

Diseño e implementación de una máquina de almacenamiento, orden y distribución automatizado didáctico y modular para el Laboratorio de Automatización y Mecatrónica del DECEM

Correa Guamán David Alejandro, Mena Andrade Sebastián Alejandro
Ing. Hugo Ortiz, Ing. Milton Acosta
*Universidad de las Fuerzas Armadas, Carrera de Ingeniería Mecatrónica,
Sangolquí, Ecuador Agosto 2014*

RESUMEN – El presente proyecto consiste en la elaboración de un equipo didáctico para el beneficio de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica a partir de herramientas QFD. El equipo es capaz de reconocer la presencia de una pieza de trabajo e identificar su color, posteriormente la transportará de la posición de ingreso hacia un almacén, donde será clasificada por la acción de un brazo cartesiano, y finalmente será llevada a la posición de salida luego de la clasificación de otras piezas de trabajo. El orden de esta clasificación será programado y optimizado por el usuario que desarrolle la práctica de laboratorio con este equipo. A través de los resultados de los análisis antes expuestos, se realizará el diseño mecánico, eléctrico, electrónico y de la interfaz del usuario del equipo.

PALABRAS CLAVE - Laboratorio, automatización, almacenador, didáctico

ABSTRACT – This project involves the fabrication of a didactic unit for the benefit of students of the Mechatronics Engineering career from QFD tools. The equipment is able to recognize the presence of a workpiece and identify its color, then it the workpiece will be transported from the entry position to a storage unit, where it will be classified by the action of a cartesian arm. Finally, the workpieces will be taken to the exit position after being classified. The performance of this classification will be programmed and optimized by the user developing the lab practice. Through the results of the foregoing analysis, the mechanical, electrical, electronic and human-machine interface for the equipment will be detailed in this project.

KEYWORDS- Laboratory, automation, storage, didactic.

I. INTRODUCCIÓN

El laboratorio de automatización y mecatrónica del DECEM posee un equipo de apilamiento de la empresa FESTO, que se asemeja a un equipo de almacenamiento por su dinámica, aunque su función es completamente distinta.

La finalidad del presente proyecto no solo se centra en el almacenamiento, también abarca el ordenamiento y distribución de las piezas de trabajo. Otro aporte del proyecto es buscar una nueva solución a la transmisión de movimiento en los tres ejes del brazo cartesiano encargado de transportar las piezas de trabajo, por lo que se ha pensado en un sistema de tornillo de potencia controlado por servomotores, el cual es utilizado generalmente para máquinas de control numérico.

II. DISEÑO

A. *Diseño concurrente*

El diseño concurrente por medio del QFD permite sistematizar las necesidades del cliente en soluciones técnicas, y consecutivamente diseñar un producto en base a las variables requeridas. La primera herramienta QFD es la casa de la calidad (HOQ), esta es un diagrama que asocia los requerimientos del cliente cualitativos con requerimientos técnicos cuantitativos, permitiendo mejorar el producto en base a las necesidades de los estudiantes, la Figura 1 muestra la HOQ desarrollada en el proyecto.

Posteriormente, se realizó un despliegue de de funciones modulares (MFD) para dividir al equipo en partes más pequeñas conocidos como

módulos, dentro de los cuales se elegirá los principales según 12 criterios de selección de una matriz de Identificación de módulos (MIM).

Se planteará varias opciones para cada módulo principal, y se seleccionará la más óptima según el método ordinal corregido de criterios ponderados de manera que se planteará una matriz morfológica como muestra la Figura 2.



Figura 1. HOQ del Equipo almacenador didáctico

Módulo	Opción A	Opción B	Opción C
De Agarre			
	Neumático	Electrónico	Servomotor
De Movimiento Lineal eje Z			
	Neumático	Tomillo de potencia	Engrane cremallera
De transmisión de Potencia			
	Servomotor	Motor Paso a Paso	Motor DC
De Movimiento Lineal ejes X y Y			
	Tomillo de potencia	Engrane Cremallera	

Figura 2. Matriz morfológica del equipo.

