

Validación y liberación de dispositivo de medición para OEM automotriz, utilizando herramientas estadísticas en concurso de metrología a nivel nacional

Validation and release of measurement device for automotive OEM, using statistical tools in national metrology competition



Luis Cuautle-Gutiérrez*✉, José Francisco Lobato-Ramírez*

Cuautle-Gutiérrez, L., & Lobato-Ramírez, J. F. (2020). Validación y liberación de dispositivo de medición para OEM automotriz, utilizando herramientas estadísticas en concurso de metrología a nivel nacional. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(79), 93-98.

RESUMEN

En los últimos años, los estudios estadísticos para el análisis de los sistemas de medición (MSA, por sus siglas en inglés) de partes de la industria automotriz, han cobrado mucha fuerza no sólo por la versatilidad que tienen para estudiar atributos y variables, sino por la facilidad que les proporcionan a las organizaciones para liberar sus dispositivos de medición en las líneas de producción y controlar la calidad de sus productos de manera sencilla y confiable. Esta nota expone la metodología que se siguió para la validación estadística del dispositivo de comprobación utilizado en un concurso de diseño y desarrollo de dispositivos de medición para componentes de la industria automotriz, en donde se obtuvo el primer lugar.

Palabras clave: dispositivo de comprobación; variables; atributos; sesgo; estabilidad; normalidad.

Keywords: checking fixture; variables; attributes; bias; stability; normality.

Recibido: 26 de marzo de 2019 Aceptado: 3 de octubre de 2019

* Facultad de Ingeniería Industrial y Automotriz, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Calle 21 Sur 1103, Barrio de Santiago, C. P. 72410, Puebla, Pue., México. Correo electrónico: luis.cuautle@upaep.mx; josefrancisco.lobato@upaep.edu.mx. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2424-2381>; <http://orcid.org/0000-0002-9749-2712>

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

In recent years, statistical studies for the measurement system analysis (MSA) of parts of the automotive industry have gained strength not only by their versatility to study attributes and variables, but also by the easiness they provide organizations to release their measuring devices on production lines and thus, be able to control the quality of their products easily and reliable. This note exposes the methodology that was followed for the statistical validation of the checking fixture used in a design and development contest for measuring devices for components of the automotive industry, where the first place was obtained.

INTRODUCCIÓN

Los fabricantes de equipo original (OEM) tienen cada vez más claro el reto que simboliza cuidar las características críticas de cada parte que conforma al automóvil y que tienen una relación directa en la funcionalidad del componente o la seguridad del usuario. Por esta razón se incorporan dispositivos de medición en las líneas de producción (Torres Hernández et al., 2015) capaces de determinar de manera rápida si la pieza que se está analizando cumple con los requerimientos de diseño. Estos dispositivos pueden ser electrónicos o mecánicos, siendo más común el segundo tipo por cuestiones de costo. El funcionamiento de este tipo de dispositivos es bastante sencillo (Jiang, Zhou, & Li, 2013).

Se cuenta con una o más estructuras en donde se introduce la pieza a medir y se analizan características por variables o atributos que sean cruciales para la calidad del producto. Las variables son analizadas a través de indicadores de carátula, calibradores y demás dispositivos que puedan proporcionar un valor numérico para observar qué tanto la producción se encuentra por arriba o por debajo del valor nominal y verificar si esta característica se encuentra dentro del marco de tolerancia, con la finalidad de hacer los ajustes pertinentes en el proceso y la maquinaria para asegurar la calidad del producto (Momang & Mohamed, 2015).

Las expectativas para un dispositivo de medición son muy altas, por lo cual antes de ponerlo en línea de producción es necesario asegurarse de que sea capaz de generar mediciones confiables y estables en el tiempo. Esta actividad no sería posible sin la ayuda de la metrología y herramientas estadísticas, como los estudios de repetibilidad y reproducibilidad, de las cuales hace uso para validar las lecturas que realiza (DeGlee, 2008) y liberar el dispositivo para utilizarlo en donde sea requerido. El dispositivo de comprobación (*checking fixture*, por su término en inglés) mostrado a continuación fue diseñado, manufacturado y liberado por estudiantes de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla para el concurso interuniversidades de diseño y desarrollo de un dispositivo de medición para autopartes del sector automotriz, organizado por una OEM de clase mundial, en donde el equipo obtuvo el primer lugar (Cancino, 30 de octubre de 2018).

