

Rediseño de una Celda de Inspección de Tablillas Electrónicas con un Sistema de Visión Integrado

Edgar Daniel Martínez Alcalá¹, Dr. Luis Carlos Méndez González²,
Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón³ y MC. Abel Eduardo Quezada Carreón⁴

Resumen—Se realizó un rediseño de una celda de inspección de tablillas, con el objetivo de mejorar el diseño previo, optimizarlo e implementar mejoras para la funcionalidad en un ambiente industrial. El proyecto mecatrónico contaba con un sistema de visión para detección de tablillas, se implementó una línea de transporte de tablillas, sensor de presencia para automatizar la estación, un sensor para la puerta tanto para seguridad como parte de la secuencia, un reacondicionamiento de las partes tanto eléctricas como mecánicas buscando su mayor eficiencia, se redujeron tamaños iniciales de estructura y respetando el propósito de la estación que es el detectar problemáticas en la tablilla electrónica. Como resultado final se obtiene un diseño óptimo en espacio, incluyendo cadena de transporte, automatizada y lista para realizarse el prototipo e implementación en un ambiente industrial.

Palabras clave—rediseño, automatización, visión, optimización, CAD.

Introducción

La ingeniería mecatrónica otorga una integración e interrelación de disciplinas para propiciar la optimización de un producto o proceso industrial: al combinar y potenciar los conocimientos del diseño (Niño & Paola, 2003) logramos obtener resultados en la aplicación directa de estos conocimientos, teniendo un mayor impacto en la implementación del diseño en cualquier área y teniendo una flexibilidad de realización de trabajo, lo que da finalmente se traduce en un mayor aprovechamiento económico del prototipo.

El constante diseño buscando optimizar estaciones de trabajo, es una parte importante dentro de toda empresa pues el hecho de actualizar los procesos buscando reducir costos, disminuir tiempos de fabricación o de inspección y así mismo obtener un producto con alta calidad es el eje de toda empresa. Por ello los sistemas de visión han sido implementados en la industria pues ayudan a disminuir errores humanos y aumentar la producción, más sin embargo el diseño industrial de este debe ser óptimo para que todo el proceso pueda realizarse de manera eficiente. El diseño industrial tiene dos repercusiones fundamentales: en primer lugar, incrementa la competitividad de las empresas, en segundo lugar, facilita la calidad de vida de las personas (Montaña & Moll, 2001).

Un sistema de visión es un sistema autónomo que hace las veces en algunas de las tareas del sistema de visión humano. El conjunto de tareas o información que un sistema de visión artificial puede llegar a realizar o extraer van desde una detección de objetos en una imagen hasta la interpretación tridimensional de escenas complicadas (Muñoz, 2014), dentro de las ventajas que hay de estos sistemas son: alta calidad, aumento de la producción, reducción de costos, reducción de errores humanos y una implementación sobre la banda de ensamble.

Ahora bien, lo anterior tiene forma en el punto de optimización que es la búsqueda del camino correcto o ideal para realizar la actividad de diseño. El fin de este campo es conseguir un proceso igual o más eficiente mediante la reducción en la utilización de recursos (Iserte et al., 2012), o darle un sentido útil para una acción determinada buscando la reducción de errores. Así mismo, dentro de la optimización esta la flexibilidad del diseño para poder adaptarse a diferentes problemáticas es fue la principal justificación y punto de realización de un rediseño, pues las necesidades tanto a nivel tecnológico como productivo eran mayores (mayor número de inspecciones con alta calidad).

La iluminación es otro punto clave a la hora de hablar de un sistema de visión pues permite que el sistema realice su tarea exitosamente, dependiendo la aplicación se busca dar mayor contraste en la geometría de la pieza o visualizar texturas (Ortiz et al., 2013). Las problemáticas que puede resolver la estación se amplían por medio de esta propuesta (detección de múltiples modos de fallas por medio de la iluminación) donde se implementó la iluminación movible para un sistema de visión.

