

CAPITULO IV. Sistemas Flexibles de Manufactura

Un Sistema Flexible de Manufactura o FMS (de Flexible Manufacturing System), integra todos los elementos principales de la manufactura en la forma de un sistema automatizado. Los FMS, que comenzaron a usarse a fines de la década de 1960, consisten en varias celdas de manufactura, cada una con un robot industrial que da servicio a varias máquinas, y en un sistema automatizado de manejo de materiales, todos ellos interrelacionados mediante un computador central.

Estos sistemas difieren de los talleres tradicionales, ya que en ellos las máquinas no están forzosamente agrupadas de acuerdo al tipo de proceso que hacen, sino que se tiene una integración “inteligente” de máquinas que pueden producir una familia de piezas. La ventaja de este tipo de distribución es que las piezas en proceso pierden menos tiempo en su traslado de un sitio a otro ya que generalmente cada celda de manufactura tiene su propio sistema para trasladar los elementos de una máquina a otra en el orden requerido.

Los sistemas FMS hacen posible la fabricación multietapas automatizada de una amplia variedad de piezas, estando diseñados para producir familias de artículos que pueden ser elaborados de forma simultánea y aleatoria. Son capaces de responder a situaciones en las que se demandan cantidades variables de diferentes piezas, por lo que se suele afirmar que actúan como un puente entre los sistemas de alto volumen y baja variedad y los sistemas de bajo volumen y alta variedad, lo cual proporciona parte de la flexibilidad asociada normalmente a las configuraciones intermitentes, junto a algunas de las economías de escala características de los sistemas de flujo continuo. El principio sobre el que se basa este enfoque es el de proporcionar la suficiente flexibilidad para producir componentes que puedan ser introducidos en el sistema sobre una base completamente aleatoria.

Para calificar a un sistema de manufactura como flexible este debe cumplir varios criterios, tales como: a) procesar diferentes estilos de partes, pero no por el modelo de lotes, b) aceptar cambios en el programa de producción, c) responder en forma inmediata cuando se presenten averías y errores del equipo en el sistema, y d) aceptar la introducción de nuevos diseños de partes. Los dos primeros son los criterios

más importantes, mientras que los últimos pueden instrumentarse en distintos niveles de sofisticación. Si el sistema automatizado no cumple estos cuatro criterios, no debe clasificarse como un Sistema Flexible de Manufactura.

Los sistemas FMS no son totalmente flexibles, debido a que están limitados al porte cúbico y forma general de las partes. Por lo tanto, una planta que esté operando con el concepto de Sistema Flexible de Manufactura, debe poseer múltiples FMS para hacer todas las partes para un ensamble complejo. El concepto de manufactura enfocada puede permitir a muchas plantas pequeñas producir un tipo simple de producto.

4.1 Funcionamiento del FMS

La operación de un FMS es relativamente simple. Su funcionamiento es, básicamente, el siguiente: los operarios llevan las materias primas hacia las estaciones de carga y descarga de materiales, donde el Sistema Flexible de Manufactura comienza su actividad. Típicamente, un FMS es programado para operar de acuerdo a objetivos predefinidos, por ejemplo, la optimización del flujo de materiales o la maximización de uso de las estaciones. El computador central selecciona una pieza específica para ser fabricada de acuerdo a los programas de producción almacenados en su memoria. Los elementos de transporte comienzan a mover los materiales hacia los diferentes centros de trabajo, los fija en la máquina y luego ejecuta el programa, y así sucesivamente. Grabados en el mismo computador se encuentran los pasos para todos los procesos de las distintas piezas, de tal manera que sea él quien discierne cuál será la máquina que empezará tal o cual pieza. Asimismo, será él quien tome las decisiones de cuando una máquina deja de operar, ya sea por ubicación o por tiempo. De esta manera, las piezas viajan simultáneamente por el sistema en orden aleatorio, parando sólo en estaciones seleccionadas. El objetivo perseguido es la sincronización de las actividades, de forma que se maximice la utilización del sistema. Como las máquinas automáticas pueden ser utilizadas para la ejecución de diversas tareas, es posible cambiar rápidamente sus herramientas, con lo que los tiempos de lanzamiento son muy cortos. Esta flexibilidad posibilita además, que una operación pueda ser realizada por más de una máquina, dando lugar a la aparición de celdas virtuales. Gracias a ello, la producción puede continuar aunque algunas máquinas estén paradas por cuestiones de mantenimiento.