DESARROLLO

Inicialmente se identificaron las características de la pieza automotriz (figura 1) que sería necesario analizar por variables y atributos (Kevin Catherine, Raja Ma'arof, & Suresh, 2015). Según especificación, es crítico medir el perfil de superficie inferior de la pieza automotriz para asegurarse de que durante el ensamble, en un proceso posterior, no existiera juego alguno que pudiera poner en riesgo la funcionalidad.

Para la recopilación de datos el grupo de acción de la industria automotriz (AIAG, por sus siglas en inglés) plantea que al menos se deben recolectar 10 lecturas para poder realizar estudios de localización y amplitud de un sistema de medición para variables

(AIAG, 2010). Se obtienen 15 por cada línea (L) para cada superficie bajo la tolerancia geométrica de perfil de superficie (figura 2), contando con valores de referencia previamente establecidos por el usuario experto que servirían para estudios posteriores.

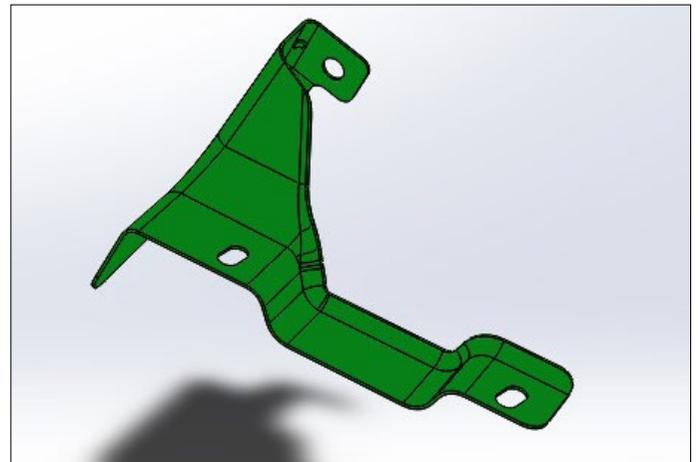


Figura 1. Pieza automotriz.
Elaboración propia.

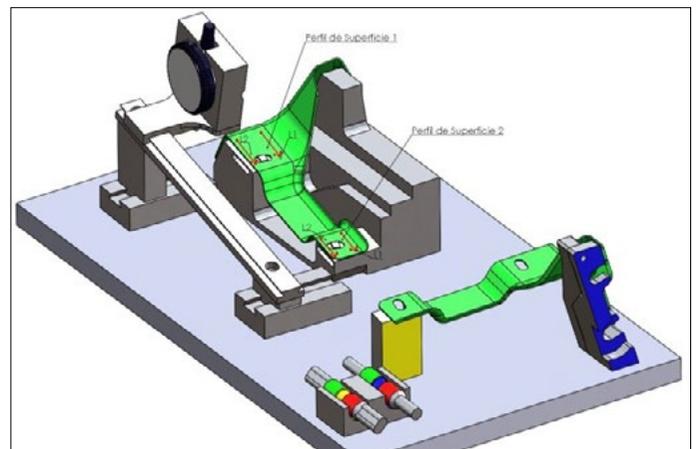


Figura 2. Zonas de control de superficie de líneas de barrido de indicador de carátula.
Elaboración propia.

Con las lecturas se comprueban los supuestos estadísticos de normalidad y estabilidad (Otero Fernández, Mazorra Lopetey, & Ulloa Enríquez, 2014) con un software estadístico para asegurarse de que los resultados de los estudios posteriores de sesgo, capacidad y repetibilidad fueran confiables a lo largo del tiempo. Comenzando por la normalidad,

se realizó la prueba bajo el criterio de Anderson-Darling (Pedrosa, Juarros-Bassterretxea, Robles-Fernández, Basteiro, & García-Cueto, 2015) y se obtuvo un valor $-p$ menor a 0.005, por lo que la distribución de los datos no sigue una distribución normal, ya que el valor $-p < \alpha = 0.05$ (nivel de confianza de 95%). Por tanto, se decidió recurrir a otros criterios estadísticos para comprobar dicha normalidad.

Como se puede observar (figura 3), bajo el criterio de Ryan-Joiner (Cabrera, Zanazzi, J. F., Zanazzi, J. L., & Boaglio, 2017), los datos de las mediciones siguen una distribución normal, puesto que el valor $p > 0.100$. Adicionalmente, se recurre a un criterio adicional para eliminar cualquier incertidumbre que pudiera existir. De acuerdo al criterio Kolmogorov-Smirnov, se obtuvo un valor $KS = 0.238$ y se concluye que los datos de las mediciones de ambos perfiles de superficie se comportan de una manera normal, puesto que valor $KS > 0.05$ (Pedrosa et al., 2015).

