

Interface Gráfica Industrial para el Monitoreo de Ensamble de Tornillos

Vargas Soto José Emilio, Tovar Arriaga Saúl, Canchola Magdaleno Sandra,
Gorrostieta Hurtado Efrén y Pedraza Ortega Jesús Carlos.

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Informática.
Campus Juriquilla, Av. de las Ciencias S/N, Juriquilla, Santa Rosa Jáuregui, CP 76230, Querétaro, México
emilio@mecatronica.net

Resumen

El presente trabajo documenta el desarrollo de una interface gráfica requerida por una empresa de la industria de autopartes. Se presenta la problemática existente sobre la calidad de apriete de los tornillos que utiliza dicha empresa para sujetar sus tarjetas electrónicas en los equipos que comercializa. El artículo describe la metodología utilizada para el desarrollo de dicha interface, así como algunos aspectos requeridos por el cliente. Se muestran resultados estadísticos del apriete del tornillo, mismos que permiten garantizar una robustez en el sistema desarrollado. Finalmente, aspectos de mejora y mantenimiento son comentados en el propósito de superar el trabajo realizado en un futuro.

Palabras clave: Interface gráfica, sujeción, tornillos.

1. Introducción

La interacción hombre máquina se basa principalmente en un intercambio de información que permite a ambos actores, máquina y operario, desarrollar una serie de tareas con la seguridad de que dicha información se comparte de forma segura, eficiente y oportuna con el propósito de lograr una tarea exitosa. En éste sentido, la comunicación hombre-máquina se entiende como una disciplina relacionada con el diseño, la implantación y la evaluación de sistemas informáticos interactivos para ser utilizados por personas.

Este proceso de comunicación se basa en la interacción vinculada de forma primaria con los sentidos del humano. Es precisamente por los sentidos que perciben los cambios o estados propios de la máquina o proceso. A través de los sentidos el

humano se da cuenta de los cambios o transiciones que se realizan en la máquina o proceso. Esta información, percibida, es procesada y almacenada en el cerebro del humano. Aún no sabemos a ciencia cierta cómo es que se lleva a cabo este proceso, ya que intervienen millones de neuronas en dicho proceso de procesamiento y almacenamiento de información. Con seguridad, casos similares son recordados y comparados con los hechos actuales que el sistema registra para llevar a cabo una acción. Se sabe que ésta actividad se efectúa en unos cuantos segundos, y como resultado hay una acción que se decide realizar. De esta forma, la acción del humano produce un cambio dirigido en la máquina o proceso, mismo que se realiza a través del sistema de control de la máquina o proceso.



Fig. 1 Elementos de comunicación hombre-máquina.

Como resultado del cambio de estado solicitado por el humano, la máquina o proceso muestra una variación en su estado. La forma en que

el humano percibe el nuevo estado de la máquina o proceso es a través de la interface hombre-máquina. En condiciones convencionales, dicha interface pudiera estar formada por una pantalla en la que se muestran parámetros de operación de la máquina o del proceso (velocidad de producción, no. de piezas, tiempo de operación, etc.). La Fig. 1 muestra los elementos de comunicación hombre-máquina.

2. Trato al cliente.

Dentro de las actividades asociadas al desarrollo del proyecto de ingeniería, por lo general nos abocamos a situaciones técnicas, parámetros de control, tiempos, presupuestos, algoritmos de decisión, planos técnicos, métodos de inspección, etc. Dejando de lado el trato al cliente.

En el contexto de desarrollo de interfaces, el trato al cliente, resulta una etapa crucial de inicio del proyecto, esto a fin de interpretar adecuadamente las necesidades del cliente.

No hay que olvidar que el cliente es la persona más importante del negocio, y que no necesariamente conoce o domina aspectos técnicos asociados al desarrollo de interfaces. Hay que valorar su intervención para favorecer las condiciones que nos permitan "obtener" la información técnica útil al proyecto. Es el cliente quien puede facilitarnos dicha información, sin que necesariamente sea él el que la maneje. En la experiencia de los autores, resulta muy común que el cliente, una vez definido el proyecto desee cambios o modificaciones no previstas en el proyecto inicialmente pactado. Estos cambios o modificaciones pudieran hacernos trabajar más de lo planeado, y solicitar un tiempo de desarrollo mayor. De esta forma, una renegociación nos permite evaluar los cambios y pactar nuevos costos y tiempos.