Cambiando y combinando las rutas a seguir se evitan los embotellamientos. Cuando el procesamiento está completo, las piezas terminadas son enviadas a la estación de carga/descarga, donde son removidas por el operador.

4.2 Planificación de la Producción en FMS

Como un Sistema Flexible de Manufactura implica una gran inversión de capital, es esencial la utilización eficiente de las máquinas: no deben estar ociosas. En consecuencia, son fundamentales una calendarización y una planeación de proceso adecuada.

La calendarización para el FMS es dinámica, a diferencia de la que se usa en los talleres, que se apega a un programa relativamente rígido para efectuar un conjunto de operaciones que se deben ejecutar sobre cada pieza, e identifica las máquinas o las celdas de manufactura que se deben usar. La calendarización dinámica puede responder a cambios repentinos de tipo de producto, por lo que debe tomar decisiones en tiempo real.

Por la flexibilidad en un FMS, no se desperdicia tiempo de preparación al cambiar entre operaciones de manufactura; el sistema es capaz de efectuar varias operaciones en distintos órdenes y en máquinas diferentes. Sin embargo, se deben comprobar las características, eficiencia y confiabilidad de cada unidad del sistema, para asegurar que las piezas que pasan de una estación de trabajo a otra sean de la calidad y precisión dimensional requerida.

4.3 Características del FMS

Las principales características de los Sistemas Flexibles de Manufactura son:

- Capacidad de adaptación al entorno, ya que pueden producir gran variedad de productos.
- Utilización de una maquinaria que se puede emplear para varias operaciones.
- Secuencia de operaciones variable, ya que el movimiento de materiales no es uniforme.
- Necesidad de mano de obra calificada.

4.4 Clasificación de los FMS

Los FMS, en general, se pueden clasificar en los siguientes rubros: celdas de manufactura para conformado de piezas, celdas de ensamble, celdas de inspección, celdas de acabados y celdas de almacenamiento.

Las estaciones de manufactura contienen una serie de máquinas, en su gran mayoría de control numérico para tener una mayor flexibilidad, que podrán elaborar los procesos necesarios para fabricar las piezas de una o más familias. Las estaciones de ensamble generalmente tienen una serie de robots manipuladores que unirán todos los elementos necesarios para obtener un producto final, pueden igualmente atornillar piezas o soldar elementos entre ellos, gracias a que buena parte de los manipuladores de hoy en día pueden utilizar una gran variedad de herramientas.

Desde luego, una de las estaciones más importantes puede ser la de inspección que no sólo es la encargada del control de calidad de los elementos, sino que puede de igual manera desarrollar tareas como el conteo de piezas, entre otras. El control dimensional que pueden llegar a desarrollar las celdas de inspección no sólo ayuda a ver si un elemento está o no correcto de acuerdo a las especificaciones de diseño, sino que puede inclusive retroalimentar la información recopilada a la red para así indicarle a las máquinas que están cometiendo algún error -posiblemente por desgaste de la herramienta - y como corregirlo, o que ya es necesario que cambie la herramienta antes de que el error en cierta dimensión salga de las especificaciones. Para un control adecuado, es necesario tener varias estaciones de este tipo, o hacer pasar las piezas varias veces por éstas estaciones, además que con un adecuado control estadístico, no es necesario revisar todas y cada una de las piezas que pasan por la línea. Todo esto ayudará a obtener un producto de mejor calidad y a un costo menor.

En las celdas de acabado, se desarrollan tareas de pintado, horneado de la pintura, colocación de emblemas, procesos de serigrafía, etc. según lo que requiera cada producto.