Para validar un sistema de medición es necesario que dichas ponderaciones se comporten de manera predecible dentro de ciertos parámetros estadísticos (Gasper, 1 de julio de 2017). Por ello se realizaron gráficas de control de medidas individuales y rangos móviles para cada observación del perfil de superficie 1 y perfil de superficie 2 en sus localizaciones L1 y L2. Se utilizó un software estadístico y los resultados se reportan a continuación (figura 4).

Las dos localizaciones de ambas características de calidad se encuentran bajo control estadístico de procesos bajo todas las pruebas de causas especiales (AIAG, 2010). Esto quiere decir que el proceso de medición es estable y predecible. Posteriormente se realizan estudios de sesgo y repetibilidad para la liberación en línea del dispositivo de medición. Lo que usualmente se desarrollaría a continuación sería realizar un estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para saber exactamente qué parte

de la variación de la medición se debe a la pieza, al sistema de medición y a la persona que se encuentra generando dichas mediciones (Columbus, 8 de junio de 2018).

Sin embargo, dada la naturaleza del concurso en el que únicamente se cuenta con una pieza, se decidió analizar solamente la repetibilidad a través de un estudio tipo 1 y poder así determinar la variación en las medidas obtenidas con el instrumento.

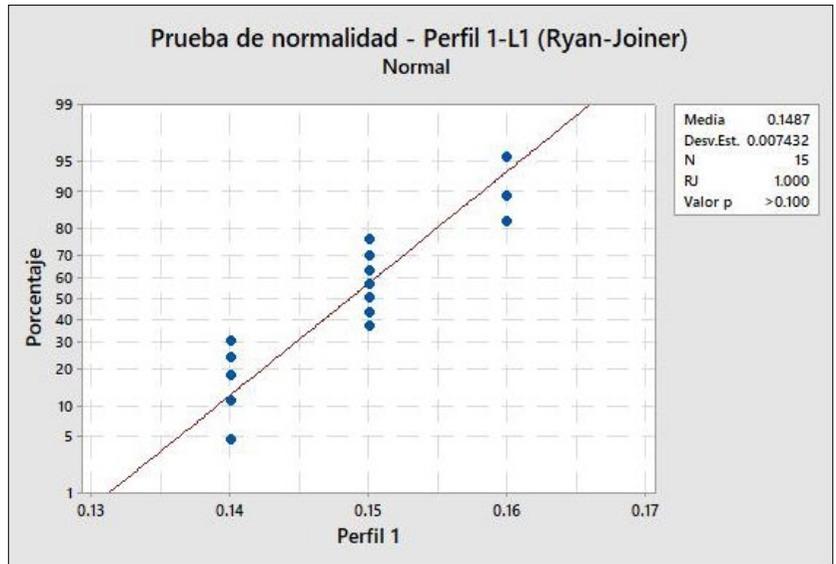


Figura 3. Prueba de normalidad de RJ. Elaboración propia.

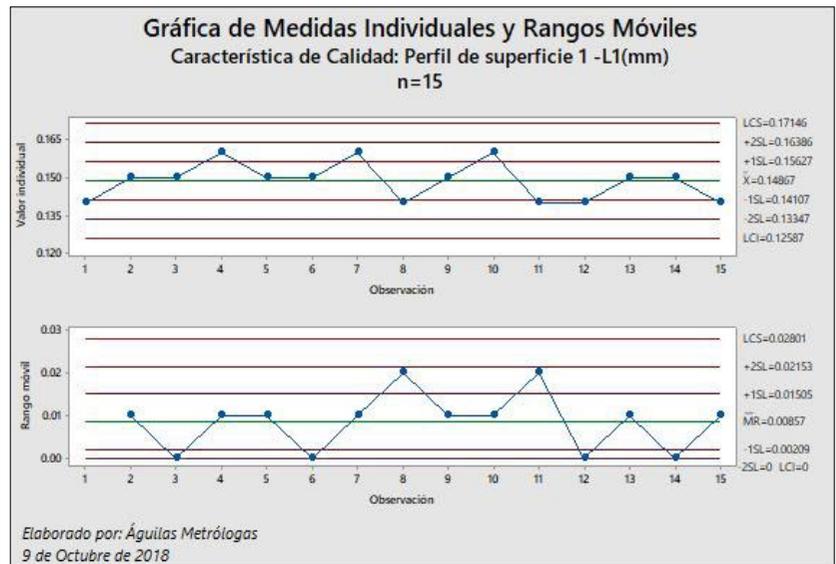


Figura 4. Prueba de estabilidad. Elaboración propia.