Dentro del diseño también se contempla la ergonomía que es la ciencia que se ocupa del estudio del ser humano

¹ Edgar Daniel Martínez Alcalá alumno de la carrera de ingeniería en mecatrónica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. al189232@alumnos.uacj.mx

² Dr. Luis Carlos Méndez González profesor de tiempo completo e investigador del Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. luis.mendez@uacj.mx

³ Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón profesor de tiempo completo e investigador del Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. luis.picon@uacj.mx

⁴ MC. Abel Eduardo Quezada Carreón profesor de tiempo completo e investigador del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. abquezad@uacj.mx

y su adecuación al medio de trabajo. Para ello trata de mejorar la productividad y aumentar el rendimiento del individuo incrementando su comodidad (Iserte et al., 2012), para esto hay que recurrir a otro concepto clave que es la automatización que es la presencia de sistemas automáticos de dirección en los procesos tecnológicos que aseguran su optimización sin la intervención directa del hombre. La producción adquiere así el aspecto de un ciclo automático que puede reestructurarse con rapidez y eficiencia (Córdova, 2006). La automatización tiene un efecto directo en la complejidad de la operación y comodidad del operario de la máquina, pues la intervención humana se reduce.

Así mismo, para lograr ejecutar estas implementaciones debemos volver a un concepto que se aborta en el artículo que es una propuesta elaborada en un diseño CAD (Diseño asistido por computadora), y este tiene un objetivo principal de análisis, es decir, una técnica para crear un modelo del comportamiento de un producto aun antes de que se haya construido (Rojas & Rojas, 2006). Lo anterior logra una seguridad en el funcionamiento de la estación, una fácil visualización de la integración del sistema mecatrónico y una validación de las necesidades del producto, comprobamos que podamos satisfacer las necesidades y damos seguridad de realización a nuestra implementación.

Metodología

Primeramente, se analizó el funcionamiento principal de la estación que justamente era que por medio de un sistema de visión pudiera detectar alguna problemática o errores de ensamble en la tablilla, una vez entendido el funcionamiento pasamos a las necesidades de la estación referente a su uso, es decir, tenía algunas deficiencias a la hora de su utilización en una implementación industrial, de esto parte la idea del rediseño. Utilizando un software de diseño 3D (CAD) como lo es SOLIDWORKS, entonces en base a sus números de parte de diseñan todos los componentes que se requieren uno por uno de manera independiente tal como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Diseños independientes de la celda de inspección.

Posteriormente, se prosiguió con la unión y el acomodo, del diseño final de la celda de inspección contemplando las necesidades de implementación, tal como lo es el caso de la iluminación movable para el sistema de visión obteniendo así una mejor ampliación de los modos de falla que podemos detectar, así mismo, un reacomodo de los dispositivos, un interlock en la puerta para mejorar el seguimiento de piezas rechazadas, un sensor de presencia de tablilla, una cadena transportadora de tablillas y una reducción del tamaño final de la estructura. Tal como se muestra en la Figura 2, el producto final tiene un enfoque de diseño industrializado, la celda está pensando en una programación donde la intervención humana esta reducida a solamente donde la pieza rechazada tiene que sacarse y disponerse de manera distinta, de ahí a más, el sistema es automático y automatizado, es decir está orientado a reducir costos de operación y aumentar ganancias de implementación y de trabajo (productividad).

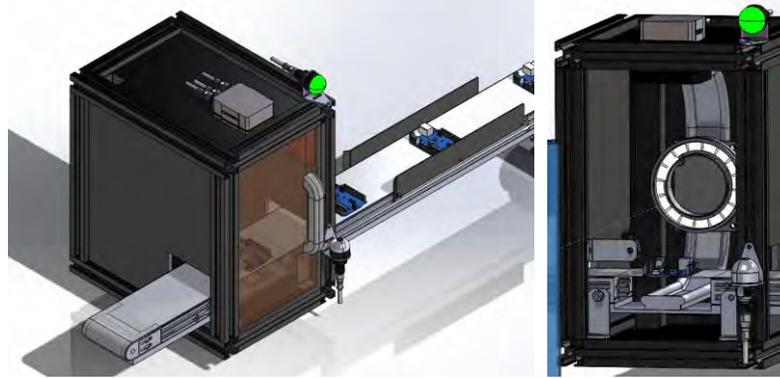


Figura 2. Rediseño de la celda de inspección.

Ahora bien, otro punto de validación de nuestro rediseño es la realización de la simulación de la circuitería en el área de conexiones de la estación, teniendo en cuenta las nuevas implementaciones de sensores y demás componentes. Tal como podemos visualizar en la Figura 3, aprovechando las conexiones existentes y las entradas y salidas libres dentro del controlador, podemos acoplar los dispositivos que agregamos para el control de este de manera que no afecta a la hora de ensamblar en un costo mayor respecto a la necesidad de tener más entradas y/o salidas.