Cabe mencionar que es posible tener más de una celda que pueda pertenecer a más de una de las descripciones anteriores, tal es el caso de las celdas o sistemas de almacenamiento, que, en algunas ocasiones pertenecen a alguna celda específica, como puede ser el caso de las celdas de ensamble, en el que por un lado van llegando las

piezas sueltas que serán ensambladas con otras, y luego llevadas al almacén esperando ser despachadas. Por otro lado se pueden tener almacenes generales, es decir, tener posiblemente un pequeño almacén en cada una de las celdas, pero tener un almacén central controlado por el mismo sistema de cómputo, de manera que cuando una de las celdas requiera una pieza que se encuentra en el almacén, ésta sea enviada mediante un vehículo guiado automáticamente o puesta sobre la banda transportadora, para que en cualquier momento llegue al puesto en que sea requerida. Inclusive se puede tener una sección del almacén encargada de las piezas en bruto, de manera que el mismo manipulador las vaya colocando sobre las paletas que las contendrán hasta que sean procesadas. Estos son llamados Almacenes Inteligentes ya que tienen la capacidad de decidir la secuencia en que serán ejecutadas las diferentes órdenes de trabajo, ello gracias a sistemas de cómputo que reciben la información del resto de las estaciones de la red, dando como resultado una gran eficiencia al almacén.

4.5 Integración de los Componentes de un FMS

Un FMS está formado por un hardware y un software que debe integrarse en una unidad eficiente y confiable, que también incluye personal humano.

- Componentes de hardware. Un FMS incluye estaciones de trabajo, un sistema de manejo de materiales y una computadora central. Las estaciones de trabajo incluyen las maquinas de fabricación, además de estaciones de inspección, de limpieza de partes y otras, según sean necesarias.

El sistema de manejo de materiales es el medio para mover las partes entre las estaciones. Este sistema incluye una capacidad limitada para almacenar. Entre los más frecuentes están los transportadores de rodillos, los carros enganchados al piso, los vehículos controlados en forma automática y los robots industriales.

El sistema de manejo establece la distribución básica del FMS. Se distinguen cinco tipos de distribución: a) en línea, b) en ciclo, c) en escalera, d) a campo abierto y e) celda centrada en un robot (ver figura 4.1). El diseño en línea usa un sistema de transferencia lineal para mover las partes entre las estaciones de trabajo y las de carga/descarga. La distribución en línea generalmente tiene

capacidad de movimiento en dos direcciones; de lo contrario, los diferentes estilos de partes hechos por el sistema deben seguir la misma secuencia básica de procesamiento debido al flujo en una dirección. La distribución en ciclo consiste en un transportador o ciclo de estaciones de trabajo ubicadas en su periferia. Esta configuración permite cualquier secuencia de procesamiento, debido a que es posible acceder a cualquier estación desde otra. Esto también se aplica a la distribución en escalera, en la cual las estaciones de trabajo se ubican en los peldaños de la escalera. La distribución a campo abierto es la configuración del FMS más compleja y consiste en varios ciclos enlazados. Por último, una celda centrada en un robot consiste en un robot cuyo volumen de trabajo incluye las posiciones de carga/descarga de las máquinas de la celda.