Dicho estudio consiste en ponderar varias veces la misma característica de la misma parte con el dispositivo por un usuario. Dicho esto, se realizó un

estudio tipo 1 del sistema de medición, en donde se observaron los siguientes resultados:

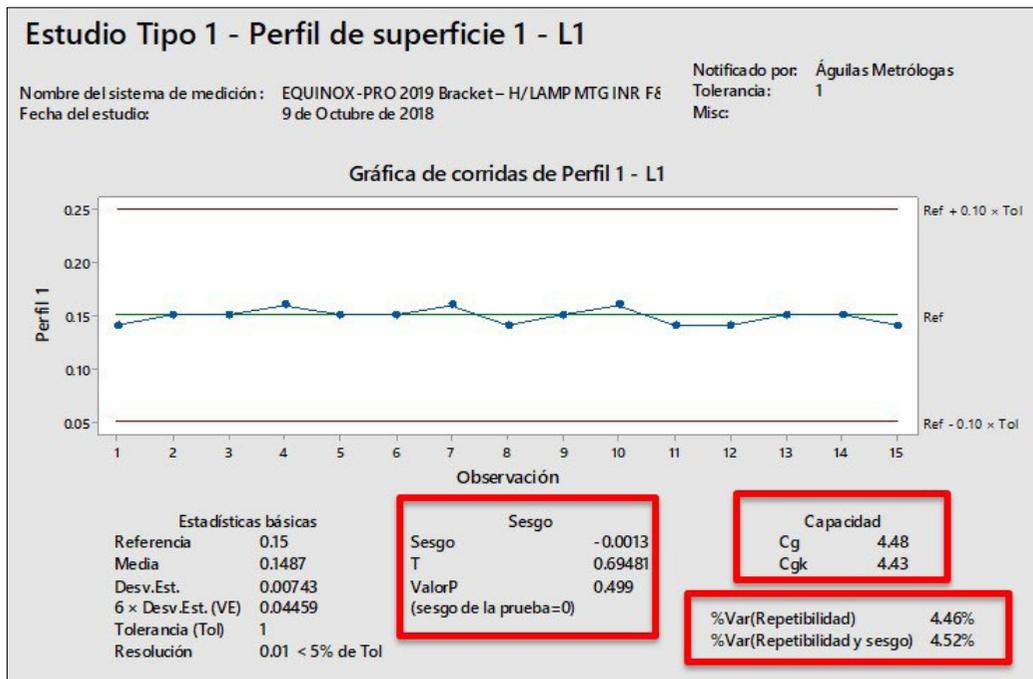


Figura 5. Estudio tipo 1 del sistema de medición. Elaboración propia.

Del apartado de sesgo (figura 5) se observa que el respectivo de las mediciones del perfil de superficie 1 en su localización 1 no es significativo, puesto que el valor $p > 0.05$. Del recuadro de capacidad, los índices Cg y Cgk mayores a 1.33 sugieren que la variación de la medición con respecto a la tolerancia es pequeña, lo cual hace referencia a un proceso de ponderación esbelto (Andrejiová & Kimáková, 2014; Gasparin, Tosello, Hansen, & Islam, 2013). En otras palabras, el sistema está midiendo las partes de manera consistente y exacta.

Del apartado de repetibilidad, se comparan los porcentajes %Var (repetibilidad) y %Var (repetibilidad y sesgo) con umbral máximo de 15%, que equivale a un índice de capacidad de 1.33 (AIAG, 2010). Como se puede observar, los valores obtenidos por el sistema de medición son mucho menores al máximo, lo cual nuevamente sugiere que la variación causada por el sistema de ponderación no es significativa. Las mismas conclusiones aplican para el resto de localizaciones del perfil de superficie 1 y del perfil de superficie 2. Una vez validado el sistema

de medición por variables se sugiere desarrollar un nuevo análisis de dicho proceso para valorar los atributos que el dispositivo (figura 6) también considera y que, por la disponibilidad de una sola pieza para el estudio, no se pudieron realizar.

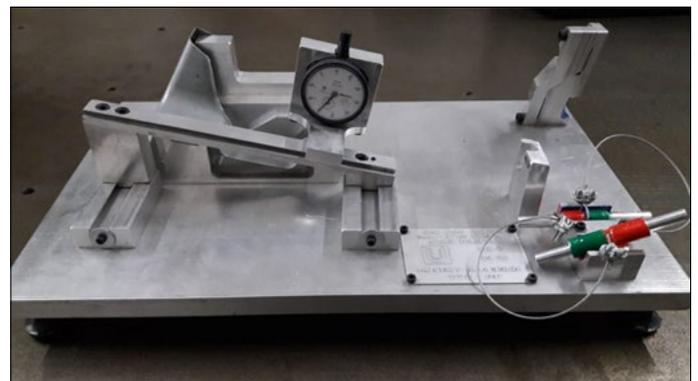


Figura 6. Dispositivo de comprobación construido. Fotografía tomada por el equipo de investigación.