Finalmente, es de suma importancia mencionar que aspectos de seguridad en la información, confidencialidad y servicio postventa permiten generar una confianza en el trabajo profesional que se ofrece al cliente. Lo cual repercute de forma positiva en lograr una satisfacción de sus necesidades.

Una forma convencional que hace posible controlar el desempeño de un sistema de manufactura es la visualización de los parámetros del proceso a través de un monitor o pantalla de uso rudo. En este proyecto se utilizó una computadora industrial marca Siemens modelo SIMATIC BOX PC, la cual nos permitió desarrollar la aplicación de captura y monitorización de los valores característicos del

proceso, y construir su representación gráfica en cada tarea de sujeción. Se utilizó el lenguaje de programación C para implementar la interface hombre-máquina. La metodología utilizada para el desarrollo del software se ilustra en la Fig. 2.

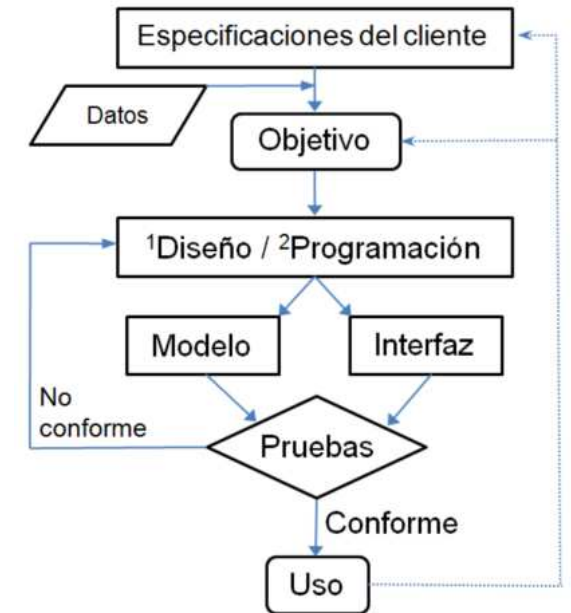


Fig. 2 Metodología de desarrollo de software.

3. Problemas en la sujeción de tarjetas.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto se realizó para una empresa de la industria de autopartes. Dicha empresa se dedica a la fabricación y ensamble de componentes electro-mecánicos utilizados en los vehículos para realizar de forma automática alguna de las siguientes acciones:

- Movimiento de asientos.
- Control de temperatura.
- Movimiento de espejos.
- Iluminación interior y exterior.
- Control de encendido.
- Control de alarma.

Para realizar el control de dichos sistemas, se utilizan tarjetas electrónicas de propósito específico. La sujeción de dichas tarjetas se efectúa mediante tornillos en un chasis que está rígidamente montado en la estructura del vehículo.

De no sujetarse adecuadamente las tarjetas electrónicas, se generan problemas de operación y control en los sistemas antes mencionados. Poniendo en peligro la vida de las personas que se encuentran

en el vehículo. Una sujeción deficiente puede ocasionar incluso rompimiento de las tarjetas ocasionando serios problemas en el auto. Dentro del contexto de trabajo en la industria de autopartes, un vehículo con deficiencias de éste tipo debe ser retirado de operación, revisado y en caso de requerir una nueva tarjeta, realizar el reemplazo. Todas estas acciones llevan consigo costos y penalizaciones muy elevadas que han ocasionado incluso la quiebra de algunos proveedores en dicha industria.

Bajo esta situación, y a fin de conocer y valorar la calidad de sujeción de las tarjetas electrónicas, se efectuaron una serie de visitas en planta, se entrevistaron operarios designados únicamente a la tarea de ensamble de tarjetas electrónicas, se midieron parámetros de operación en sus equipos, parámetros técnicos de los tornillos, así como los tiempos y tareas propias de la sujeción. La siguiente tabla muestra algunos de los principales problemas encontrados, considerando alto o bajo el torque de apriete de los tornillos.

