

Diseño de una cámara térmica para el acondicionamiento de las etapas de pintado y secado del proceso de “Chapería” de automóviles

Willy Cahuapaza

ABSTRACT

La creciente demanda de talleres de reparación de automóviles por el crecimiento del parque automotor en el país incrementa la demanda de talleres de reparación con características de que sus procesos de reparación e instalaciones tengan condiciones medioambientales referidos a, temperatura, humedad y polución. En el presente trabajo se presenta una solución para el diseño de una cámara térmica para una cámara de pintado de automóviles en sus dos etapas, la etapa de pintado y la de secado de pintura de automóviles. Así mismo, se presenta un modelo matemático basados en las reglas de Ziegler-Nichols de sintonización para hallar los parámetros PID del controlador. También se realiza un esquema gráfico para la visualización de la evolución de la temperatura en dicha cámara denominada HMI, con la cual se puede evaluar el comportamiento de la planta.

Keywords – HMI, PLC, pintado y secado, control, cámara térmica.

I. INTRODUCCIÓN

Los países con niveles de desarrollo crecientes, tienen conductas de consumo bastante marcadas, pues cuando en éstos la sociedad adquiere algún tipo de bien, éste será rápidamente sustituido si presenta algún defecto en su funcionamiento, o si el mismo sufre algún siniestro. Esta sustitución o reemplazo se da bien por el propio proveedor/fabricante, por el seguro de protección, o por decisión del consumidor.

Esa situación es un tanto distinta en países en los que los ciclos de reposición de bienes, toma un periodo mayor al de su vida útil. Lo cual regularmente se presenta por los niveles adquisitivos que existentes en estos países. No obstante, si bien parece una desventaja para el productor de bienes, en el entendido de que sus productos recientemente fabricados no se comercializaran de manera inmediata, también se convierte en una oportunidad

que permite explotar nichos de mercado para la reparación de bienes, lo cual obliga a los interesados en explorar estos nichos, a agudizar la inventiva para extender la vida útil de un bien. Un ejemplo es el caso de la reparación de vehículos o automóviles siniestrados, donde uno de los trabajos que se debe realizar es la refacción total o parcial de la chapa de la carrocería del vehículo, para lograr que éste en principio quede en condiciones presentables, en cuanto a estructura, forma, colores y textura.

La reparación de vehículos siniestrados ha logrado una evolución trascendental, se cuentan con herramientas de alta tecnología, que son capaces de realizar este tipo de operaciones con una exactitud y velocidad sorprendentes, no obstante las inversiones que se deben realizar para disponer de ellas es alta, por lo que se convierte en un obstáculo económico para quienes, con la experiencia suficiente en reparación, pretenden incursionar en los nichos de mercado antes mencionados.

Bolivia, no es un país que fabrique vehículos o automóviles, simplemente los importa a través de empresas representantes especializados o por comerciantes dedicados al rubro automotor, importando vehículos nuevos para todo tipo de exigencia, hasta vehículos usados en las últimas décadas. Esto ha llevado a que el parque automotor en el país, tenga unos ciclos de vida tan variables, donde los vehículos llegan incluso a circular con más de veinte años.

Empresas bolivianas como TOYOSA, OVANDO, IM-CRUZ y otras, han dispuesto talleres dedicados al servicio postventa, que si bien atienden todo tipo de vehículos, tienen mayor preferencia por aquellos que importan. Entre los trabajos de mantenimiento que realizan, también se encuentran los de reparación, como la chapería de carrocerías; para ello han implementado en varios de los casos “hornos de secado” desde los más elementales hasta algunos sofisticados, pero a saber ninguno de éstos implementó un sistema de acondicionamiento para el proceso de pintado, aspecto que se pretende plantear y abordar en este proyecto.

II. SITUACIÓN ACTUAL Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El parque automotor existente en Bolivia, incrementa la demanda por talleres dedicados a la reparación de todo tipo de vehículos, especialmente los llamados “transformados” (usados y no homologados de fábrica para Bolivia). Es así que hoy se observa que existe una gran cantidad de talleres en La Paz, donde se desempeña el oficio específico de la chapería. No obstante estos talleres, un tanto más artesanales, presentan el inconveniente de no contar con equipamiento y herramientas adecuadas o suficientes, y menos de garantizar condiciones mínimas de seguridad para los pintores, o de calidad del pintado.

