

Automatización de un Sistema de Manipulación de Cajas con Accionamiento Espacial

F. López¹, E. Martínez²

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
felopez@espol.edu.ec¹, emartine@espol.edu.ec²

Resumen

El objetivo de este proyecto es la automatización un sistema de manipulación manual de cajas en una línea de almacenamiento dentro de la planta. El sistema actual de manipulación implica muchos trabajos repetitivos en las operaciones, aparición de fatiga física y lesiones como problemas dorsolumbares en los operarios. Este trabajo se enfoca a diseñar un sistema de manipulación que conlleve a la empresa a fabricar con eficiencia, lo que implica una serie de factores como bajo costo de maquinaria, calidad en los componentes, economía, resultados rápidos, disponibilidad y el más importante proteger la salud e integridad de cada uno de los operarios. Para el nuevo diseño de manipulación se utilizó una herramienta de selección, el programa computacional xDKI el cual es un modo sistemático y rápido a productos y servicios tales como: ingeniería, cadena de suministro, ensamble, operación y asistencia técnica. Los resultados esperados mediante este sistema de automatización son: la eliminación de la fatiga física y lesiones de los operarios, el aumento de la producción, la reducción de costos y la generación de nuevas formas de automatización en la rama industrial mediante este nuevo sistema de diseño de proyectos mediante la asistencia de un ordenador.

Palabras Claves: Manipulación manual, automatización, Programa computacional de selección.

Abstract

The objective of this project is the automation of a system manual handling of boxes in a line of storage within the plant. The current system of handling involves many repetitive jobs in operations, development of physical fatigue and injuries like back injury problems for operators. This work focuses on designing a handling system that involves the company to efficiently manufacture, which involves a number of factors such as low cost of machinery, quality components, economy, fast results, availability and more important to protect the health and integrity of each of the operators. For handling the new design used a selection tool, the computer program xDKI which is a systematic and expeditious manner products and services such as engineering, supply chain, assembly, operation and technical assistance. The results expected by this automation system are: elimination of physical fatigue and injuries to workers, increasing production, reducing costs and generating new forms of automation in the industrial sector through this new projects design system through the assistance of a computer.

Keywords: Manual handling, automation, computer selection program.

1. Introducción

Desde siempre, el hombre ha tenido el sueño de liberarse del pesado trabajo manual con la utilización de dispositivos automáticos. No hace falta decir que este sueño siempre ha dependido de los componentes disponibles en el momento considerado. Las líneas automáticas de producción de los años veinte, utilizadas por la compañía inglesa MORRIS MOTORS [1], aun tenían que controlarse muy mecánicamente, por lo que no se produjeron resultados espectaculares. No fue sino hasta los años sesenta que se estableció una nueva tecnología básica: Las máquinas NC (Control Numérico) y el robot industrial. Ambas están controladas por ordenador, y por lo tanto son libremente programables en lo que respecta a movimientos.

El concepto de “técnica de manipulación” incluye etimológicamente la palabra “mano”, de la que se sabe que puede ser extraordinariamente versátil. Si se intenta sustituirla por sistemas técnicos en los procesos de fabricación industrial, se esperará que dichos sistemas funcionen con rapidez, precisión y fiabilidad. Sin embargo, la versatilidad no es un criterio determinante en todos los casos.

El presente trabajo estudia primeramente la situación actual de la empresa, a través de un estudio de tiempos y movimientos [2], para así poder diseñar el nuevo sistema de manipulación automático, mediante una herramienta de selección y dimensionado, el programa computacional xDKI 08. Finalmente se analizarán los resultados obtenidos mediante un análisis de costos del sistema.

2. Identificación de la necesidad

La manipulación manual de cargas es una tarea bastante frecuente en muchos sectores de actividad, desde la industria pesada hasta el sector sanitario, pasando por todo tipo de industrias y servicios. La manipulación manual de cargas es responsable, en muchos casos, de la aparición de fatiga física, o bien de lesiones [3], que se pueden producir de una forma inmediata o por la acumulación de pequeños traumatismos aparentemente sin importancia. Pueden lesionarse tanto los trabajadores que manipulan cargas regularmente como los trabajadores ocasionales. Se considera que la manipulación manual de toda carga que pese más de 3 kg puede entrañar un potencial riesgo dorsolumbar no tolerable, ya que a pesar de ser una carga bastante ligera, si se manipula en unas condiciones ergonómicas desfavorables (alejada del cuerpo, con posturas inadecuadas, muy frecuentemente, en condiciones ambientales desfavorables, con suelos inestables, etc.), podría generar un riesgo. La manipulación manual de cargas menores de 3 kg también podría generar riesgos de

trastornos musculoesqueléticos en los miembros superiores debidos a esfuerzos repetitivos.