Tabla 1. Problemas asociados al torque.

Tipo de Torque	Problema generado
Torque elevado	1. Esfuerzo excesivo a la compresión en la tarjeta, ocasiona rompimiento. 2. Cabeza del tornillo dañada. Ocasiona problemas de mantenimiento.
Torque bajo	1. Vibración en la tarjeta. Ocasiona mal funcionamiento e inconsistencias. 2. Destornillamiento de tornillos y desprendimiento de la tarjeta. 3. Rompimiento de la tarjeta por microimpactos en las sujeciones.

4. Desarrollo del proyecto.

Una vez evaluadas las condiciones de sujeción de los tornillos, y con el propósito de cubrir las necesidades de trabajo en el tipo de producción en línea. Se determino que las variables a controlar fueran:

- a) Torque de sujeción.
- b) Ángulo de apriete.

Se entiende por torque de sujeción la fuerza por unidad de longitud necesaria para apretar el tornillo en la tarjeta, medida en Newtons por metro. El ángulo de apriete se define como el ángulo de giro del tornillo cuando el tornillo inicia su descenso sobre la espiral de alojamiento del tornillo. Sus unidades son en radianes.

Una vez definidos los parámetros a controlar, se diseño un banco de pruebas que permitió monitorear y controlar estas variables dentro de la línea de producción. La Fig. 3 muestra la metodología utilizada para desarrollar el banco de pruebas.

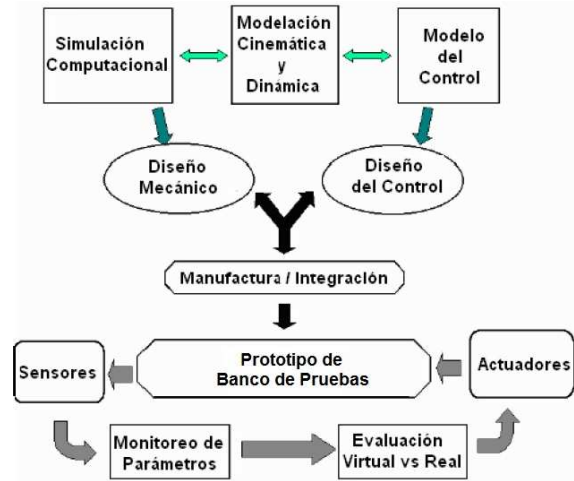


Fig. 3 Metodología de desarrollo del banco de pruebas.

Esta metodología se basa en determinar las ecuaciones de la física que modelan el comportamiento cinemático de los mecanismos de apriete del tornillo, a fin de evaluar la disposición de sus elementos y sus dimensiones. Se obtiene y resuelve el modelo de la cinemático y dinámico en éste caso, ya que hay que controlar el giro de apriete l la aplicación de un torque. Ambos modelos fueron analizados en simulación a fin de asegurar su definición de cambio. De esta forma se evalúan los parámetros cinemáticos y las dimensiones del prototipo, determinando sus características funcionales y dimensiones. El paso siguiente de esta metodología consiste para en diseñar y construir los sistemas que componen dicho banco de pruebas. En esta parte, por lo general, es posible también realizar el diseño del control. Durante la fabricación y ensamble se determinan principalmente la necesidad de efectuar algunos cambios en los diseños originales, por lo que es común modificar algunos parámetros y dimensiones de los componentes del prototipo. Dichos cambios puedes ser ocasionados, entre otros factores por las características de los materiales utilizados, las condiciones de trabajo, la fricción o condiciones inerciales no consideradas en el modelo. Se recomienda, para mejorar los modelos físicos analizar dichos cambios mediante simulación computacional con programas especializados. Así mismo, es importante documentar cualquier cambio

en el prototipo. Una vez lograda la primera versión del prototipo, el siguiente paso de la metodología consiste en evaluar el comportamiento de la máquina y comparar su funcionamiento con los modelos matemáticos. Esta última tarea tiene como finalidad modificar y mejorar los modelos usados para diseñar el prototipo y de esta forma conseguir un mejor entendimiento del comportamiento real que presentan este tipo de máquinas. La Fig. 4 muestra el banco de pruebas realizado mediante ésta metodología.