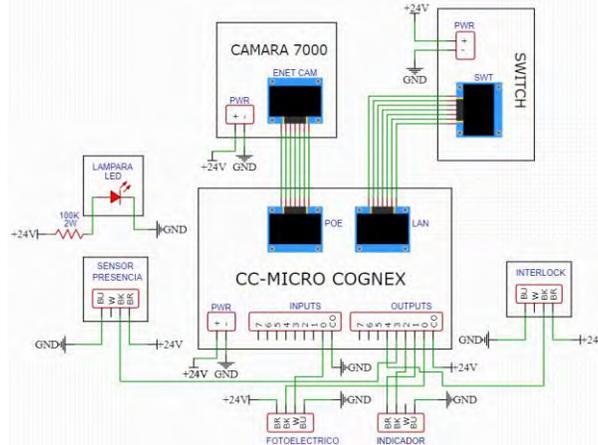


Figura 3. Diseño de conexiones.

Otro punto de interés es visualizar los cambios que tuvo la estación respecto a la original así podemos visualizarlo en la Figura 4, donde se muestra la construcción del hardware del diseño original, este tenía unas medidas de largo, ancho y alto de 340mm, 280mm y 370mm en estructura, para evitar el gran espacio inutilizado que teníamos con el anterior diseño se decidió reducirlas a 327mm, 234mm y 360mm correspondientemente a una reducción de más del 20% de espacio, así mismo, se visualiza el anterior reacomodo de dispositivos.



Figura 4. Vistas del diseño original de la celda de inspección.

Dentro del rediseño se trabajó también con el tema de la reducción de costos, se mencionarán los materiales necesarios para la reconstrucción de la estación así como sus costos: tubo de aluminio, lamina de lexan, sensor óptico (K50APFF50GXD), indicador led (K30LGRYPQ), fuente de voltaje DC 24V-5A (S8VK-G24024), un switch de ethernet (ESW105), una luz CSS (LDR2-70RD2), una cámara COGNEX (821-0084-41R B), sensor de presencia (E3Z-T61 2M), modulo CIO-MICRO COGNEX, un sistema de guías curvas Drylin y un interlock (XCSDMP7905). La celda tiene un costo total de 2327 dólares incluyendo lo necesario para el rediseño e incluyendo la reducción de tamaños la estación los precios mencionados son respecto a precios comerciales de los sitios web oficiales de distribución y creación de los dispositivos y lo podemos visualizar en el Cuadro 1.

Material	Costo comercial (dólares)
K50APFF50GXD	\$8.83
K30LGRYPQ	\$4.00
S8VK-G24024	\$223.07
E3Z-T61 2M	\$107.3
ESW105	\$113
LDR2-70RD2	\$529
821-0084-41R B	\$660
XCSDMP7905	\$186.2
Modulo CIO-MICRO COGNEX	\$277
Tubo aluminio	\$29.79
Drylin	\$57
Placa lexan 24x48	\$131
Total:	\$2327

Cuadro 1. Costo de los componentes de la estación.

Tal como podemos ver en la estación diseñada en la Figura 4 la falta de ergonomía, de automatización y de implementación de detección de varios modos de falla por medio de tipos de iluminación, son las principales problemáticas, pues podemos visualizar que no cuenta con una posible implementación de una línea transportadora de tablillas, sensores de detección, el sensor óptico esta mal posicionado, el operario debe abrir por pieza la estación para cambiar de tablilla, la luz esta empotrada en la parte derecha de la estación lo que solamente podemos visualizar este modo de falla en la tablilla, en cambio en el diseño propuesto esta la iluminación movible tal como se explica en la Figura 5, dentro de nuestro diseño tenemos diferentes tipos de iluminación lo que nos da una ventaja a la hora de exponer la tablilla a la luz para la detección de diferentes componentes, orificios, malformaciones, etc.

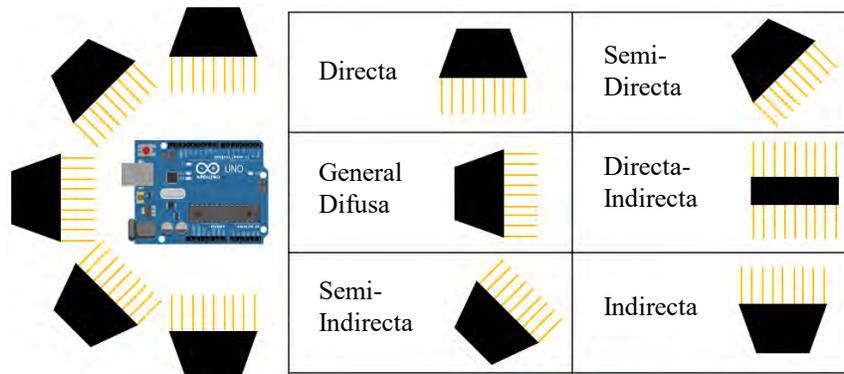


Figura 5. Tipos de iluminación.

