

# Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Puebla 2019

El libro Online con ISSN 1946-5351  
Volumen 11, No. 6, 2019

Puebla, Puebla, México  
15 y 16 de agosto, 2019  
[www.AcademiaJournals.com](http://www.AcademiaJournals.com)

ACADEMIA JOURNALS



OPUS PRO SCIENTIA ET STUDIUM

# Diseño e implementación de un sistema de sujeción automático como mejora en las líneas de producción de una planta automotriz

<sup>1</sup>R. J. Pineda-Ortiz<sup>1</sup>, M.G. Navarro-Rojero<sup>2</sup>, R. Pérez-Bustamante<sup>3,\*</sup>

**Resumen**—Como uno de los principales sistemas de sujeción, el proceso de atornillado en una línea de producción de componentes automotrices, requiere de especial atención. El torque, la ausencia de tornillos o su alineación en las cavidades, son variables que deben ser cuidadosamente monitoreadas para garantizar la calidad del producto terminado. Dichos productos son manufacturados con geometrías más complejas de acuerdo a las demandas modernas. Estos sistemas de sujeción, requieren de un proceso de atornillado que se lleve a cabo de una manera no convencional a través de parte inferior o contracara de la pieza. Los actuales sistemas para este propósito que se pueden encontrar en el mercado resultan costosos, e involucran tiempos de entrega no permitidos en un sistema de producción constante. Para evitar tales contratiempos se ha propuesto el diseño de un sistema híbrido que contempla la automatización de herramientas manuales a un costo y tiempo de entrega aceptables.

**Palabras clave**— Sistema de sujeción; automatización; sistemas de producción

## Introducción

En un sistema de sujeción intervienen dispositivos que permiten mantener o fijar o unir una pieza a una parte fija o a otra como parte de un sistema más complejo [1]. Los métodos más comunes para este propósito consisten en la utilización de pernos, tuercas, opresores, remaches, cuñas y tornillos. De entre los anteriores el tornillo es un método de sujeción de primordial importancia en la unión de componentes y de amplio uso en la industria automotriz.

El proceso de atornillado es un proceso de ensamble que se usa con frecuencia en la unión de componentes automotrices para fijar diversos elementos dentro de carcasas metálicas o de plástico. Antes de comenzar este proceso, los componentes involucrados deben de ser colocados en la posición correcta; es decir, cada tornillo debe de posicionarse en el orificio correspondiente antes de ser impulsado por el sistema neumático, girar y alcanzar el torque necesario para garantizar el ajuste deseado entre los tornillos y las partes a sujetar [2]. En proceso donde se requiere de alta precisión, este proceso se debe llevar a cabo de tal manera que se evite un estrés excesivo o la fatiga de las partes procesadas. Adicionalmente, en el ensamblaje de productos cuya estética demanda la ausencia de orificios visibles que rompan con la estética del diseño, no es posible procesar las operaciones de atornillado de manera convencional. Este implica, que la implementación de soportes mecánicos que lleguen a producir ralladuras superficiales y por lo tanto surge la necesidad de que el proceso de atornillado se lleve a cabo desde la parte inferior de la pieza para este tipo de componentes; es decir, una operación que inicie desde la parte inferior hacia la parte superior.

Aunque la aplicación de tornillos en el ensamble de componentes se hace en muchos casos de manera manual a través del uso de herramientas eléctricas o neumáticas, el uso de sistemas automáticos es un requerimiento primordial en la industria moderna. La adecuación de sistemas automáticos requiere de estudios de pertinencia y factibilidad, así como de considerar las diferentes opciones que ofrece el mercado en la implementación y puesta en marcha de este tipo de sistemas en una planta industrial [3]. El alto costo de los equipos que ofrece el mercado constituye un obstáculo en su adquisición. Sin embargo, hoy en día el constante crecimiento de la ingeniería mexicana proporciona los conocimientos y la infraestructura necesaria para la implementación de controles automáticos que aceleren y optimicen su uso a una fracción del costo de los equipos que ofrece el mercado internacional [4].

<sup>1</sup> Centro de Tecnología Avanzada A.C., Av. Nudo Servidor Público #165 Col. Anexa al Club de Golf, Las Lomas, 45131 Zapopan, Jal. México

Centro de Tecnología Avanzada A.C., San Agustín del Retablo 150, Constituyentes Fovissste, 76150 Santiago de Querétaro, Qro, México

CONACYT-Corporación Mexicana de Investigación en Materiales S.A. de C.V. Eje 126 no. 225, Zona Industrial del Potosí, San Luis Potosí, S.L.P. CP 78395, México

\*Autor correspondiente: Tel (444) 8 24 03 10 ext. 2712  
raul.perez@ciateq.mx

La automatización de los sistemas de sujeción incrementa la productiva de las plantas, reduciendo las pérdidas ocasionadas por errores de diferente naturaleza y con un beneficio directo al operador, a la línea de producción y por consiguiente a la empresa [5].

