

## Instrumentación de un herramental para ensayo de fatiga

GUANDULAY Miguel †\* & FLORES José

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Carretera Valle de Santiago-Huamimaro Kilómetro 1.2, 20 de Noviembre, 38400 Valle de Santiago, Gto.*

Recibido 10 de Enero, 2014; Aceptado 29 de Noviembre, 2014

### Resumen

En esta investigación se realiza la instrumentación y caracterización de un herramental con la finalidad de poder registrar las fuerzas que se generan durante las pruebas en el estudio de fatiga mecánica.

La instrumentación se realizó mediante el pegado de una galga bi-axial al herramental, la señal de salida de las galgas se reciben mediante un módulo acondicionador de señal y este módulo interactúa con una tarjeta de adquisición de datos. El procesamiento de la señal se realiza mediante un instrumento virtual (VI) programado en LabVIEW versión 2012. La caracterización se hace con la ayuda de una máquina INSTRON, los datos obtenidos en el VI se ajustan a una línea recta, obteniendo como resultado final dos ecuaciones características que nos dan a conocer la fuerza normal y axial durante un ensayo de fatiga. Con esta investigación se puede realizar el estudio de fatiga mecánica para materiales metálicos mediante la implementación en una estación de pruebas.

**Instrumentación, caracterización, Fatiga Herramental.**

### Abstract

In this research a characterization and instrumentation of a tooling were done with the purpose to record the forces generated during testing in the study of mechanical fatigue.

The instrumentation was performed sticking a bi-axial gauge in the tooling, the output signal of the gauges are received by a signal conditioner module and it interacts with a data acquisition card module. The signal processing is performed using a virtual instrument (VI) programmed in LabVIEW versión 2012. The characterization is done with the help of an INSTRON machine, the data obtained in the VI were adjusted a straight line, obtaining as a final result two characteristics equations that give us to know the normal and axial force during fatigue testing. With this research can make the study of mechanical stress for metallic materials by implementing a testing station.

**Instrumentation, characterization, fatigue, tooling.**

**Citación:** GUANDULAY- Miguel & FLORES- José. Instrumentación de un herramental para ensayo de fatiga. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2015, 2-2: 115-120

\* Correspondencia al Autor (correo electrónico: maguandulay@utsoe.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Es conocido desde hace algún tiempo, que un metal sometido a esfuerzos repetidos durante largos períodos, presentara fracturas, a esto se le conoce como fallas por fatiga. Por esta razón es importante conocer la resistencia a este tipo de esfuerzos en diferentes materiales.

Este fenómeno de fallas por fatiga ha sido ampliamente estudiado, sin embargo, la finalidad de este trabajo es presentar una herramienta de medición de cargas que permita aumentar la cantidad probetas analizadas de diferentes tipos de material, mediante un sistema instrumentado compuesto de una roseta de deformación, siendo su valor agregado la implementación de un módulo de adquisición y una interfaz gráfica amigable con el usuario.

### Características del sistema.

Para el desarrollo del trabajo se lesiono una roseta de tipo bi-axial conectada a un módulo condicionado de señal SCC-SG01 que filtra y conecta con el bloque conector DAQ-NI-SCC-68 que a su vez interactúa con la tarjeta de adquisición NI PCI-6259, el cual, permite procesar los datos en un computador que tiene la tarea de procesar y mostrar los datos obtenidos.

Para calibrar el sistema se usó la máquina de pruebas INSTRON MODELO 1011 con capacidad de carga de compresión hasta 5000 Newton, con la cual se aplicaron diferentes cargas, registrando los voltajes correspondientes, obtenidos en un rango de fuerza de 100 a 1600 Newton para diferentes ensayos.

### Soporte Teórico:

Para validar la caracterización del herramental se calculan los coeficientes de correlación lineal para los puntos generados durante los ensayos. Con base a la teoría los coeficientes de correlación lineal es un instrumento que permite determinar una medida del grado de asociación lineal entre dos variable (Fuerza y Voltaje) [3]. En relación a una muestra de  $n$  elementos para dos variables  $F$  y  $V$ . Sea  $F_i$  la  $i$ -ésima observación de la variable  $F$  y  $\bar{F}$  el valor promedio de las  $N$  observaciones, podemos determinar la desviación de la variable  $F_i$  con respecto a su valor promedio  $\bar{F}$  como:

$$f_i = F_i - \bar{F} \quad (1)$$

De manera análoga se define la desviación de  $V_i$  como:

$$v_i = V_i - \bar{V} \quad (2)$$

Por lo tanto las muestras de los ensayos obtenidos se pueden escribir en términos de desviaciones como:

$$m = [(F_1, V_1), (F_2, V_2), \dots, (F_n, V_n)] \quad (3)$$

Todos los pares obtenidos en los ensayos  $(F_i, V_i)$  se pueden obtener de forma gráfica. La dispersión de todos los puntos se pueden ajustar a una ecuación de línea recta (4) mediante el método de mínimos cuadrados (5).