B. Diseño Mecánico

Para los módulos de Agarre y Movimiento lineal en el eje Z se utilizó el catálogo de selección de la empresa SMC, a partir

del cual se seleccionó un gripper neumático de doble efecto de movimiento paralelo MHZ2-20 y un cilindro neumático de simple efecto CM2L25-100 controlados por una electroválvula 5/2 y 3/2 respectivamente.

Se realizó análisis de columna, carga estática, fatiga y deflexión por medio de cuerpos finitos para los husillos de bola Y y X ya que estos elementos soportarán mayor cantidad de peso y se encargarán de la transmisión de movimiento lineal. Según estos análisis se seleccionó husillos de bola de 16 mm de diámetro de la empresa UGRA CNC de 300 mm de largo para el eje Y y 600 mm para el eje X, la Figura 3 muestra el husillo de bola con sus respectivos soportes BF12 y BK12 en sus extremos.

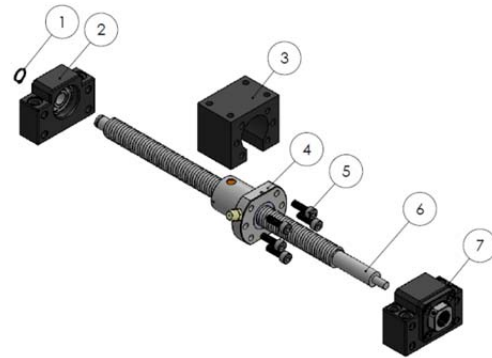


Figura 3. Ensamble husillo de bola Y.

Se diseñaron guía a partir del rodamiento lineal de 12 mm de diámetro interno KH1228, su chumacera y soportes de guía como muestra la Figura 4 para apoyar el movimiento lineal del husillo de bola.

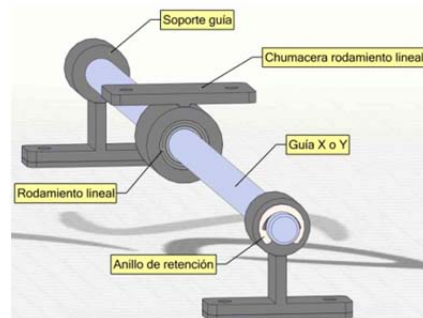


Figura 4. Partes de la guía del husillo de bola.

A continuación se diseñó garras para el gripper que proporcionen un agarre de apriete correcto y un soporte para el anaquel en forma de cajón para almacenar los circuitos eléctrico-electrónicos y nivelar el anaquel según el alcance del brazo cartesiano. Este anaquel consta de 20 estantes divididos en 5 columnas y 4 filas según las dimensiones de la Figura 5.

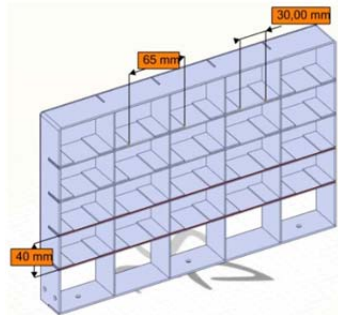


Figura 5. Diseño del anaquel.

El Distribuidor de entrada mantiene la misma distancia horizontal de 65 mm con respecto al anaquel para mayor facilidad de control del equipo.

C. Diseño Eléctrico

Para los módulos de transmisión de movimiento se seleccionó 2 servo motores industriales de la empresa Xinje modelo MS-60ST-M001330-20P4, los cuales tienen una velocidad nominal de 3000 rpm y 1,3 N.m de torque. Estos servo motores son controlados por medio de un servo driver cada uno modelo DS2-20P4, estos son energizados por una línea eléctrica monofásica de 220 VAC.

