

# MANIPULADOR DE OBJETOS MÓVILES

Barrientos Nicolás Joel E., García Rodríguez Erwin A.,  
Ramírez Miranda José L., Carvallo Domínguez Arodí R., Segovia Cocom José M.

Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas  
Instituto Politécnico Nacional

## Abstract

*This paper presents the development and application of a tracking, positioning and removal system of a moving conveyor belt of a Computer Integrated Manufacturing, such a robot placed on the working table is able to remove pallets while this objects are still moving.*

*The direct application of this tracking system to industrial production lines is to keep a continuous flow in different processes and reduce dead time. Therefore an improvement in the production efficiency and increase the productivity.*

## Resumen

*En este documento se presenta el desarrollo y aplicación del sistema de seguimiento, posicionamiento y retiro de piezas de una banda transportadora en movimiento de un Centro de Manufactura Integrada (CIM), de tal forma que un robot ubicado en la mesa de trabajo sea capaz de retirar objetos (pallets) mientras estos también se encuentren en movimiento.*

*La aplicación directa de este sistema de seguimiento en una línea de producción industrial es el mantener un flujo continuo en diferentes procesos y reducir tiempos muertos. Por lo que se puede mejorar la eficiencia de productividad e incrementar la producción.*

## 1. Introducción

En algunos sistemas de manufactura flexible, las piezas que se utilizan como materia prima para ser manufacturadas son transportadas a distintas estaciones de trabajo mediante una o varias bandas transportadoras. Cuando la pieza llega al módulo de proceso correspondiente, ésta es removida de la banda por un mecanismo para su manufactura. En los sistemas tradicionales de manufactura la banda es detenida o el objeto es retenido por algún mecanismo de sujeción, una vez terminado el proceso de manufactura a la pieza ésta se regresa a la banda transportadora para poder seguir su camino.

Todo el proceso involucra tiempo y costo no solamente durante el procesamiento; sino también en el retiro, posicionamiento y regreso de la pieza, además el llevar a una pieza hacia otra estación de trabajo ocasiona una prolongación de tiempo de manufactura y por lo tanto se ve afectado decrementando el promedio de eficiencia de toda la producción.

El sistema (Figura 1) consiste de una estación de trabajo que sea adaptable a un Centro de Manufactura Integrada por Computadora (CIM).

La celda de trabajo consiste esencialmente de:

- Dos sensores fotoeléctricos que tienen como tarea, detectar el objeto que circula sobre la banda transportadora.
- Una mesa seguidora, esta permite al manipulador desplazarse paralelamente a la banda, con el propósito de viajar a la misma velocidad del objeto.
- Un manipulador para retirar el objeto de la banda transportadora y llevarlo a otro punto.
- Un gripper, el cual se encargará de sujetar el objeto.

El funcionamiento del mecanismo completo es capaz de seguir, posicionarse, tomar y retirar el objeto (pallet) de la banda y regresar a una posición inicial, esperando la presencia de otro pallet.

Este módulo se acopla como otra estación de trabajo en el Centro de Manufactura Integrada por Computadora, el objetivo de este módulo se encuentra en reducir los cuellos de botella que se ocasionan al ser detenidos los pallets por un dispositivo neumático, cuya función es liberarlos en un determinado periodo, ocasionando que el tiempo de manufactura se vea afectado.

Las ventajas que puede proporcionar el sistema en la industria son muy variadas, adecuando el sistema puede realizar otras operaciones como son: Ensamble de piezas, realizar algún proceso de inspección de control de calidad en una línea de ensamble, realizar maquinados a la piezas (barrenar, proceso de pintura, baño o recubrimientos, etc.), selección y/o retiro de objetos no deseados, todo esto sin la necesidad de detener el pallet o la banda transportadora.