$$y = ax + b \quad (4)$$

Dónde.

$$a = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (5)$$

$$b = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (6)$$

Para determinar el grado de asociación lineal de las variables (x, y) se hace uso del concepto de coeficiente de correlación (8).

$$Corr(x, y) = r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i}{S_x} \right) \left( \frac{y_i}{S_y} \right) \quad (8)$$

Donde la desviación estándar muestral de cada una de las variables es:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum x^2_i}{n-1}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum y^2_i}{n-1}} \quad (9)$$

### 1 Metodología

Para la caracterización del herramental se hizo la instrumentación con el pegado de una roseta biaxial, una orientada a 45° y la otra a 90°, esta orientación se realizó de esta manera por el espacio que se tenía en el área de pegado. Las salidas de las galgas se conectan a un módulo acondicionador de señal SCC-SG01 que se encuentra en el Dispositivo de Adquisición de datos (DAG) NI-SCC-68, la salida de la DAG se alimenta con la tarjeta de adquisición de datos NI PCI-6259 integrada en la computadora. El procesamiento de la señal se realiza mediante un instrumento virtual Vi programado en LabVIEW versión 2012 donde se genera un archivo registrando los valores generados durante los ensayos. Para calibrar el herramental se utilizó la máquina de pruebas Instron Modelo 1011.

Con la ayuda de esta máquina de pruebas, se aplicaron diferentes cargas sobre el herramental, registrando los voltajes generados para cada valor de carga. Se realizaron cuatro ensayos de carga y descarga con diferentes valores de fuerza en el rango de 100 a 1600 Newton bajo las mismas condiciones.

En la Tabla 1 se muestra uno de los cuatro registros generados, sin embargo en los gráficos 1, 2 se observa la representación de cada uno de ellos, para la galga de 90 grados y de 45 grados respectivamente.

Fuerza (F)	Voltaje-galga a 90 grados.	Voltaje-galga a 45 grados.
0	0.845	0.557
159	0.786	0.533
270	0.75	0.508
405	0.711	0.501
556	0.669	0.484
710	0.629	0.467
947	0.569	0.443
1223	0.501	0.414
1400	0.458	0.396
1640	0.398	0.371
1416	0.448	0.392
1186	0.501	0.415
970	0.554	0.436
690	0.626	0.466
510	0.677	0.487
340	0.727	0.508
157	0.784	0.531
57	0.818	0.545

Tabla 1

En los gráficos 1,2 se muestra el grado de linealidad que hay para cada uno de los ensayos realizados. Esto quiere decir que existe una buena correlación entre cada par de datos obtenidos.

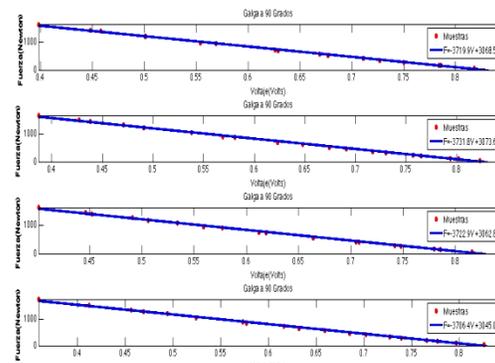


Gráfico 1

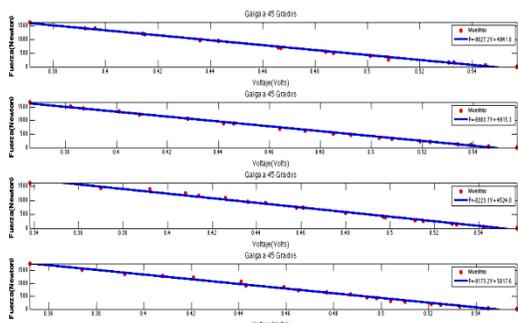


Gráfico 2

2 Resultados

Como resultado de esta investigación se muestra la aproximación a una línea recta de la dispersión de todos los pares de datos obtenidos durante los cuatro ensayos por medio del método de mínimos cuadrados. Las ecuaciones características se obtienen del conjunto de todos los valores de los cuatro ensayos realizados para tener una mayor aproximación. En los gráficos 3,4, se muestra la aproximación lineal de cada una de las ecuaciones. Ecuación característica para la galga orientada a 90 grados, con esta ecuación se puede conocer la fuerza en la dirección normal generada durante el ensayo a la fatiga.