En la actualidad lo que se observa en los talleres bolivianos, es que, desde el momento que se realizan los preparativos para el pintado hasta su misma finalización, el obrero es el encargado de cubrir con las capas de pintura la carrocería del automóvil, en una dosis previamente establecida y recomendada. Este proceso está constantemente sometido a las condiciones medioambientales de los rayos solares, sombras, temperatura, humedad y polución; aspectos que deben ser considerados y verificados previo a iniciar el proceso de pintado y en estricta sujeción a las condiciones de aplicabilidad del tipo de pintura empleada. Por tanto, el proceso de pintado solo se podría realizar cuando se cumplen las condiciones ambientales adecuadas, suficientes y necesarias.

Lo anterior se constituye en un problema, especialmente para aquellos talleres que no reúnen las características adecuadas para el pintado. Los efectos que se generan por los cambios climáticos y atmosféricos, dejan daños en la pintura fresca. Por ejemplo, la exposición a altas temperaturas causan ampollas en la pintura, la exposición al frío y humedad causan que se “escarche” la pintura, o la polución (polvo en suspensión) causan manchas en la pintura y cambios en los colores. Estos daños, tienen otro tipo de inconvenientes que se traducen en pérdidas económicas, y una frecuente exposición del pintor a gases tóxicos, causando un daño a su salud.

Por otra parte, por las características de la economía boliviana, se hace necesario mejorar las condiciones de estas fuentes de trabajo, lo cual a su vez podrá redundar en lograr adecuados rendimientos económicos, pues el mejorar las condiciones y resultados del proceso de pintado (Calidad del trabajo, Puntualidad en la entrega, Buen trato al cliente, y precios adecuados), permitirán adquirir prestigio en las prestaciones de servicio de estos talleres, y ello los mantendría activos por largo tiempo.

III. OBJETIVO

Diseñar una cámara térmica de acondicionamiento para las etapas de pintado y secado de carrocerías de automóviles, controlando la temperatura de aire al interior del ambiente de pintado y secado.

Para alcanzar el objetivo será necesario:

- Identificar las etapas de elaboración involucradas en el proceso de chapería, considerando las condiciones que debe reunir para un adecuado pintado y secado.
- Evaluar los requerimientos para el desarrollo del sistema de acondicionamiento para las etapas de pintado y secado.
- Desarrollar el modelo matemático necesario del proceso y carga, mediante técnicas de identificación de sistemas.
- Diseñar el o los sistemas de control necesarios, basado en técnicas de sintonización de parámetros para el controlador con las reglas de Zeigler-Nichols para un controlador PID, y/o los sistemas de control moderno como en el espacio de estados (EE).
- Realizar la elaboración de un HMI para realizar el monitoreo de la evolución de sistema.
- Realizar la integración de los distintos componentes del sistema (acondicionador, prototipo, actuador, HMI), para poder evaluar su comportamiento mediante simulación en una herramienta como Matlab o Labview.

IV. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de este sistema permite controlar la temperatura y detener la polución en el interior del ambiente, logrando establecer las condiciones necesarias para llevar a cabo estas etapas; aspecto que no se lograría si se mantienen las condiciones actuales de trabajo.

La modernización de estos procesos permitirá que el flujo de operaciones existentes en los talleres, sea realizado en un tiempo menor, optimizando no solo la calidad del trabajo sino el tiempo de elaboración.

La ejecución de este proyecto permitiría establecer las principales nociones de operatividad de los procesos mencionados, logrando de esta manera servir como fuente de información necesaria para una futura reestructuración o mejora del mismo.

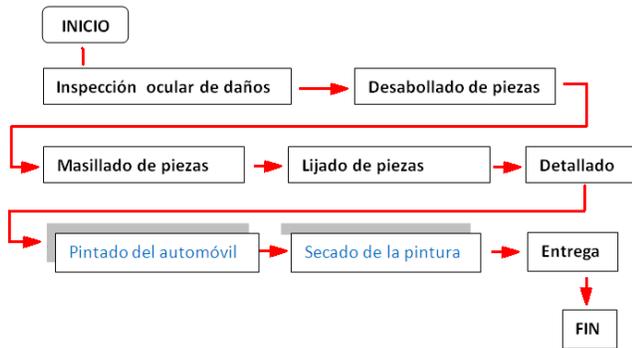
La planificación y/o ejecución de este proyecto presentaría a largo plazo la generación de fuentes de empleo necesarias en nuestra sociedad.

V. ALCANCES Y LIMITACIONES

El sistema tendría la misión de reunir las condiciones adecuadas de humedad y temperatura que se necesitan para llevar a cabo su ejecución de manera completa, sin que el obrero tenga que preocuparse por los cambios de temperatura externas que se podrían presentar.