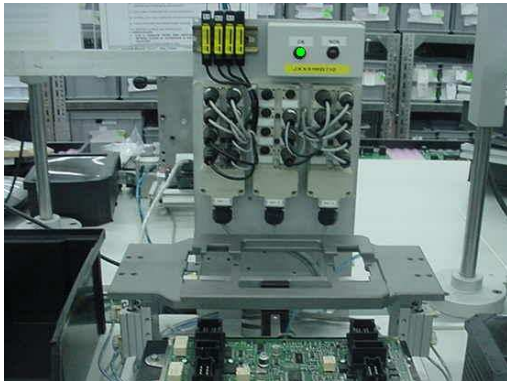


Fig. 4 Banco de pruebas

El modelo utilizado para evaluar el comportamiento del torque en los tornillos se basa en la siguiente ecuación:

$$T = \frac{F_i d_m}{2} \left(\frac{1 + \pi \mu d_m \sec \alpha}{\pi d_m - \mu l \sec \alpha} \right) + \frac{F_i \mu_c d_c}{2} \quad (1)$$

Donde F_i es la fuerza perpendicular aplicada al eje de giro del tornillo, conocida como Fuerza de montaje, d_m es el diámetro medio del perfil de la herramienta de sujeción en la cabeza del tornillo, μ es el coeficiente de fricción entre el diámetro medio de la cabeza del tornillo y el material de alojamiento, para nuestro caso adopta el valor de 0.15 (rosca no lubricada), μ_c es el coeficiente de fricción entre la cuerda del tornillo y su alojamiento, para nuestro caso tomó el valor de 0.1, d_c se define como el diámetro de la cuerda del tornillo, α es el ángulo de apriete medido en radianes, y l es la longitud de una espira.

La determinación del ángulo de apriete se realizó mediante un algoritmo heurístico basado en pruebas experimentales y un análisis estadístico de 320 muestras seleccionadas de forma aleatoria, esto a fin de cubrir las diferentes condiciones de apriete. El valor medio obtenido fue de 24.78 radianes, con un desviación estándar de 1.98 rad.

5. Resultados

El comportamiento del torque bajo condiciones de operación nos permitió identificar tres puntos de interés. 1) Formación de la rosca, 2) Punto de tope, y 3) Torque pico. La Fig. 5 muestra la disposición de estos puntos en una gráfica característica del proceso de sujeción bajo estudio.

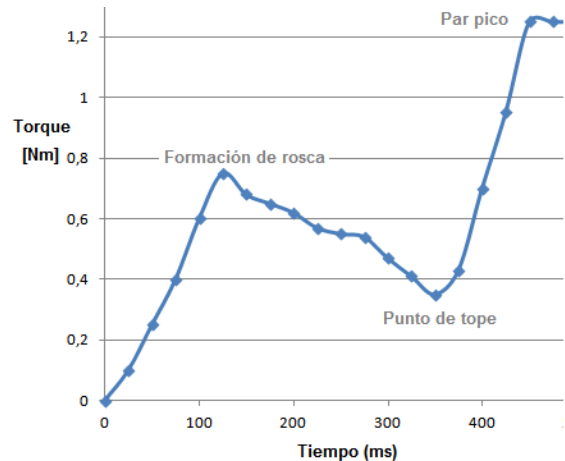


Fig. 5 Gráfica Torque vs tiempo.

Los puntos identificados nos permiten distinguir las etapas de roscado, esto con el propósito de analizar cuantitativamente dichos valores durante el proceso de manufactura, a partir de valores de referencia. La idea es lograr que a lo largo del tiempo de producción de ensamble se repliquen los valores de referencia, lo que trae consigo una uniformidad en el proceso de sujeción dentro de los límites permitidos de producción y calidad.

La Fig. 6 muestra la distribución de frecuencia del Torque o Par obtenido durante las pruebas de caracterización de apriete del tornillo. Se consideró un Par de 1.27 [Nm] como valor representativo referencial.