$$F_{normal} = -3745.8V + 3090.7 \quad (11)$$

Ecuación característica para la galga orientada a 45 grados, en esta ecuación se puede conocer la fuerza en la dirección axial generada durante el ensayo a la fatiga.

$$F_{axial} = -8698.62V + 4774.9 \quad (12)$$

De las ecuaciones (11) y (12) la fuerza F está dada en Newton, el Voltaje V en volts. Para validar la caracterización de las ecuaciones (11) y (12) se realizó el cálculo de la correlación para determinar el grado de asociación lineal que existe en las variables (Fuerza y Voltaje).

$$r_{normal} = -0.9980657$$

$$r_{axial} = -0.98984426$$

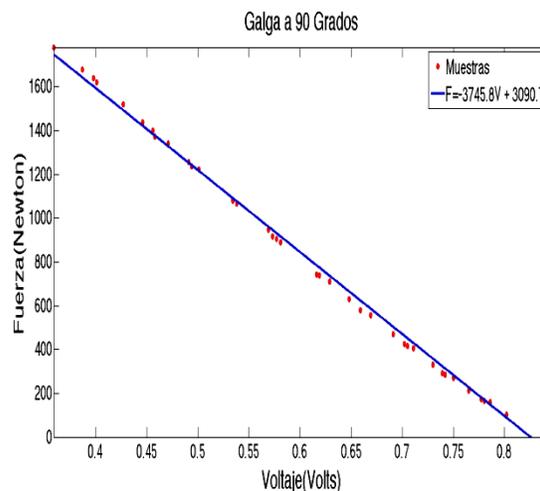


Gráfico 3

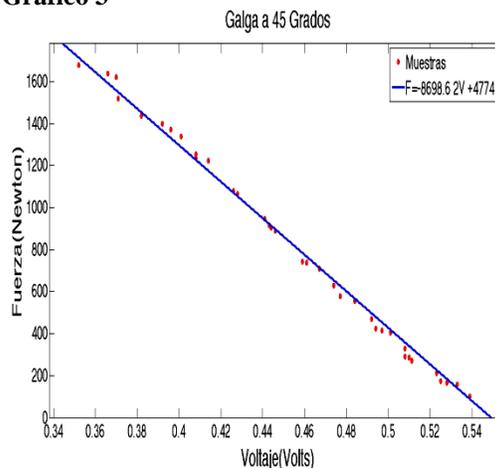


Gráfico 4

En el grafico 5 se muestra una interfaz gráfica de estos resultados.

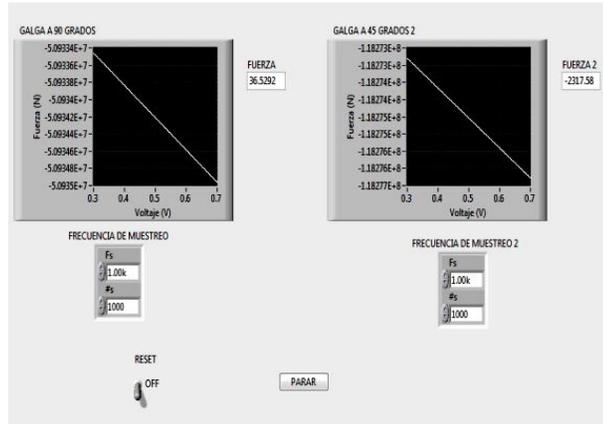


Gráfico 5

De acuerdo a la teoría de coeficientes de correlación, existe muy buena aproximación lineal de estas ecuaciones, por lo tanto son aceptables para nuestro propósito que es registrar la fuerza generada durante los ensayos en probetas de diferentes materiales y poder estudiar las curvas de fatiga mecánica.

### 3 Conclusiones

En esta investigación se presentan dos ecuaciones características validadas para determinar la fuerza normal y axial que se generen en pruebas mecánicas de fatiga. Con la interpretación de este resultado se puede realizar un estudio para analizar las curvas de fatiga en probetas de acero laminado. Este trabajo puede ser complementado con la implementación de un dispositivo para tener un banco de pruebas y dar una aportación más a la investigación sobre los ensayos de fatiga.

### 4 Referencias

ESTE, P. S., & Sáenz, L. A. (2004). L. Evaluación de la resistencia a la fatiga y límite a fatiga de aceros de medio y bajo carbono. *Revista Ingeniería UC*, 11, 69-75.

Carrascal, I., Casado, J. A., Varona, J. M., Polanco, J. A., & Gutiérrez-Solana, F. (2004).