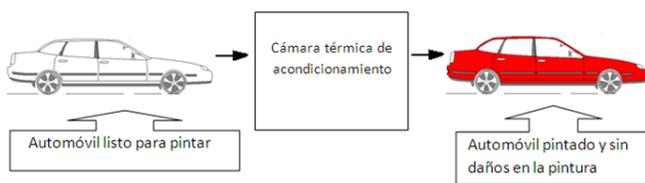
- El sistema no tendrá la capacidad de identificar el tipo de automóvil a pintar y estará limitado únicamente a movibilidades de pequeñas dimensiones como: vagonetas, taxis y pequeñas camionetas.

- Se aplicaran tecnologías conocidas del mercado local, las cuales permitirán controlar las variables del acondicionamiento para el proceso de pintado y secado.
- El sistema controlado, presentara una ventilación adecuada, esto permitirá extraer los gases tóxicos que se generan y desprenden en el momento del pintado.
- El proceso de secado tendrá una duración específica controlada por un contador automático en donde el operador se encargara solo de dar inicio al proceso de secado.



VI. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Debido a que un proceso de esta naturaleza tiene unas características muy peculiares, éstas se han esquematizado en la figura adjunta



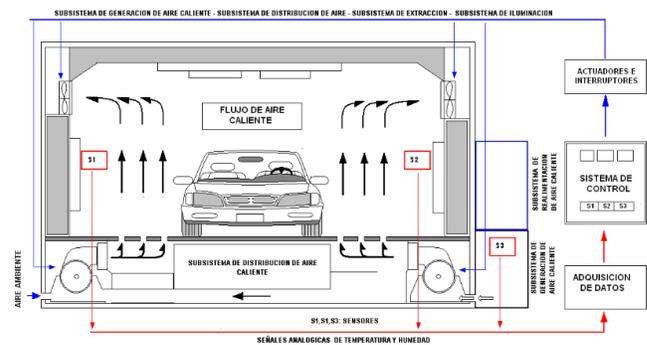
Para este tipo de plantas se realizara una identificación clásica utilizando el escalón como señal de prueba que nos dará como resultado la obtención de modelos sencillos suficientemente exactos, basado en la técnica de obtención de modelos de Zeigler-Nichols.

La previsión de solución es, lograr reunir las condiciones adecuadas y recomendadas, de temperatura y flujo de aire (ventilación), necesarias para llevar a cabo las etapas de pintado y secado, dentro de una cámara que optimice las mejores condiciones para el pintado, logrando de esta manera optimizar el trabajo, en tiempo, calidad y costo.

Como parte del procedimiento se estima, que el flujo de trabajo sea el siguiente: En el momento en que el obrero se prepara a pintar, el sistema de control se inicializará con la activación manual que genere las condiciones necesarias de pintado; entonces, el sistema de control dará una señal al pintor para que éste pueda pintar de manera

inmediata. Luego el sistema activara un módulo de extracción de gases, encargado de extraer gases y residuos aero pulverizados de pintura, que se generan y ‘desprenden’ al momento en que se lleva a cabo las acciones de pintado.

Una vez concluida la fase del proceso de pintado, el pintor abandonara la sala de pintado y se dará inicio de manera inmediata a la etapa de secado de pintura dentro del proceso. Activando manualmente, el sistema se encargara de aislar la sala de pintado y de generar las condiciones adecuadas para el secado en un tiempo establecido. De esa forma se pretende liberar la presencia de cualquier partícula que pudiera adherirse a la pintura. Finalmente, respecto a la duración del secado, el sistema se encargaria de dar una señal de acabado, que permitiría extraer el vehículo de la sala para su posterior armado, corrección y limpieza de partes o secciones que se hayan pintado de manera involuntaria.



El sistema de control planteado para este proceso está basado en las reglas de Zeigler-Nichols, que nos presenta la siguiente figura:

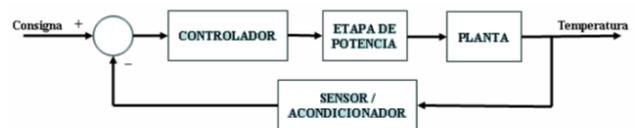


Figura 1: Estructura del sistema

A continuación se procede a la identificación de la planta. Debido a que un sistema térmico tiene respuesta monótona creciente similar a un sistema de primer orden, bastará con introducir un escalón a la planta y observar la respuesta, a partir de la cual se deducirán los parámetros necesarios para realizar la sintonización del controlador.