CONCLUSIONES

Debido al análisis realizado, la empresa fabricante de equipo original aprobó el diseño y manufactura del dispositivo planteado para evaluar variables de las características críticas de la pieza estudiada dentro de sus instalaciones.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a los integrantes del equipo Águilas Metrólogas, ganador del primer lugar nacional, así como a las autoridades del Decanato de Ingenierías y Facultad de Ingeniería Industrial y Automotriz de la UPAEP por el apoyo brindado en la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

- Andrejiová, M., & Kimáková, Z. (2014). Indices Cg and Cgk in the assessment of the measuring device capability. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering*, 12(4), 113-116.
- Automotive Industry Action Group. (2010). *Measurement Systems Analysis. Reference Manual* (4th ed.). US: Chrysler Group LLC-Ford Motor Company- General Motors Corporation.
- Cabrera, G., Zanazzi, J. F., Zanazzi, J. L., & Boaglio, L. (2017). Comparación de potencias en pruebas estadísticas de normalidad, con datos escasos. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 4(2), 47-52.
- Cancino, B. (30 de octubre de 2018). Ganan estudiantes de la UPAEP concurso nacional de la industria automotriz. *El Sol de Puebla*. Recuperado de <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/ganan-estudiantes-de-la-upaep-concurso-nacional-de-la-industria-automotriz-puebla-2510976.html>
- Columbus, L. (8 de junio de 2018). Seven ways gage management improves product quality and enables growth—manufacturers can significantly improve their visibility into operations through gage repeatability and reproducibility (GR&R) studies. *Quality*. Recuperado de <https://www.qualitymag.com/articles/94750-seven-ways-gage-management-improves-product-quality-and-enables-growth>
- DeGlee, G. (2008). Is your gage good enough? *Manufacturing Engineering*, 141(6). Recuperado de www.sme.org/manufacturingengineering
- Gasparin, S., Tosello, G., Hansen, H. N., & Islam, A. (2013). Quality control and process capability assessment for injection-moulded micro mechanical parts. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 66(9-12), 1295-1303. doi: 10.1007/s00170-012-4407-6
- Gasper, E. (1 de julio de 2017). Calibration and measurement systems: The unsung hero in quality efforts – timely calibration of all measurement devices is critical to manufacturing efforts. *Quality*, 24-27. Recuperado de www.qualitymag.com
- Jiang, K., Zhou, X., & Li, M. (2013). Computer-aided checking fixture design system for automobile parts. *International Journal of Production Research*, 51(20), 6045-6069. doi: 10.1080/00207543.2013.793421
- Kevin Catherine, L. D., Raja Ma'arof, R. A., & Suresh, S. (2015). A study on the impact of the milling parameters on the surface roughness when using polyurethane board as a base material in manufacturing automotive checking fixtures. *Materials Science Forum*, 819, 449-454. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.819.449
- Momang, B. W., & Mohamed, N. M. Z. N. (2015). Development concept of a portable quality-confirmation inspection device for automotive body parts. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME)*, 11, 2738-2746. doi: 10.15282/ijame.11.2015.49.0230
- Otero Fernández, M. G., Mazorra Lopetey, A., & Ulloa Enríquez, M. U. (2014). Evaluación del sistema de medición en la fabricación de gel de hidróxido de aluminio. *Revista Cubana de Farmacia*, 48(4), 533-541. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v48n4/far02414.pdf>
- Pedrosa, I., Juarros-Basterretxea, J., Robles-Fernández, A., Basteiro, J., & García-Cueto, E. (2015). Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar? *Universitas Psychologica*, 14(1), 15-24. doi: 10.11144/Javeriana.upsy14-1.pbad
- Torres Hernández, P. M., Guillén Anaya, L. G., Siller Orozco, G. I., Ramírez Espinoza, C. F., Rico Pérez, L., Ñeco Cabrera, R., & Martínez Gómez, E. A. (2015). Diseño de un calibrador de calidad para disminuir el desperdicio en el área de ensamble de un componente para automóvil. *Revista Ingeniería Industrial*, 14(3), 95-104.