Determinación del fallo por fatiga en base a consideraciones energéticas de componentes de PA 6.6 reforzada con fibra de vidrio. In *Anales de Mecánica de la Fractura* (Vol. 21, pp. 427-431).

Erick, L. (2003). El coeficiente de Correlación y correlaciones espúreas. El coeficiente de Correlación.(On Line) <http://departamento.Pucp.Edu.Pe/economia/images/documentos/DDD218.Pdf>. Pdf. Accesado, 6.

Forrest, P. G., de Tejada González, L. M. S., & Muñoz, J. M. (1982). *Fatiga de los Metales*. Urmo, SA de Ediciones.

Avilés, R. (2005). *Análisis de fatiga en máquinas*. Thomson-Paraninfo.

Arias Jaramillo, J. J., & Olarte Silva, L. J. (2013). *Instrumentación y Automatización de una Máquina Extrusora-Prensadora para la Extracción de Aceite de la Semilla de Algodón*.

Gándara, M. (1995). *La interfaz con el usuario: una introducción para educadores. Usos educativos de la computadora*. México: CISE/UNAM.

Avilés, R. (2005). *Análisis de fatiga en máquinas*. Thomson-Paraninfo.

Vigil, F., Guerrero, M., Jorge, J., Rivera, S., & Iglesias, A. (2011). Diseño y validación a fatiga de un vástago de revisión de prótesis de cadera empleando el método de los elementos finitos. *XXVIII Encuentro del Grupo Español de Fractura*, 817-822.

Gómez, J. A., Gómez, A. L., & CORONADO, J. J. (2005). Análisis del comportamiento a fatiga de un acero AISI 1045 en un ambiente de jugo de caña de azúcar. *Scientia et Technica*, 1(27).

Cárdenas, M. L. S., García, V. M. I., Lagares, M. L., & Elhadad, F. I. A. (2008). SOFI-SM, cuestionario para el análisis de la fatiga laboral física, mental y psíquica. 28 de abril, revista digital de salud y seguridad en el trabajo, (2), 1-22.

Coronado Marín, J. J. (2011). Análisis del desgaste para el par bronce-acero en un molino de caña de azúcar. Revista Ingeniería y Competitividad, 6(2), 83-92.

Marco Esteban, E. (2010). Metodología para el análisis a fatiga mediante el código Pro Engineer: aplicación a un eje ferroviario.

Carrascal, I., Casado, J. A., Polanco, J. A., & Gutiérrez-Solana, F. (2008). Aplicación del análisis dinamo-mecánico a la determinación de las condiciones críticas en fatiga de materiales poliméricos. In Anales de Mecánica de la Fractura (Vol. 25, pp. 397-402).

García-Jacomino, J. L., & Quintana-Puchol, R. (2000). Procedimientos para la medición de tensiones mediante galgas extensométricas. Centro de Investigaciones de Soldadura, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas: Santa Clara, 23.

IDROVO, P., & QUINTANILLA, L. (2010). Aplicación de galgas extensométricas en el laboratorio de mecánica de materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica para la obtención de deformaciones en elementos sometidos a cargas combinadas (Doctoral dissertation, Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Ecuador).

TRISTANCHO, J. (2008). Análisis de comportamiento mecánico de elementos estructurales a escala por medio de fotometría y galgas extensométricas, Documento interno de investigación.

SHOUB, H. (1950). Galgas de alambre de resistencia para medición de deformaciones unitarias grandes. David Taylor Model basin., Reporte, (570).

BIERMASZ, A. Galgas extensométricas.- Teoría y aplicación. Cap. L, pág. 4.

HERNANDEZ JIMENEZ, J. R., & FABELA GALLEGOS, M. J. (2004). Diseño y construcción de un prototipo para determinar el peso de vehículos ligeros en movimiento. Publicación Técnica, (247).

Vázquez, S. C. (2005). Plataformas dinamométricas. Aplicaciones. Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud, 3.

Montano, L., & Sagüés, C. (1997). Control de esfuerzos con un robot industrial. Informática y Automática, 30(2), 35-50.

Rodríguez-Martínez, R., Urriolagoitia Calderón, G. M., Carbajal Romero, M., & Cortez Olivera, R. (2004). Análisis Numérico-Experimental de Estabilidad Direccional de Fractura bajo Esfuerzos Biaxiales (Doctoral dissertation, msc Thesis, Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, México).

Moreno, B., Zapatero, J., & Pascual, J. (1997). Determinación Experimental del Cierre de Grieta en Fatiga. In Anales de Mecánica de la Fractura (Vol. 14, pp. 159-163).

Asua, E., Etxebarria, V., & García-Arribas, A. Diseño y control de actuadores basados en materiales con memoria de forma.