De acuerdo a las reglas de Ziegler-Nichols el tipo de la planta corresponde a un sistema de primer orden con o sin retardo. El modelo de primer orden se puede utilizar en procesos simples o en otros más complejos si no se requiere mucha exactitud.

Para la planta térmica propuesta éste vendría a ser uno de los posibles modelos elegidos, puesto que como

se sabe los sistemas térmicos tienden a ofrecer una respuesta monótona creciente sin oscilaciones. La expresión matemática para este tipo de modelo es:

$$G(s) = \frac{K \cdot e^{-t_d s}}{\tau \cdot s + 1}$$

En la ecuación, K es la ganancia del proceso, t_d el tiempo de retardo y τ es la constante de tiempo. Dichos parámetros se obtienen de la respuesta obtenida en el proceso de identificación ante la entrada en escalón.

Tanto el proceso de identificación como las simulaciones en tiempo real, para crear un prototipo rápido, se realizarán desde Simulink utilizando el toolbox de MATLAB. Con la que podemos crear un HMI en Labview y acceder al exterior en tiempo real para realizar las simulaciones con la planta disponible físicamente. Para ello es necesario disponer de una etapa de adquisición de datos, ver figura siguiente.

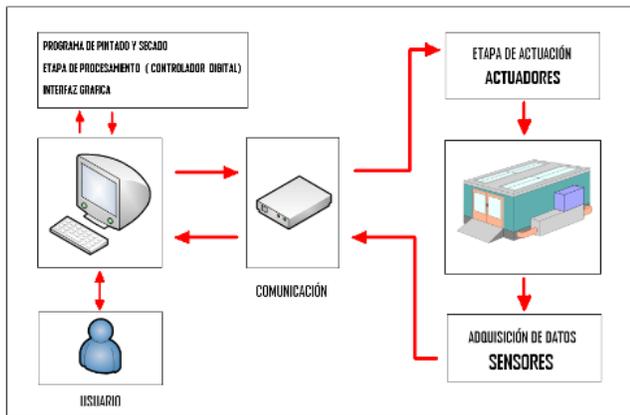


Figura 2: Arquitectura para la identificación y simulación

Consecuentemente, la 'cámara' de pintado presentaría los siguientes subsistemas para su funcionamiento cuyas características son:

- Cámara amplia, donde el operador (pintor) pueda desenvolverse, en su oficio, sin ningún problema.
- Equipada con sensores, que darán información en tiempo real al sistema para que pueda actuar inmediatamente y logre reunir las condiciones deseadas.
- Tendrá un módulo de ventilación y de extracción de aire, para enfriar y extraer las partículas y gases respectivamente. Este módulo de ventilación podría conectarse al sistema de acondicionamiento.
- Tendrá un subsistema de calentamiento generado por reflectores de luz y la combustión de gas: Es parte del sistema y corresponde al módulo previamente socializado.
- Presentará un subsistema de distribución de aire

caliente, la cual permitirá distribuir el aire generado por él.

Las temperaturas que serán consideradas, tanto en el pintado como en el secado, corresponden a rangos diferenciados.

Para una mejor comprensión de cada uno de los subsistemas que conforman parte de la cámara térmica, se describe a continuación.

- Subsistema de generación de aire caliente.
- Subsistema de distribución de aire.
- Subsistema de extracción de aire e impurezas.
- Subsistema de realimentación de aire caliente.
- Subsistema de iluminación.

VII. SUBSISTEMAS

A. Subsistema de generación de aire caliente

Este subsistema se encarga la generación de aire caliente, que no es más que un generador de calor, es el principal encargado de suministrar aire caliente, para lograr de esta manera elevar la temperatura en el interior de la cámara. Este subsistema trabaja de manera constante tanto en la etapa de pintado como en la de secado elevando la temperatura.

B. Subsistema de distribución de aire.

Tiene por la finalidad, la distribución del aire caliente en el interior de la cámara. Extrae el aire caliente del subsistema de generación de aire caliente y la distribuye de manera uniforme. Asimismo, recolecta el aire que está en el exterior de la cámara, esto para una renovación constante de aire cuando se lleve a cabo la etapa de pintado.

Está constituido por una red de tubos y extractores de aire, los cuales están en el interior de la base de la cámara y distribuidas de tal manera que el aire pueda distribuirse uniformemente en el interior.

C. Subsistema de extracción de aire e impurezas

Este subsistema esencialmente trabaja, cuando se está llevando a cabo la etapa de pintado. Su principal propósito es de extraer aire y los gases no deseados que se generan en el momento de pintar. Está constituido por un ventilador y ductos que desarrollan esta labor y está localizada en la parte superior de la cámara, esto principalmente debido a que estos gases tienden a elevarse y por tanto los extractores podrán expulsar hacia el exterior sin muchos inconvenientes.