El sistema actual de paletizado de la planta está conformado por una banda transportadora de rodillos (Fig. 1) con velocidad de 0,18 m/s, en el cual se transportan las cajas con un peso y dimensiones de 3,5 kg y 394x209x252 mm respectivamente; la misma llega al final de banda y un operador las recoge y las transporta hacia una mesa para que el segundo operador las coloque respectivamente en un pallet.

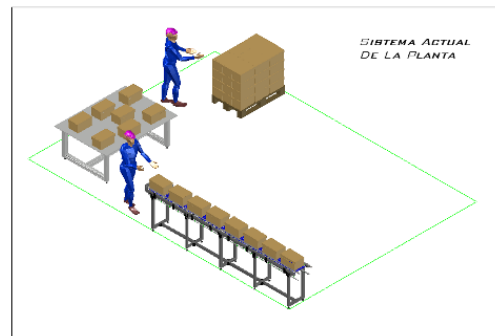


Figura 1. Sistema Actual de la Planta

El arreglo actual de las cajas en el pallet es de 3x3 y una altura de 4 pisos. El mejoramiento de este proceso es ejecutarlo en un arreglo de las cajas en mosaicos con el fin de obtener una mayor estabilidad al momento del almacenamiento mediante el montacargas.

3. Técnicas de Registros y Análisis

Sin importar para qué se use el estudio de métodos, tanto el problema como la información de los hechos relacionados con el problema deben presentarse de manera clara y lógica. El objetivo principal de estos procedimientos es de realizar un trabajo mejor en menos tiempo.

Para esta situación se realizó un estudio de movimientos [3], el cual es un análisis cuidadoso de los movimientos del cuerpo empleados al hacer un trabajo. El propósito de su estudio es eliminar o reducir los movimientos no efectivos, y facilitar y acelerar los efectivos. Al final se obtuvo los siguientes resultados, el operador 1 realiza tres movimientos efectivos y uno inefectivo; el operador 2 realiza tres movimientos efectivos y seis inefectivos, lo que conlleva a la conclusión de que este sistema debe ser mejorado o eliminado.

Este estudio también corroboró para determinar que existe una acumulación de 3831 cajas (producción diaria de ocho horas laborales) con el actual sistema, situación que ocurre debido a las repentinas paradas de producción debido a estas acumulaciones.

4. Alternativas de Solución

Para este nuevo sistema se tienen algunas alternativas de solución como por ejemplo un mecanismo robotizado, un sistema de pórtico con accionamientos electroneumáticos, etc. El primero es un sistema costoso y para la operación a realizar no sería ideal; la segunda alternativa es un sistema que garantiza rapidez, precisión y fiabilidad [4]. Además este nuevo sistema está siendo utilizado en las industrias en reemplazo de los robots. En la figura 2 se muestra el pórtico a diseñar.

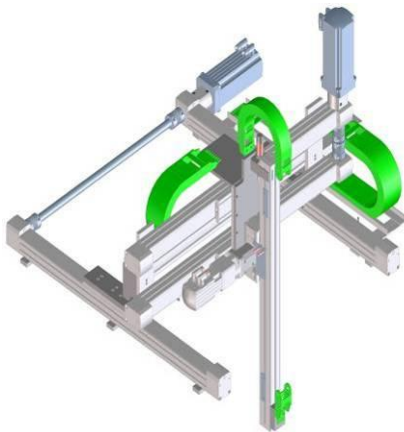


Figura 2. Pórtico con Tres Ejes en Movimiento

5. Diseño del Sistema de Automatización

Para el diseño del nuevo sistema de manipulación automático, se pondrá en funcionamiento el sistema denominado de pórtico con tres ejes en movimiento, los cuales son equipos que se encargan de tomar y colocar las piezas, por lo general para alimentarlas a las máquinas [5]. El concepto de pick & place, es decir, tomar y colocar, es muy acertado, ya que tanto la operación de tomar una pieza como la de colocarla se refiere a los puntos finales de una secuencia de movimientos complementarios entre sí. Para “tomar” una pieza es necesario disponer de un dispositivo para sujetar y elevar una pieza y el término “colocar” se refiere a la entrega de la pieza en un lugar determinado [6].