Por los motivos anteriores esta investigación comprende la implementación de un sistema automatizado en el proceso de atornillado para el ensamblaje de componentes automotrices. El diseño, construcción e implementación del sistema automático de sujeción es el producto de un análisis exhaustivo de las acciones desarrolladas durante el proceso de atornillado en componentes automotrices, que requieren la sujeción de partes atornilladas sin comprometer la estética de sus componentes.

## 2. Procedimiento experimental

Para la implementación de un sistema automático de sujeción por atornillado se empleó un componente automotriz el cual consiste en un tablero o panel de instrumentos (Fig. 1), cuya posición en el vehículo requiere que las uniones no sean visibles y, por lo tanto, estas deben de ser efectuadas por la parte inferior de la misma pieza.

El conjunto de instrumentos consta de una máscara con dos medidores principales (velocidad y revoluciones por minuto) y dos medidores secundarios (nivel de combustible y temperatura). Los medidores están anidados en los medidores principales; es decir, el nivel de combustible con el velocímetro y el indicador de temperatura con el tacómetro. El tablero de instrumentos cuenta con una pantalla de cristal líquido de matriz activa (TFT-LCD) a color, que muestra información al conductor sobre el sistema de navegación. El sistema de sujeción se concentra en los ocho puntos esquematizados en la Fig. 1 y que comprenden las siguientes partes: 1) Ensamble de la máscara; 2) unidades control electrónico (PCB), motores y LCD y 3) tornillos (proceso de atornillado).

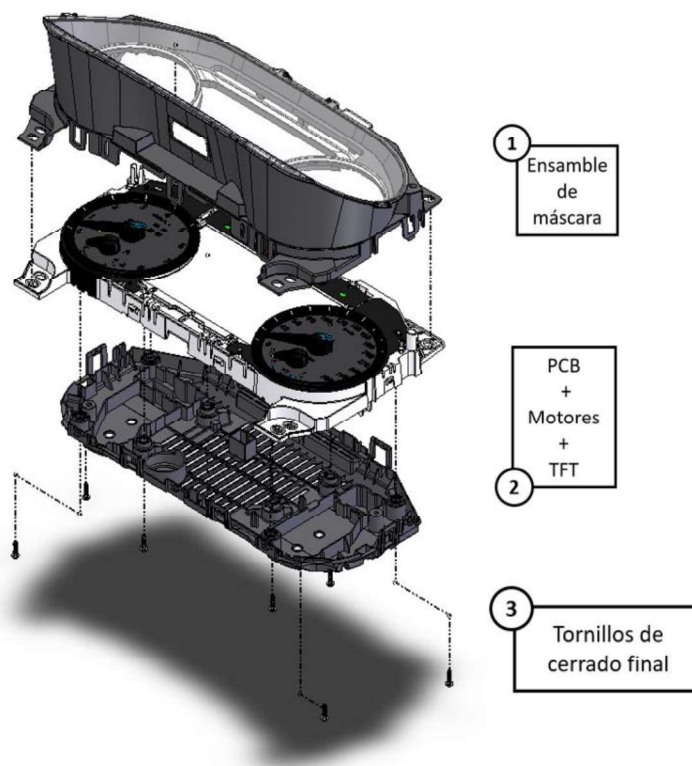


Figura 1. Representación esquemática del sistema de sujeción por atornillado de un panel de instrumentos.

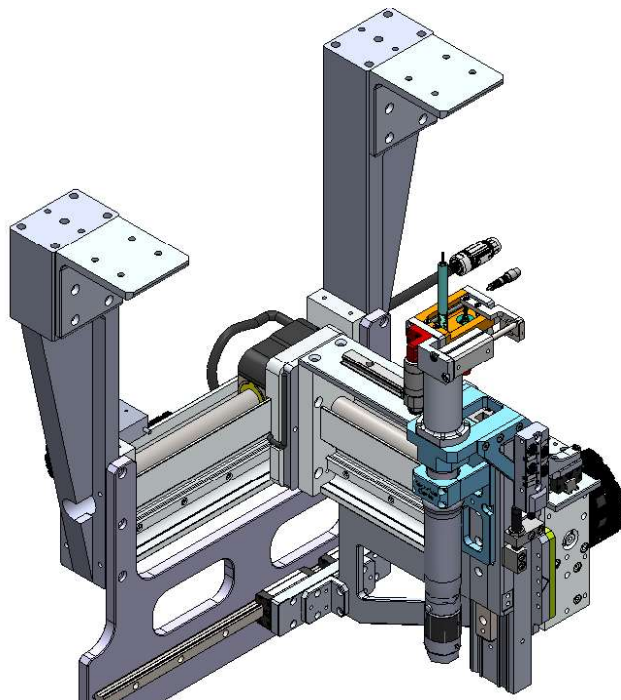


Figura 2. Representación esquemática del sistema de sujeción por atornillado de un panel de instrumentos.