Al no contar los laboratorios con dicha alimentación, se utilizará un transformador de 220 VAC a 110 VAC de 1500 w. La conexión estándar de 110 VAC alimentará al transformador, el ordenador con la HMI y a la fuente de 24 VDC usada para la activación de electroválvulas, luces piloto y entrada para el convertidor DC/DC de 5VDC que energiza al controlador, sensores y bluetooth.

D. Diseño Electrónico

La señal booleana que indique al controlador la presencia de una pieza de trabajo está a cargo de un switch óptico genérico que consta de un rango de detección entre 3 a 80 cm y se colocará como muestra la Figura 6.

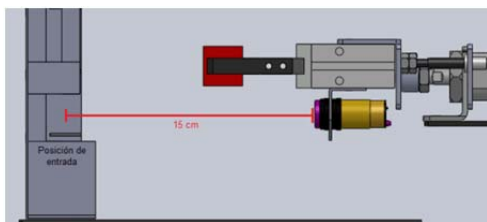


Figura 6. Distancia de reconocimiento del sensor de presencia.

Se realizará un reconocimiento de un punto inicial al comenzar cada modo de control del equipo por medio de la activación de un fin de carrera en el lado izquierdo del eje X y en la parte inferior del eje Y. El sensor de color modelo TCS3200 de la marca TAOS se encontrará en la parte inferior del distribuidor de entrada para reconocer el color RGB de cada pieza que ingrese.

En la parte izquierda del equipo se encontrará un tablero manual con 6 pulsadores, 1 botón start, 1 botón stop y 2 luces piloto como muestra la Figura 7 para permitir al usuario el control del equipo en caso de no necesitar movimientos automáticos.

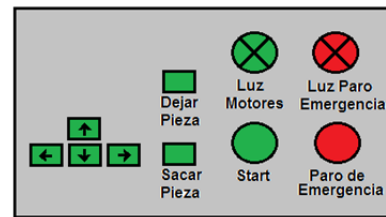


Figura 7. Tablero de control manual.

El equipo será comandado por un microcontrolador ATMEGA 164P y se realizará una tarjeta electrónica principal que comande el sistema, una tarjeta de botonerías en donde se colocará borneras para conectar los botones del tablero de control de control manual, una tarjeta de motores en la que se conectará las señales de control de los servo drivers, una tarjeta para los fines de carrera y una tarjeta para el sensor de color. Todas las tarjetas secundarias se conectarán a la tarjeta principal por medio de headers con cable de bus de datos para normalizar las entradas del equipo.

E. Diseño de la HMI

La HMI será desarrollada en el software Visual Studio 2010, bajo el lenguaje de programación Basic para ser análoga a la programación del microcontrolador. Esta constará de 4 botones para seleccionar los modos de: Vaciado, Almacenamiento, Distribución y Control manual.

En su parte central se visualizará una vista frontal del anaquel y una vista de planta del eje Z, mientras que en su lado derecho se indicará la posición actual del brazo y 2 luces piloto que representan la activación del motor X & Y como muestra la Figura 8.



Figura 8. Ventana principal de la HMI.

III. IMPLEMENTACIÓN

A. Implementación mecánica

Se conectó los motores con los husillos de bola por medio de acoples BF-14x6 y se unió el cilindro neumático al gripper por medio del acople que muestra la Figura 9.



Figura 9. Acople Cilindro-Gripper.

Para la integración del eje Y y el eje X, se unió por medio el tornillo de bola con motor y las guías a la placa Y o X respectivamente por medio de pernos como muestra la Figura 10.

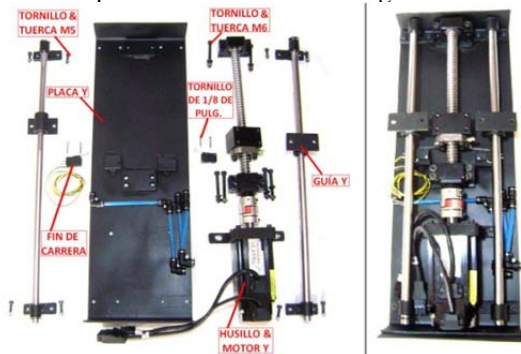


Figura 10. Ensamble del Eje Y.