5.1. Parámetros para el Diseño

Los principales parámetros para el diseño son las dimensiones y el peso de la caja a transportar. También se debe tener en cuenta las series de funciones a realizar, en consecuencia se realizó un diagrama de funcionamiento, el cual es de mucha importancia. En la figura 3 se muestra el diagrama realizado. Los símbolos utilizados para las operaciones de manipulación están avalados según la norma VDI 2860.

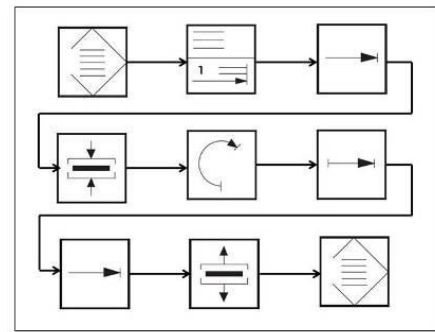


Figura 3. Diagrama de Funcionamiento del Sistema de Automatización

El sistema de manipulación automático está conformado por el siguiente diagrama de funcionamiento:

- Almacenamiento ordenado: Cajas que se transportan mediante el transportador de rodillo.
- Asignar: Caja para manipulación
- Posicionar: Orientación de la caja
- Fijar: Sujeción de la caja mediante ventosas
- Girar: Rotar caja mediante actuador giratorio
- Desplazar: Caja transportada mediante actuadores
- Posicionar: Orientación de la caja
- Soltar: Colocar caja en un determinado lugar
- Almacenamiento ordenado: Caja que se ha ubicado en el pallet en el ordenamiento establecido.

Para comenzar con el diseño se realizó un diseño de forma como se muestra en la figura 4, para establecer pasos y procesos a realizar.

Los actuadores de posicionamiento recorrerán en $x=2000$ mm, en $y=1000$ mm y en $z=1000$ mm, acorde a los parámetros establecidos anteriormente.

Para el diseño de este pórtico, se recurrirá a la herramienta de selección xDKI 08, este programa computacional ha sido diseñado para ayudar al cliente a seleccionar un producto en específico, acorde a normas establecidas, parámetros de diseño y cumplir sus expectativas.

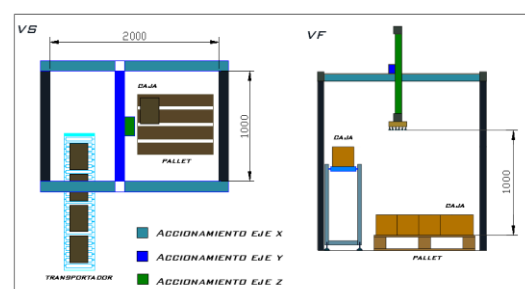


Figura 4. Diseño de Forma del Sistema

5.2. Selección y Dimensionado

Una vez establecido la ruta, se procede a diseñar el sistema. Primero se empieza con la selección de las ventosas de aspiración, luego por el actuador giratorio y por último los accionamientos eléctricos (Fig. 5). Cabe recalcar que además de la selección, se obtiene información, CAD y precios de los productos para su respectivo análisis de costos.



Figura 5. Pórtico en Tres Dimensiones del nuevo Sistema

Además de la selección con la herramienta computacional, se diseñó la estructura que soportará este sistema [7]; vigas, columnas, pernos sujetadores con sus respectivos cálculos de esfuerzos y factores de seguridad correctos para garantizar un óptimo funcionamiento.

Por último se selecciona el sistema de control para un correcto funcionamiento del equipo, en este caso una gama de sensores [8] en cada uno de los equipos.

5.3. Diagrama Secuencial de Funciones

Para representar gráficamente un sistema de control, independientemente de la tecnología a utilizar, puede utilizarse un diagrama secuencial de funciones según DIN/EN 40719/6. Los diagramas secuenciales de funciones se utilizan en muchos campos de la automatización para planificar y documentar controles secuenciales. También se le conoce como Grafcet [9] (Grafico de Etapas Y Transiciones).

Los diagramas secuenciales de funciones tienen una estructura orientada a secuencias. Cada campo de órdenes identifica una operación que es ejecutada en un determinado paso y se divide en tres partes. La transición de un paso o etapa al siguiente no se realiza que no se cumpla la condición de transición asociada. Para mejorar la claridad general del diagrama secuencial de funciones, las condiciones de transición se numeran. La numeración se refiere al paso y a la orden cuya confirmación se evalúa.

A continuación se muestra la implantación del diagrama secuencial de funciones (Fig. 6-7) del nuevo sistema de automatización.