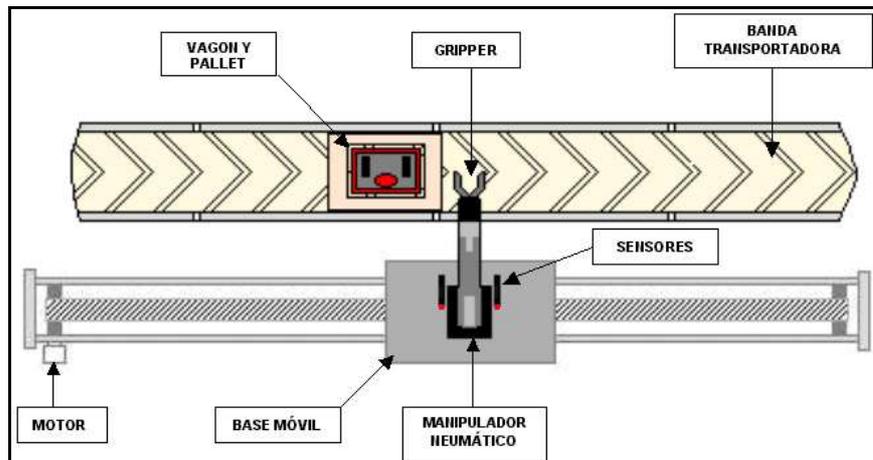


Fig.1 Diagrama esquemático del sistema

## 2. Automatización

Existen diferentes formas de realizar el control sobre un proceso, y estas se dividen en Sistemas de Lazo Abierto y Sistemas de Lazo Cerrado [1].

### 2.1 Lazo abierto

Son los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control; en otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada de referencia. Por tanto, a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración.

Un sistema de control de lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es importante hacer notar que en cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo es en lazo abierto.

### 2.2 Lazo Cerrado

En este tipo de sistema se alimenta al controlador una señal de error de actuación, que no es otra cosa más que la diferencia entre la señal de entrada y la señal de retroalimentación, todo esto con la finalidad de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente. El término de control de lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control retroalimentado para reducir el error del sistema. Una de las principales ventajas del control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación vuelve la respuesta del sistema

relativamente insensible a las perturbaciones externas y a las variaciones internas en los parámetros del sistema.

Pero desde el punto de vista de la Estabilidad, el sistema de control en lazo abierto es más fácil de desarrollar, ya que ésta no es un problema importante, cosa contraria en un control de lazo cerrado donde la estabilidad es una función principal en el sistema de control, lo cual puede llevar a producir oscilaciones de amplitud constante o cambiante produciendo muchos errores.

Por todo esto y debido a que se conocen perfectamente y con anticipación la entrada de nuestro sistema (velocidad de la banda transportadora), se desarrolló un sistema de control de lazo abierto

### 2.3 CIM

Los Sistemas de Manufactura Integrada por Computadora (por sus siglas en inglés *Computer Integrated Manufacture*) o también llamado CIM como se muestra en la Figura 2, han tomado un auge en la industria manufacturera mexicana, ya que es necesario considerar los sistemas actuales de producción en serie como una alternativa no solo para solucionar los problemas de manufactura sino además para continuar en el mercado.

Existen diferentes tipos de sistemas de manufactura, los que son **continuos** y los **discretos**. El Sistema de Manufactura con el que se cuenta en los laboratorios de Mecatrónica es del tipo discreto. Esto representa un problema ya que la coordinación entre sus actividades no está en función del tiempo, generando grandes pérdidas en la producción.

Los Sistemas de Manufactura Integrado por Computadora ofrecen la fabricación de productos en serie considerando siempre calidad y cantidad de éstos. Los CIM's están integrados por sistemas robóticos, máquinas de CNC, control de procesos, estaciones de control de calidad, ensambladoras, unidades de almacenaje, etc., todo organizado por módulos ofreciendo versatilidad, flexibilidad y una alta producción en serie.



**Fig. 2 Centro de Manufactura Integrada**

### 3. Robot – Manipulador

Antes de entrar en detalles a cerca del funcionamiento del sistema es conveniente definir la diferencia entre robot y manipulador.

Un *ROBOT* es un manipulador automático servo controlado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectoria variables reprogramables, para la ejecución de tareas variadas. Normalmente tiene la forma de uno o varios brazos terminados en una muñeca. Su unidad de control incluye un dispositivo de memoria y ocasionalmente de percepción del entorno. Normalmente su uso es el de realizar una tarea de manera cíclica, pudiéndose adaptar a otra sin cambios permanentes en su material. [2]

En cambio un *MANIPULADOR* es un mecanismo formado generalmente por elementos en serie, articulados entre sí, con un sencillo sistema de control, destinado al agarre y desplazamiento de objetos. Es multifuncional y puede ser gobernado directamente por un operador humano o mediante dispositivos lógicos de los siguientes modos.