El brazo cartesiano estará compuesto por los ejes X, Y & Z como muestra la Figura 11.

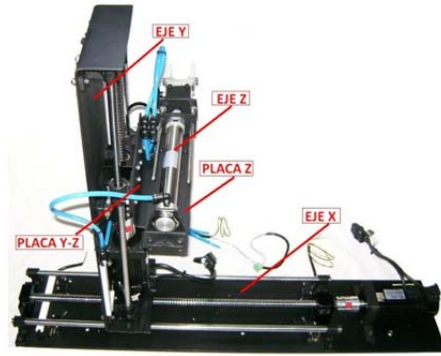


Figura 11. Ensamble del brazo cartesiano.

B. Implementación Eléctrica

Se colocará en soporte del anaquel los servo driver y cableado para energización como muestra la Figura 12.

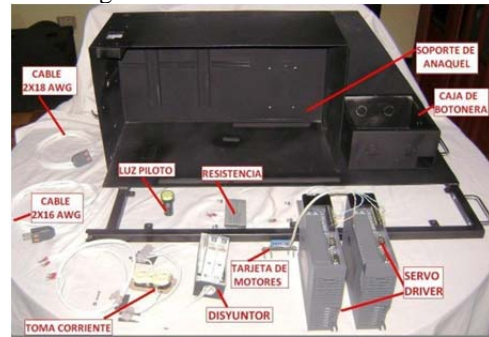


Figura 12. Ensamble Eléctrico

C. Implementación Electrónica

Se colocará en soporte del anaquel las tarjetas electrónicas y se unirá el distribuidor de entrada junto con el anaquel como muestra la Figura 13.



Figura 13. Ensamble Electrónico

Finalmente se unirá el brazo cartesiano a la parte anterior del marco del soporte del anaquel para conformar el equipo almacenador como muestra la Figura 14.

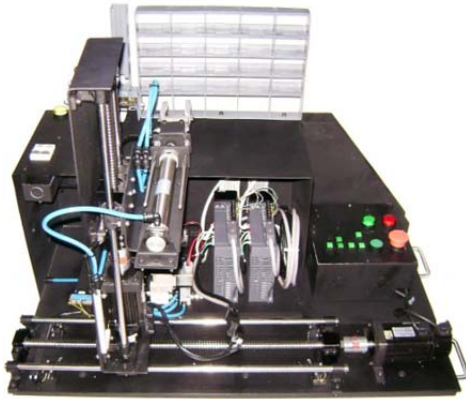


Figura 14. Ensamble del Equipo Almacenador

IV. RESULTADOS

Una vez ensamblado el equipo y calibrado correctamente, se realizaron varias pruebas en cada sistema para comprobar su funcionamiento.

La Tabla 1 muestra un resumen de las pruebas realizadas, el instrumento o método utilizado y el parámetro de medición.

Sistema	Prueba	Instrumento / método de medición	Parámetro	Cumple
Mecánico	Desplazamiento del eje X	Flexómetro	Error < 1 mm	Sí
	Desplazamiento del eje Y	Flexómetro	Error < 1 mm	Sí
	Salida y retorno del cilindro neumático	Cronómetro	Tiempo < 3 s	Sí
	Agarre del gripper	Repetitividad	0 deslizamientos	Sí
	Salida de piezas del distribuidor de entrada	Repetitividad	0 fallas	Sí
	Colocación de piezas en estantes del anaquel	Repetitividad	0 fallas	Sí
Eléctrico	Salida de piezas del distribuidor de salida	Repetitividad	0 fallas	Sí
	Alimentación monofásica de 220 VAC	Voltímetro digital	220 – 240 VAC	Sí
	Alimentación monofásica de 110 VAC	Voltímetro digital	110 – 120 VAC	Sí
	Alimentación de 24 VDC	Voltímetro digital	22,5 VDC	Sí
Electrónico	Alimentación de 5 VDC	Voltímetro digital	5 VDC	Sí
	Funcionamiento de tarjetas electrónicas	Repetitividad	0 fallas	Sí
	Tablero de control	Repetitividad	0 fallas	Sí
	Reconocimiento del sensor de color	Repetitividad	0 fallas	Sí
Control	Calibración del sensor de presencia	Flexómetro	13 – 15 cm	Sí
	Comunicación RS-232	Hyperterminal	9600 baudios	Sí
	Funcionamiento de la HMI	Repetitividad	0 fallas	Sí