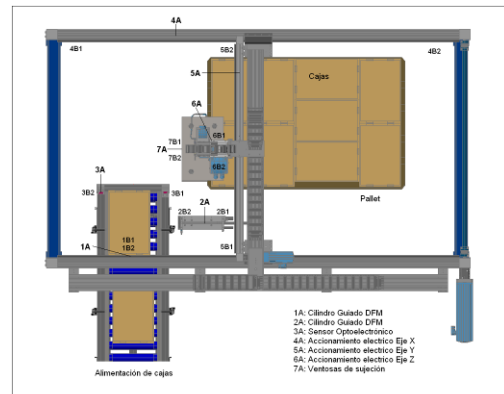


Figura 6. Croquis del Sistema de Automatización

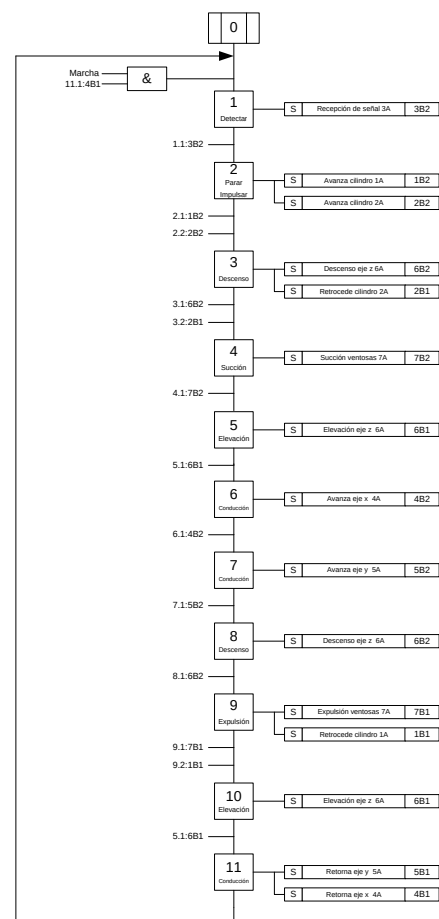


Figura 7. Diagrama GRAFCET del sistema

Se debe recalcar que este diagrama fue ejecutado para un ciclo de trabajo, por consiguiente se debe completar los restantes 35 arreglos de cajas que se implantan en un pallet para este sistema.

6. Análisis de Costos

Los presupuestos se elaboran en base a los datos que se obtienen del proyecto general de la obra realizarse, su formato varía de acuerdo a quién lo solicita o quién lo realiza, por lo tanto pueden existir variedades de los mismos.

Los valores que se muestran en las hojas electrónicas corresponden a precios reales a la fecha dotados por FESTO AG & CO. KG; los demás valores fueron obtenidos en su mayoría de la Cámara de la Construcción de Guayaquil [10].

Los equipos y materiales del sistema de automatización, en su mayoría son dotados por la compañía proveedora mediante su herramienta de selección, el cual genera un part number que facilita su rápida selección. Se debe acotar que en cada hoja de cálculo se consideran los costos directos e indirectos. El valor de 0,22 corresponde al 22% de los gastos indirectos que no están detallados, es decir gastos administrativos, de gerencia y otros que no están en los directos. El costo unitario de los materiales es de \$28260,19. El costo unitario de los equipos es de de \$16,71 por hora.

En el presupuesto del costo de mano de obra se consideran varios factores de cálculo, el jornal básico, F.S.R. que es el factor salario real y los beneficios/otros. El valor que se genera es de \$5,99 por hora con un equivalente a 480 HH.

Los días programados para realizar el nuevo sistema de automatización es de 4 días, contando también las pruebas respectivas y puestas en marcha.

La tabla 1 muestra un resumen total de costo del nuevo sistema de automatización con un valor de \$ 35057,00.

Tabla 1. Resumen Total de Costos

PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE CAJAS CON ACCIONAMIENTO ESPACIAL					RESUMEN TOTAL
RESUMEN TOTAL DE COSTO					Fecha: 20/abril/2008
	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
M	MATERIALES	1	GLB	28.260,19	28.260,19
E	EQUIPOS	1	GLB	167,10	167,10
O	MANO DE OBRA	1	GLB	2.029,12	2.873,60
TOTAL (US\$):					31300,89
IVA 12%:					3756,11
TOTAL GENERAL (US\$):					35057,00

7. Resultados

Se realizó el respectivo análisis obteniendo los siguientes resultados de las graficas. En la figura 8 se muestra la gráfica de los tiempos de ciclos y en la figura 9 se muestra la gráfica de las cajas paletizadas durante un día laborable.