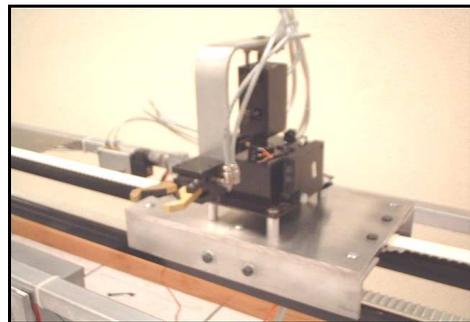
*Manual* - Cuando el operario controla directamente la tarea del manipulador.

*Secuencia fija* - Cuando se repite, de forma invariable, el proceso de trabajo preparado previamente

*Secuencia variable* - Se pueden alterar algunas características de los ciclos de trabajo.

El manipulador que se desarrolló consta de un cilindro neumático, de doble efecto, un pequeño motor de Corriente Continua, y un elemento terminal, cada uno de estos con sus diferentes aditamentos, como son electroválvulas, mangueras, reguladores de caudal y switch's de fin de carrera para evitar el descarrilamiento de la base móvil.

El manipulador es ubicado en la parte superior de una base móvil como puede ser observado en la Figura 3, la base móvil tiene un movimiento longitudinal mediante unas guías a través de las cuales es transportado el manipulador de forma paralela a la banda transportadora del Centro de Manufactura Integrada



**Fig. 3 Manipulador sobre Base Móvil**

Cada manipulador tiene una función en particular y como tal debe tener una herramienta la cual se encargará de llevar a cabo la tarea encomendada, para este sistema se optó por una herramienta de sujeción también llamada "gripper", como lo muestra la figura 4. La función que debe desempeñar éste elemento de sujeción es la de tomar el pallet.

### 4. Control del manipulador

#### 4.1 Sensor

Una vez llevada a cabo una investigación sobre el método de sensado y el tipo de sensor a utilizar para ésta aplicación, se optó por el método difuso con sensores Fotoeléctricos, esto fue debido a que otro tipo de metodología no se adaptaría y no se conseguiría el resultado esperado. Se adquirieron dos sensores de la marca BANNER serie SM512DBX [3], los cuales fueron colocados a los costados del manipulador con el objeto de detectar perfectamente al pallet cuando éste pase frente a él.

El fabricante recomienda que este sensor se use en aplicaciones donde el modo de operar no se vea afectado por este tiempo de respuesta ocasionando así que el objeto a sensar se pierda; cosa que no sucede para ésta aplicación. El sensor también debe responder a un tiempo donde el objeto ya no se encuentra ubicado en la posición de sensado, esto es para entrar en el estado de apagado. Este tiempo es de por lo menos 10ms. Otra ventaja importante de este sensor es la Repetibilidad ya que el tiempo de respuesta es muy bueno, del orden de 0.3ms permitiendo así que sea posible utilizar este sensor donde se requiere un control de posicionamiento con mucha Precisión.

#### 4.2 Microcontrolador

Un microcontrolador es la unión de tres tipos de dispositivos en un chip: un microprocesador, memorias y otros dispositivos periféricos. Evidentemente, el corazón del microcontrolador es un microprocesador, pero cabe recordar que el microcontrolador es para una aplicación concreta y no es universal como lo es un microprocesador.

Un microcontrolador puede ser utilizado con un número mínimo de componentes en trabajos específicos y en un amplio rango de aplicaciones.

La arquitectura está optimizada para aplicaciones industriales orientadas al control y a procesos en tiempo real de pequeña y mediana complejidad. [4]

Para la sincronización de la base del manipulador (mesa de trabajo) con la velocidad de la banda transportadora, fue necesario implementar un circuito para el control de velocidad del motor.

El motor será controlado para que desarrolle dos velocidades distintas. Una de estas velocidades será la que llevará la banda transportadora que es de 0.16 m/s a velocidad constante.

Esta será la velocidad a la que nosotros llamaremos relativa  $S_R$ , es la velocidad que se tendrá que igualar la mesa transportadora para que el manipulador neumático sea capaz de tomar el pallet.