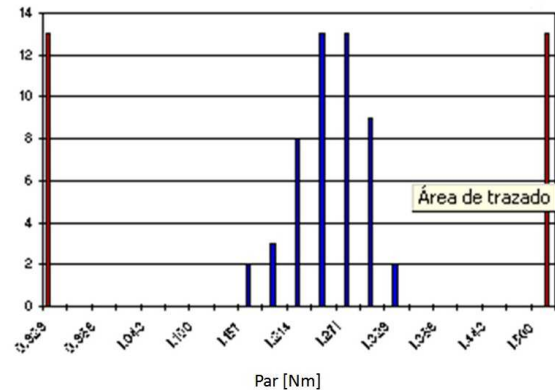


Fig. 6 Distribución de frecuencia del Torque

La Fig. 7 muestra la distribución de frecuencia del ángulo de apriete del tornillo. Se consideró un ángulo de 1402 grados (24.47 rad). Lo que equivale a 3.89 vueltas del tornillo para sujetar adecuadamente la tarjeta.

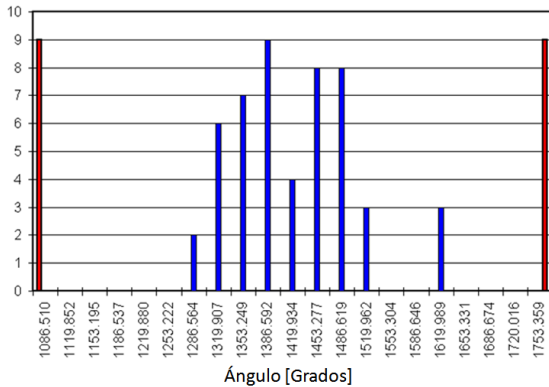


Fig. 7 Distribución de frecuencia del ángulo de apriete.

Los resultados obtenidos en el banco de pruebas nos permitió construir la interface de monitoreo requerida. La Fig. 8 muestra una de las pantallas construidas en tiempo de proceso en línea.

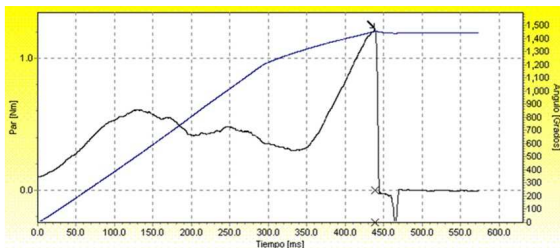


Fig.8 Gráfica construida en tiempo de proceso.

6. Conclusiones.

Se ha descrito un sistema de monitoreo de las variables de apriete de tornillos, en cual consiste en un banco de pruebas y un sistema de control como elementos principales. Los parámetros identificados muestran una consistencia con la calidad de sujeción de tarjetas electrónicas, de acuerdo a las especificaciones del cliente.

El banco de pruebas desarrollado ha mostrado ser efectivo para asegurar la calidad de apriete de los tornillos. En una producción de seis meses no se han registrado quejas de mal funcionamiento de las tarjetas por parte de los clientes de la empresa.

Referencias

- [1] Vargas-Soto E. y Chávez Velázquez R., “Enseñanza de la Administración y Desarrollo de Proyectos Mecatrónicos”, XI Congreso Mexicano de Robótica, Asociación Mexicana de Robótica A.C. – Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Guanajuato. 29 de septiembre al 2 de Octubre 2009.
- [2] Vargas-Soto E. , “Teaching Mechatronics with Real Projects and Integral Vision”, Clute Institute for Academic Research, Proc. of the Teaching and Learning Conference, ISSN 1539-8757, Salzburg, Austria, Junio 23-26, 2008.
- [3] Vargas E., “Metodología en Proyectos Mecatrónicos Industriales”, 1er. Congreso y Taller Internacional de Mecatrónica, Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos y Electricistas A.C., AMIME, Instituto Tecnológico de Mérida, Universidad Autónoma de Yucatán. 12-14 de Mayo 2005. Mérida, Yucatán.