Resultados

El sistema rediseñado visualizado en la Figura 6 tiene un enfoque ergonómico, automatizado, flexible e industrial, ofrece una nueva alternativa para el diseño original, el sistema simulado ofrece mejores resultados en tiempo de ciclo por pieza, una ergonomía en el posicionamiento de los sensores, una detección automatizada de piezas y un ciclo automatizado, contiene una banda transportadora para mayor volumen, cuenta con un sistema de seguridad para el operario y técnico a la hora de abrir la estación.

Así mismo, se consideraron dispositivos de alta calidad para el rediseño de la estación buscando cuidar los costos y su disponibilidad en el mercado, pues de lo que se tiene en la estación original, se puede retrabajar o reutilizar

la gran mayoría para evitar un sobre costo a la celda, también otro punto de propuesta es una programación enfocada en una estructura automatizada, es decir, solamente el operario debe intervenir la maquina cuando la tablilla falle y esta necesite ser dispuesta de manera diferente, en este caso se cuenta con la necesidad de una vez rechazada la tablilla previamente checada por el sistema de visión, el operario debe sacar la tablilla y dar un ciclo con el sensor óptico, tal que hará que avance nuevamente las tablillas el sensor de presencia detectara la nueva tablilla, y si pasa la prueba entonces no tiene que haber más activaciones del sensor óptico, pues por medio de la programación puede seguir avanzando hasta que detecte una nueva tablilla y repita el protocolo, no sin antes guardar información de las piezas en una base de datos para revisar rastreabilidad e información necesaria.

Lo anterior ahorraría tiempo de inspección, aumentaría la cantidad de tablillas analizadas y dependiendo el modelo podemos visualizar diferentes modos de falla por medio de su luz movable, lo que logra obtener un enfoque flexible para el cliente respecto a sus necesidades. Los beneficios que nuestra propuesta da son la eficiencia de la estación, es una innovación pues se mejora el sistema anterior y con un bajo costo de reconstrucción se puede aumentar considerablemente la producción manteniendo la calidad de la prueba, tiene una forma de uso simple garantizando una capacitación rápida y eficiente a nivel operario para una ejecución laboral rápida, la estación tiene un costo promedio de 2327 dólares lo que hace que tenga un enfoque económico respecto a otras marcas comerciales en términos de costos y funcionalidad, si bien no es el precio final de venta de distribución pues no se contempla instalación, cables, conectores necesarios, tiempo de programación, etc., pero si es un costo representativo del sistema que convierte a nuestra celda de inspección en una opción viable a las demás opciones del mercado.

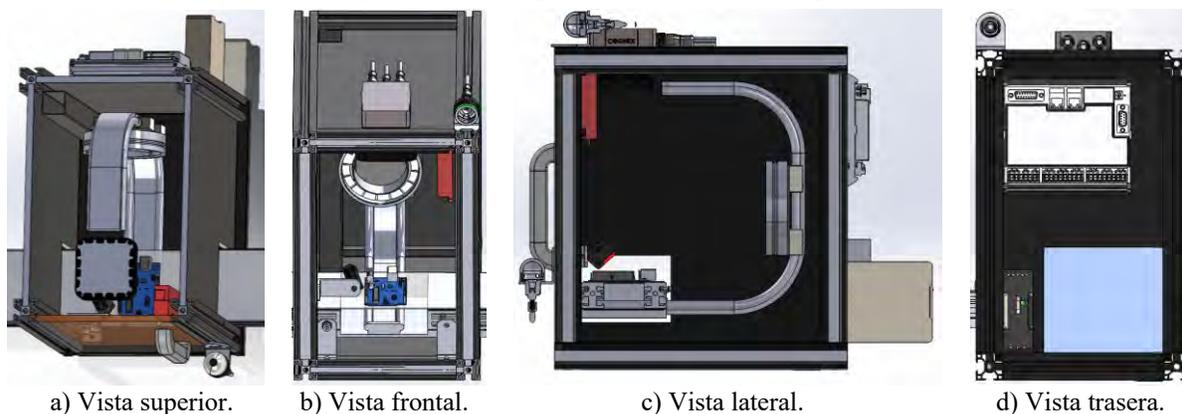


Figura 6. Vistas de la celda de inspección.