Habrán instantes en donde la mesa de trabajo no se encontrará en la posición adecuada (se atrasará o se adelantará), por lo que existirá otra velocidad que tendrá que desarrollar la mesa de trabajo. Para los momentos en donde se **adelante** la mesa de trabajo al pallet el motor se quedará en una posición fija, mientras que para cuando la mesa de trabajo tenga que alcanzar al pallet cuando este se haya adelantado, además de regresar a su posición original **home**, existirá ésta segunda velocidad que tendrá que ser

mayor que la  $S_R$ , a ésta velocidad le llamaremos velocidad acelerada  $S_A$ , por lo que el Control Electrónico se encargará de seleccionar cual de las dos velocidades es la adecuada.

## 5. Diseño Mecánico

### 5.1 Análisis estático y dinámico

Para el adecuado funcionamiento del sistema de seguimiento es necesario obtener el modelo matemático, es decir, obtener las ecuaciones que nos ayuden a predecir su funcionamiento.

Es necesario conocer la masa total que estará sobre la base móvil, ya que esta jugará un papel de suma importancia. En ella se alojarán dos sensores fotoeléctricos un manipulador neumático, el pallet (cuando sea tomado), elementos de sujeción y sensores mecánicos (miniswitches). Todas estas partes juntas dan como total 3.7Kg.

De aquí, y por la segunda ley de Newton podemos conocer el peso que soportarán las guías sobre las cuales se deslizará la base. El peso obtenido es de 40N.

Con este resultado podemos realizar un análisis de elemento finito con la herramienta que el software ANSYS proporciona. En el cual se divide la estructura en elementos más simples y pequeños (figuras geométricas); se analiza cada uno de estos elementos y se observa su desempeño.

El análisis proporciona información sobre la ubicación y tamaño de las fuerzas y esfuerzos que estarán presente en nuestras guías y estructura final, de esta forma podemos decidir que material es el más conveniente para nuestros propósitos.

### 5.1 Transmisión

El sistema de transmisión se divide en tres secciones, en la primera se emplean poleas dentadas; en la segunda cadenas y catarinas; y en la tercera se ocupó un tren de engranes.

La velocidad angular a la que debe girar la polea es a 34 r.p.m. este medio de transmisión se seleccionó debido a que las poleas son eficientes, silenciosas, poseen gran precisión y su mantenimiento es mínimo.

Para transmitir el movimiento a las poleas se emplearon 2 catarinas y cadena. El trabajo a desarrollar es ligero, la velocidad de la catarina conducida es de 34 r.p.m. y la motriz de 64 r.p.m.

La última sección consiste en acoplar el par del motor de corriente directa con la catarina motriz, para este fin se propuso un tren de engranes, con una relación de velocidad de 0.065.

## 6. Funcionamiento

El funcionamiento del mecanismo consiste en que el manipulador se encuentre en una posición de “standby” (Fig. 4b) en lo que llamaremos “punto de partida”. Se encontrará en espera de la llegada del primer pallet (Fig. 4a), el cilindro neumático se encuentra arriba y el gripper abierto.



a) Pallet



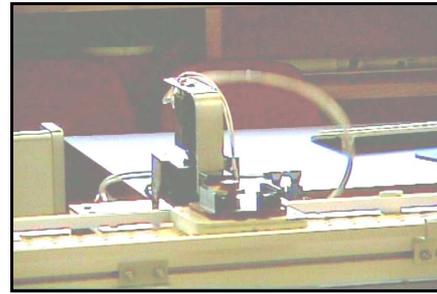
b) Manipulador en Standby

Fig. 4

El mecanismo de la base móvil entrará en acción cuando al menos una pequeña parte del pallet sea detectado, entonces el motor de la base se acciona.

Una vez alcanzada la velocidad de la banda por la base móvil, el microcontrolador se encarga de cerciorarse de que no ocurra un impacto entre el gripper y la pieza a retirar, por lo que no bajará el cilindro hasta que se encuentre en una posición adecuada. Cuando esto suceda el cilindro baja (Figura 5a) de forma tal que no perturbe al sistema, por ello es que se ocupan los reguladores de caudal, así e cilindro tiene un control en la subida y la bajada.

El gripper se acciona inmediatamente después de que el cilindro baja (Figura 5b), así con el pallet sujetado el cilindro vuelve a subir y se acciona el segundo motor ubicado en la base del manipulador, su tarea es la de cambiar de posición (Figura 6a) al manipulador y depositar al pallet en una base ubicada al final de la mesa, para ello el cilindro gira 180° (Figura 6b).