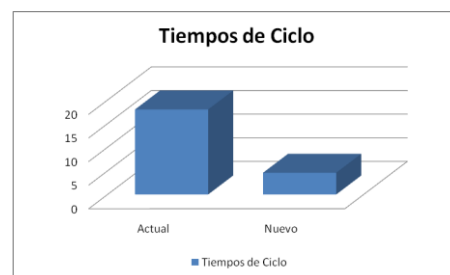


Figura 8. Tiempos de Ciclo

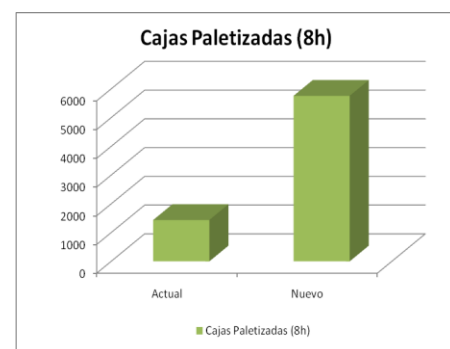


Figura 9. Cajas Paletizadas (8h)

Observando las respectivas graficas se determina que mediante el nuevo sistema el tiempo esperado de un ciclo se reduce en 13,54 s; las cajas a paletizar esperado se incrementan en 4320 cajas.

8. Conclusiones

El objetivo principal de este trabajo fue la automatización de un sistema de manipulación manual de cajas, el cual está corroborado en los siguientes puntos:

- A efectos prácticos, podrían considerarse como cargas los objetos que pesen más de 3kg, porque a pesar de ser una carga ligera, puede entrañar un riesgo dorsolumbar no tolerable, si se manipula en condiciones ergonómicas desfavorables.
- La automatización se la puede definir como la organización, gestión y programación de todos aquellos elementos involucrados en la tarea de facilitar y optimizar la producción y sus procesos asociados, minimizando la intervención humana.
- Obteniendo los tiempos totales de ciclo mediante el sistema de automatización, se puede comprobar que se reducen en un 75 %, tomando en cuenta que se ha calculado con los tiempos máximos de ciclo.
- El número de unidades que se han de paletizar ha incrementado en un 400%, tomando en cuenta que no hay paradas de producción, que anteriormente se las tenía.
- Los datos anteriores corroboran que hay un considerable aumento en la producción, por ende

una disminución de los costos debido a que se suprimió las paradas y niveles bajos de producción.

9. Recomendaciones

- Se recomienda la asistencia de la compañía proveedora de los equipos y materiales para la puesta en funcionamiento del sistema, lo que garantiza: un funcionamiento fiable, recorridos óptimos, máximo rendimiento, seguridad comprobada, información y funcionamiento seguro.
- Se recomienda un contrato de mantenimiento lo que garantiza la funcionalidad de sus procesos: inspección, mantenimiento, pequeñas reparaciones, consumo de aire comprimido y grado de eficiencia del consumo energético.

10. Agradecimientos

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, después a mis padres, hermanos y cada uno de mis compañeros y amigos que de alguna u otra forma contribuyeron con mi desarrollo profesional y como individuo.

Un agradecimiento total al Dr. Juan José Vilaseca, por impulsar, fomentar y promocionar el desarrollo industrial del país; al Ing. Ernesto Martínez por su invaluable enseñanza y guía para el desarrollo de este trabajo; a Jaime García por su apoyo constante y conocimientos adquiridos.

11. Referencias

- [1] Hesse Stefan, Las Pinzas y sus Aplicaciones, Festo AG & Co, Esslingen, 2004.
- [2] Niebel Benjamin, Freivalds Andris, Ingeniería Industrial-Métodos, Estándares y Diseño de Trabajo, Alfaomega, México, 2001.
- [3] Gómez Cano, Evaluación de Riesgos Laborales, INSHT, Documento Divulgativo DD-014, 1995.
- [4] Hesse Stefan, Sistema Modulares de Manipulación, Festo AG & Co, Esslingen, 2000.
- [5] Hesse Stefan, 99 Ejemplos Prácticos de Aplicaciones Neumáticas, Festo AG & Co, Esslingen, 2000.
- [6] Hesse Stefan, Las Pinzas y sus Aplicaciones, Festo AG & Co, Esslingen, 2004.
- [7] Norton Robert, Diseño de Máquinas, Prentice Hall, México, 1999.
- [8] Hesse Stefan, Sensores en la Técnica de la Fabricación, Festo AG & Co, Esslingen, 2001.
- [9] Prede G., Scholz D., Electroneumática, Festo AG & Co, Denkendorf, 1999.
- [10] Centeno José, Construcción y Desarrollo, Cámara de la Construcción de Guayaquil, Junio, 2009.