Conclusiones

Durante la investigación pudimos visualizar las necesidades del diseño anterior presentado, así como las mejoras implementadas en nuestro rediseño, es importante visualizar que si bien el costo de la estación es relativamente alto y conlleva una nueva programación, el sistema simulado tiene un rendimiento mayor y es una innovación de sistema, lo que hace aumentar la productividad, la ergonomía, una reducción del recurso humano, la reducción de horas hombre y de desperdicio es parte del diseño pues parte de su propósito fundamental es ese, así mismo el aseguramiento de la calidad por pieza, las opciones de visualización con los diferentes modos de falla, un histórico de obtención de imágenes o mediciones para comparación, corrección y estandarización.

Dentro de las limitaciones que tuvimos esta la falta de tiempo pues si bien el trabajo tiene una simulación que se iguala a las condiciones reales a las que se somete la estación (tanto en materiales como físicas), no se tuvo el tiempo suficiente para lograr elaborarla de forma física siendo un punto de partida para las siguientes implementaciones, los resultados demuestran que existe una oportunidad de mejora donde establece la posición de la tablilla pues si la posición varía puede afectar al resultado de la prueba, se puede establecer un embudo para tablillas o un acomodo con actuadores neumáticos junto con sensores. Como recomendación y posible mejora podemos buscar opciones de componentes buscando la reducción de precios y de esta manera evitando un costo mayor, si bien en caso se utilizó una cámara e iluminación de alta gama de marcas comerciales, según las necesidades el cambiar esto podríamos obtener diferentes mejoras en cuestión de costos.

También contamos con posibilidad de mejora para poder implementar un sistema de desperdicio de disposición automática, disponer de la tablilla rechazada de manera automática sin tener que esperar a un operario, esto aumentaría la posibilidad de rescatar algunas tablillas. Podemos también visualizar que un sistema de visión es mucho mejor respuesta para mejorar la calidad del producto a que si tuviéramos un operario de inspección visual de manera manual, la celda también tiene bien declarados conectores, cableado y terminales lo que ayuda tanto a la implementación como

a la programación de la estación. A nivel industrial el procesamiento de tablillas es importante y más aun con la necesidad de electrónicos, por lo que la inspección de tablillas es una necesidad para mejorar la calidad, tiempos de operación y rendimientos.

El diseño es importante en toda empresa y/o proyecto para optimizar los procesos de trabajo, reducir costos, disminuir errores humanos y aumentar la producción. Los sistemas de visión son una herramienta clave en la industria para lograr estos objetivos y su diseño debe ser óptimo para asegurar una eficiente implementación. La iluminación y la automatización también son factores clave en la implementación de un sistema de visión, así como la ergonomía para mejorar la comodidad del operario de la máquina. El diseño asistido por computadora (CAD) es una técnica útil para crear un modelo del comportamiento del producto antes de su construcción, lo que permite una validación de las necesidades del producto y una fácil visualización de la integración del sistema mecatrónico. En resumen, el diseño bien planificado y ejecutado es fundamental para lograr una alta calidad de los productos, incrementar la competitividad de las empresas y mejorar la calidad de vida de las personas.

Referencias

Córdova, E. "Manufactura y automatización," *Ingeniería e Investigación*, Vol. 26, No. 3, 2006.

Iserte E. G., M. Mar y M. Domínguez. "Métodos y metodologías en el ámbito del diseño industrial," *Técnica Industrial* (en línea), Vol. 1, No. 300, 2012, consultada en internet el 05 de marzo del 2023. Dirección de internet: <https://www.tecnicaindustrial.es/>.

Montaña J. y I. Moll. "Diseño: rentabilidad social y rentabilidad económica," *Premios Nacionales de Diseño. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Fundación BCB*, 2001.

Muñoz, R. "Sistema de visión artificial para la detección y lectura de matrículas," *Universidad de Valladolid*, 2014.

Ortiz, A., R. Jiménez & O. Ramos. "Inspección de calidad para un sistema de producción industrial basado en el procesamiento de imágenes," *Tecnura* (en línea), Vol. 18, No. 41, 2013, consultada en internet el 15 de marzo de 2023. Dirección de internet: www.scielo.org.co.

Niño, S. y A. Paola. "Diseño mecatrónico, un curso de aplicación de nuevas tecnologías," *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* (en línea), No. 13, 2003, consultada en internet el 24 de marzo de 2023. Dirección de internet: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91101307>.

Rojas, L. y L. Rojas. "Diseño asistido por computador," *Industrial Data*, Vol. 9, No. 1, 2006.