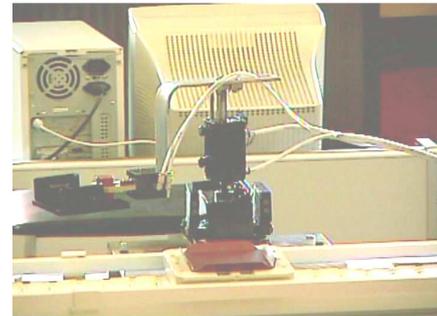
a) Pistón abajo



b) Sujeción del pallet

Fig. 5

El giro que realizará el manipulador para depositar el pallet en la base fija se llevará a cabo por medio de un motor eléctrico de 12 V de Corriente Directa, este tiene un reductor de velocidad integrado, haciendo al motor más lento y con un torque mas fuerte.



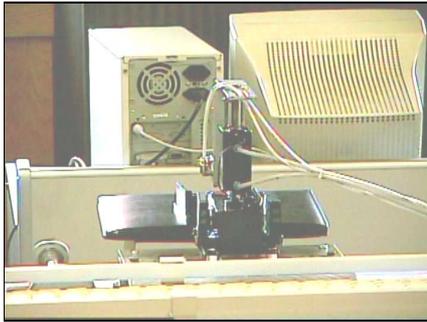
a) Retiro del pallet



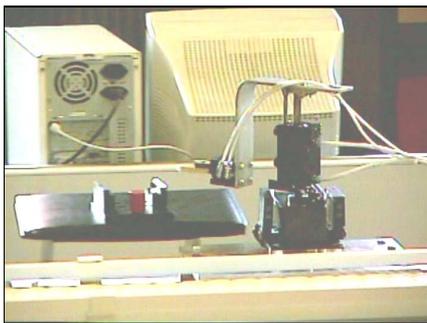
b) Giro del Manipulador a 180°

Fig. 6

Cuando el manipulador se ha posicionado, deposita el pallet en una base ubicada al final de la mesa de trabajo ésta acción se efectúa de la misma secuencia en que se tomó el pallet; es decir, baja-cilindro, abre-gripper (Figura 7a), sube-cilindro y por último cambia a su posición original, regresando al punto de partida de la mesa transportadora (Figura 7b)



a) Pallet en la Base



b) Regresa al punto de partida

**Fig. 7**

## 7. Conclusiones

El prototipo realizado cumple con el objetivo planteado que es esencialmente seguir al pallet y retirarlo con ayuda del manipulador. El interés que se busca es el que se acople con algún proceso de manufactura en el CIM. Consiguiéndose los siguientes objetivos:

- Reducir los niveles de stock y aumentar su rotación
- Se lograría un control de los niveles de stock en tiempo real.
- Aumentar la disponibilidad de las máquinas, mediante la reducción de los tiempos de preparación y puesta a punto (tiempos muertos).
- Incrementar la productividad.
- Mejorar el nivel de servicio.

Sobre las mejoras que se podrían realizar en un futuro al sistema se podría adaptar el sistema con el CIM para esto sería necesario una comunicación con el PLC central, con ello se lograría detectar que pieza se encuentra en cada pallet y por consiguiente cuáles son los pallets a ser retirados en cada proceso. Realizando las mejoras necesarias este sistema se puede ubicar en los módulos del CIM, las mejoras radicarían en la transmisión y de igual forma en el control.

De lograrse estas, el sistema no sería para aplicación única en el CIM. Si no que se podría utilizar en cualquier otro Centro de Manufactura. De igual forma y con las mejoras necesarias el sistema puede ser adaptado a escala industrial para realizar otros sencillos procesos u operaciones de cómo son: algún proceso de inspección de control de calidad, ensamble de piezas, proceso de pintura o recubrimientos, selección y/o retiro de objetos no deseados.

## Referencias

- [1] E. García Moreno, "Automatización de procesos industriales" Alfaomega, España, 29, 2001
- [2] J. M. Angulo, R. Áviles, "Curso de Robótica" Paraninfo, España, 1989
- [3] [www.banner.com](http://www.banner.com)
- [4] A. Vega, "Informe Técnico: Manual y Aplicaciones del 8051" CINVESTAV, México