H. Xie, and A. Asundi, "Two-dimensional digital image correlation for in-plane displacement and strain measurement: a review," *Exp. Mech.*, vol. 49, no. 7, pp. 879–906, Sep. 2009, doi: 10.1007/s11340-010-9417-4.
- [4] GOM mbH. (2013). *ARAMIS Hardware Fixed Base - User Information: Hardware*. Braunschweig, Germany: GOM mbH.