Este tipo de ventilación es denominada también como ventilación centralizada ya que los ductos están direccionados a un ventilador central por la cual se expulsan los gases y el aire viciado.

El funcionamiento de este sistema es la combinación de dos tipos de ventilación, ventilación por sobrepresión y ventilación por depresión.

D. Subsistema de realimentación de aire

La tarea principal de este pequeño subsistema es realimentar el aire localizada en el interior de la cámara hasta el subsistema de generación de aire caliente, y a su vez este vuelva a calentarla y pueda ser distribuida nuevamente a través de los ductos localizados en el interior de la base de la cámara. Esto principalmente para un veloz incremento de la temperatura en el interior de la cámara.

Este subsistema esencialmente trabaja, cuando se lleva a cabo en la etapa de secado de la pintura fresca aplicada sobre la superficie del automóvil.

E. Subsistema de iluminación

Es el encargado de la iluminación en el interior de la cámara. Este subsistema proporciona toda la iluminación necesaria cuando ya no este presente la luz natural. Está compuesto por una serie de luces Fluorescentes, las cuales son muy adecuadas para este propósito donde permite el ahorro de energía.

F. Sistema de control

El sistema de control es el encargado de regular la temperatura en el interior de la cámara térmica. Los sensores instalados en la cámara permite dar la información de la evolución de la temperatura, estas señales que son de origen analógico son capturadas y convertidos a señales digitales que posteriormente son procesadas por el algoritmo de control que a su vez son monitoreadas por medio de una HMI (human Machine Interface) por el administrador del sistema.

En función a los datos obtenidos y el sistema de control se hace la activación de los actuadores tales como (ventiladores, extractores, y demás componentes) que conforman los diferentes subsistemas de la cámara.

El sistema de control está conformado por una etapa de adquisición y conversión a señales digitales y una etapa de acondicionamiento de la señal para su posterior tratamiento, a su vez está conformado por una etapa de potencia para tener control de los actuadores.

G. Representación Del HMI

Es importante mencionar que el uso de un HMI (Human Machine Interface), ayudara a realizar un monitoreo del sistema de manera eficaz ya que se podrá notar la actividad de cada etapa del sistema. Para ello se plantea un modelo elaborado en Labview que permita al administrador observar el comportamiento. El HMI en primera instancia está representado en la figura 3.

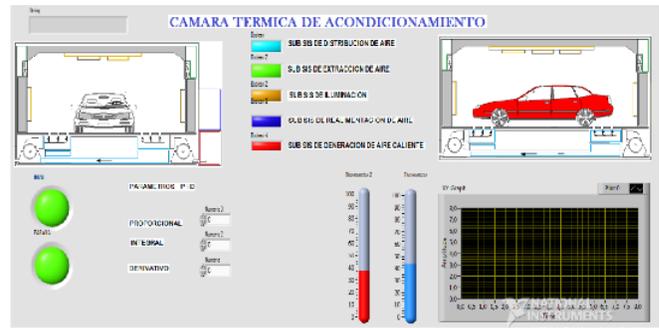


Figura 3: HMI (Human machine interface)

REFERENCIAS

- [1] Daniel Marcos Calderon Estrada. "Control automático para la caldera de vapor piro tubular de la embotelladora y gaseosas y alimentos LUX FGAL". 2009. 185 págs.
- [2] Werner G. Holsbock. *Instrumentos para medición y control*. México continental, 1974.
- [3] Jose Santos Horta. *Tecnicas de automatización industrial, control automático cibernética*. Mexico, 1982. 300 págs.
- [4] Frank Kreit. *Transmisión de calor por radiación, para el diseño de naves espaciales y plantas de fuerza solar*. Mexico, 1965. 997 págs.
- [5] P. Laplante. *Real-Time Systems: Design And Analysis, An engineer 's handbook*". IEEE Press, 1993.
- [6] Wrangel Suares Meguillanes. "Diseño de un sistema de control para el secado de granos de cacao". 2008. 135 págs.
- [7] Katsuhiko Ogata. *Ingeniería de control moderna*. 3.^a ed. 1997. 997 págs.
- [8] Katsuhiko Ogata. *Problemas de ingeniería de control, utilizando Matlab*. Madrid, España: Prentice Hall, 1997. 359 págs.
- [9] Siemens. *SIMATIC S7-200 y LOGO*. 2003.
- [10] Siemens, ed. *Catalogo, Productos eléctricos*. 2006.