Tabla 1. Resumen de pruebas y resultados del equipo.

V. CONCLUSIONES

El equipo didáctico de almacenamiento y distribución automatizado, que se diseñó e implementó en el presente trabajo, cumplió los parámetros de diseño y el alcance planteado. Este es un sistema mecatrónico ya que integró los

subsistemas mecánico, eléctrico, electrónico, informático y de control de manera sinérgica.

El proceso de diseño concurrente optimizó la funcionalidad y morfología del equipo al determinar los parámetros de selección de los elementos del equipo, permitiendo un diseño, construcción e implementación óptima del sistema mecánico para el transporte adecuado de las piezas de trabajo.

La integración de los servo motores con los mecanismos de husillo de bola apoyados con guías permitió desplazamientos lineales con un margen de error despreciable en el eje X e Y.

La utilización de un sensor óptico para la detección de presencia de las piezas de trabajo presentó dificultad de calibración por su característica dinámica.

El sistema de control en lazo abierto no generó acumulación de errores para el posicionamiento del brazo cartesiano, por la precisión de los encoders internos de los servo motores y la determinación de una posición “HOME” por medio de señales independientes.

El programa comprobatorio del equipo abarcó las funciones de vaciado, almacenamiento, distribución y control manual en un solo entorno presente en la HMI, que monitorea estos procesos en tiempo real de ejecución, reduciendo el tiempo de diseño e implementación del mismo y produciendo una interfaz más amigable con el usuario.

Se desarrolló la documentación técnica y operativa del equipo orientada a la instrucción del estudiante como fuente de consulta para las prácticas de laboratorio diseñadas.

VI. REFERENCIAS

1. Budynas, R., & J., N. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Editorial , 8° Ed., pág. 178. México: McGraw-Hill.
2. Chapman, S. J. (2005). Máquinas Eléctricas. México D.F. : McGraw-Hill.
3. Erixon, G. (1993). Synthesis and Evaluation Tool for Modular Design. International Conference on Engineering Design, (págs. 898-905). Newport.
4. Morris, M. (2003). Lógica Digital y Diseño de Computadores. México: Prentice Hall.

5. Riba, C. (2002). Riba, Carles, Diseño concurrente, Edición UPC (2002), Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

6. Sánchez, R. (1999). Modular architectures in the marketing process. *Jornal of Marketing*, 92-112.

7. SMC. (s.f.). Parallel Type Air Gripper. Recuperado el 18 de Noviembre de 2013, de Series MHZ, Standar series: <http://content2.smcetech.com/pdf/mhz.pdf>.

8. UGRACNC. (s.f.). Ball Screw 1605 300mm. Recuperado el 27 de Noviembre de 2013, de <http://ugracnc.com/BALL-SCREWS/Ball-Screw-1605-300mm-11-13/16.html>.

9. XINJE Electronic Co., L. (Enero de 2010). DS2 series servo drive User Manual. Recuperado el 13 de Diciembre de 2013, de

<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&src=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.xinje.hu%2Fletoeltes%2Fszervo%2F46-ds2-manual%2Fdownload.html&ei=-lmsU8jGBtTesAScooCoDw&usg=AFQjCNEehIj7TTB3nVscFsC3UQSZeCYDQ&sig2=G4EBWK>