Previamente a la colocación de los tornillos, todos los componentes involucrados en el ensamble deben de ubicarse en la posición correcta, de tal modo que los orificios entre las diferentes partes sean concéntricos.

La implementación del sistema y su automatización requiere en una primera instancia de varias consideraciones que deben de ser cumplidas y que incluyen una velocidad de procesamiento inferior a 45 segundos, la robustez del sistema, minimizar las labores de mantenimiento; es decir evitar el uso de bandas, engranes o tornillos sinfín. Debe además de ser reconfigurable y garantizar una alta repetitividad en posiciones.

Derivado del análisis de las consideraciones anteriores, se diseñó un sistema robusto de elementos con ejes lineales (X, Y, Z) y estatores móviles que permiten ejercer un movimiento con una velocidad máxima de 3 m/s sobre una guía y que incorpora un núcleo magnético. Para el posicionamiento de ocho tornillos se emplearon dos arreglos del sistema antes mencionado (Fig. 2), de tal manera que sea posible procesar cada tornillo por separado.

En el sistema de atornillado se tomó en cuenta el orden de inserción de cada tornillo, el torque y su respectivo ángulo. La Fig.3 muestra la representación esquemática de la secuencia de atornillado para el componente fabricado de plástico, indicado por la letra A seguido de un número que indica el orden de atornillado, mientras que la letra B indica la secuencia respectiva de atornillado en el componente TFT-LCD. La parte A requiere de un torque de 0.4 a 0.8 Nm, mientras que en la parte B el torque requerido es de 0.6 a 1.2 Nm. En ambos el proceso de atornillado se realizó a 600 rpm

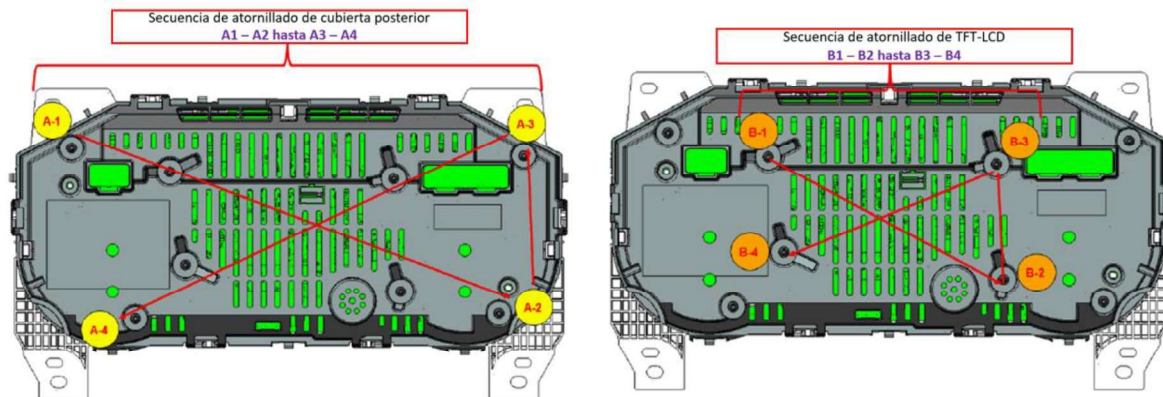


Figura 3. Secuencia de atornillado en la parte A) plástica y B) TFT-LCD.

### Resultados

Las herramientas empeladas en el sistema de automatización fueron evaluadas y analizadas durante la etapa de implementación. Los primeros ajustes arrojaron un torque excesivo en la parte A con un valor que va de 0.8 a 1.2 Nm. Estos valores son indeseados y fuera de las recomendaciones especificadas por el fabricante. Se puede observar que torque excede el recomendado por el fabricante (0.4 a 0.8 Nm), ocasionando la colocación incorrecta de los tornillos. Se llevaron a cabo los ajustes correspondientes en el sistema y se efectuaron 30 pruebas para cada uno de los ocho tornillos. El resultado del análisis estadístico que se presenta en la Fig. 4, para el lado A y B, muestra el torque aplicado en las primeras pruebas después de la implementación del sistema de atornillado.

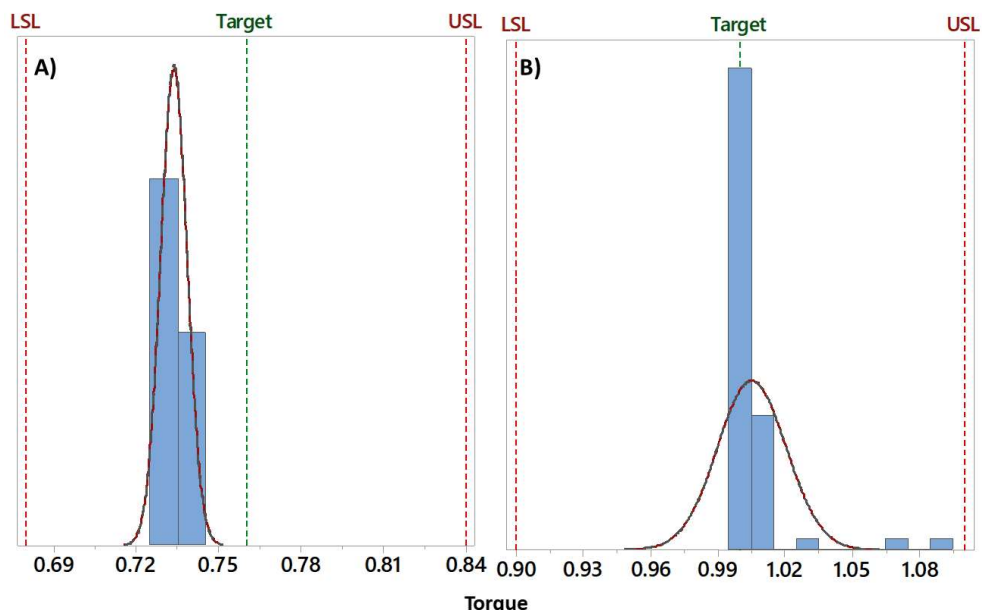


Figura 4. Resultados del análisis estadístico llevado a cabo en los componentes A y B respectivamente.

Como se puede observar, el análisis estadístico del torque aplicado en la pieza A (Fig. 4a), muestra una media de 0.73 Nm, lo que se acerca mucho con las especificaciones sugeridas por el fabricante. Asimismo, para el lado B se obtiene un valor medio de torque de 1.00, el cual también se encuentra en el intervalo sugerido por el fabricante. El resumen de los valores deseados puede observarse en la tabla I.

Tabla I. Valores de torque sugeridos por el desarrollador del producto para los componentes A y B

Valores sugeridos por el desarrollador del producto					
Tipo de tornillo	Programa	Torque Mínimo Nm	Torque Máximo Nm	Valor objetivo	Rpm de la herramienta
<b>Posición A</b>	P1	0.68	0.84	0.76	600
<b>Posición B</b>	P2	0.9	1.1	1	600

## Comentarios finales

Es destacable que la reducción de la dependencia extranjera en la adquisición de dispositivos o herramientas puede llevarse a cabo a través del avance en la ingeniería nacional que permiten la automatización e implementación de equipos en los sistemas de producción actuales. De esta manera en el presente trabajo se llevó a cabo el diseño, desarrollo, fabricación e implementación de un sistema de sujeción automatizado para la aplicación de tornillos en componentes automotrices. El sistema mostró la eficiencia requerida por el fabricante, así como el ajuste correcto de los tornillos con el torque y la velocidad deseadas, a una fracción del costo que presenta un equipo comercial adquirido en el extranjero.

Agradecimientos.

R. J. Pineda-Ortiz, agradece el apoyo otorgado por la empresa para la cual trabaja por el total apoyo para el diseño e implementación del sistema expuesto en este documento.

## Referencias

- [1] M. J. Troughton, «Mechanical Fastening.» de Handbook of Plastics Joining, The Welding Institute, Cambridge, UK, 2009, pp. 75-201.
- [2] P. R.N.Childs, «Fastening and Power Screws.» de Mechanical Design (Second edition), Butterworth-Heinemann, 2003, pp. 251-274.
- [3] K.FeldmannM.Steber, «Screw Fastening in Flexible Automated Assembly with Computer-Integrated Process Control,» CIRP Annals, vol. 41, n° 1, pp. 44-44, 1992.
- [4] J. S. P. C. Gianluca D'Antonio, «A Novel Methodology to Integrate Manufacturing Execution Systems with the Lean Manufacturing Approach,» Procedia Manufacturing, vol. 11, pp. 2243-2251, 2017.
- [5] C. A. LuciaBotti, «Integrating ergonomics and lean manufacturing principles in a hybrid assembly line,» Computers & Industrial Engineering, vol. 111, pp. 481-191, 2017.