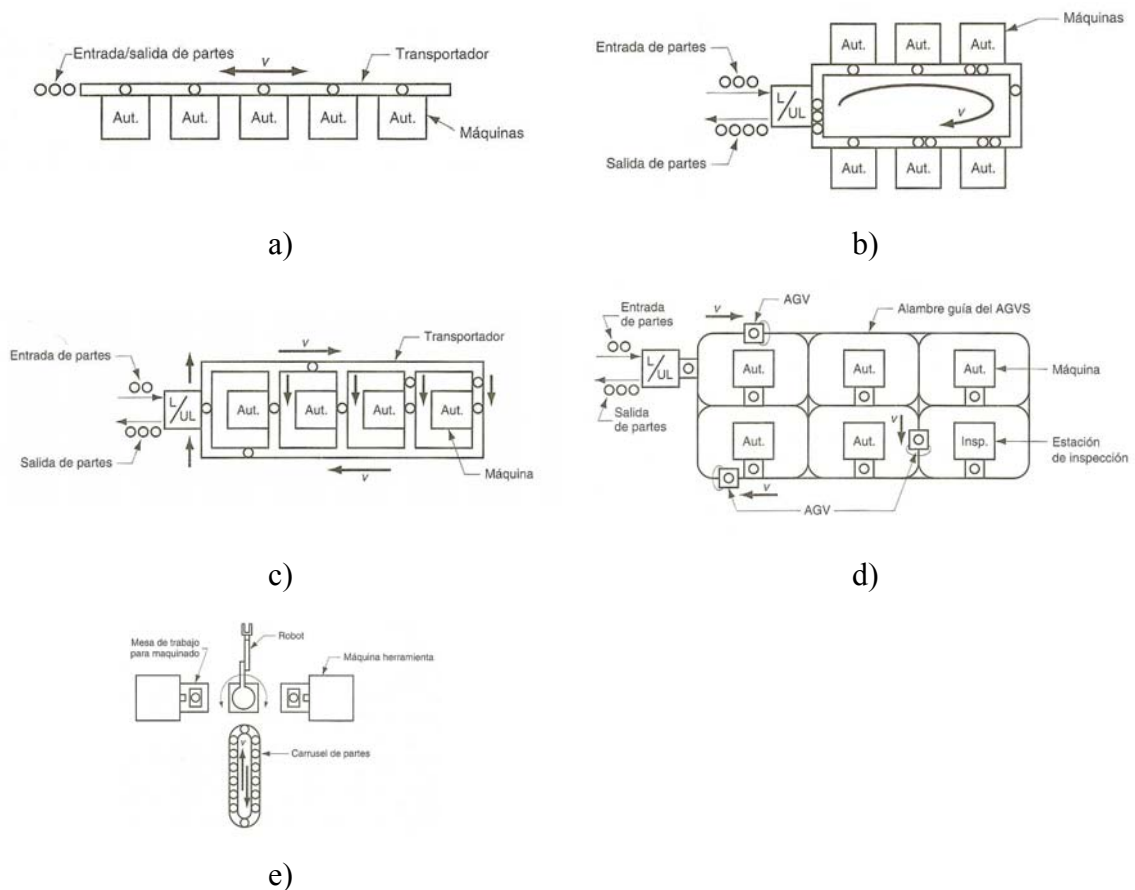


Figura 4.1 Tipos de distribución de un FMS: a) en línea, b) en ciclo, c) en escalera, d) a campo abierto y e) celda centrada en un robot.

El FMS también incluye una computadora central que hace interfaz con otros componentes del hardware. Además de la computadora central, las maquinas individuales y otros componentes generalmente tienen microcomputadoras como sus unidades de control individual. La función de la computadora central es coordinar las actividades de los componentes para obtener una operación general fluida del sistema. Esta función se realiza por medio del software de aplicación.

- Software para un FMS y funciones de control. El software para un FMS consiste en módulos asociados con las diversas funciones que ejecuta el sistema de manufactura. Por ejemplo, una función implica cargar programas de partes de control numérico a las maquinas-herramientas individuales, otra función se relaciona con el control del sistema de manejo de material, otra se refiere a la administración de las herramientas, y así sucesivamente.

Con las funciones de control, se envían datos y comandos desde la computadora central a las maquinas individuales y otros componentes de hardware, y se transmiten datos acerca de la ejecución y el rendimiento desde los componentes hacia la computadora central.

- Mano de obra humana. Un componente adicional en la operación de un Sistema Flexible de Manufactura es la mano de obra humana. Entre las actividades que realizan los trabajadores están: cargar y descargar partes del sistema, cambiar y preparar las herramientas, dar mantenimiento y preparar el equipo, programar partes con control numérico, operar y administrar el sistema.

4.6 Aplicaciones de los FMS

Los Sistemas Flexibles de Mecanizado son las aplicaciones más comunes en la tecnología de un FMS. Debido a la flexibilidad y capacidad implícitas del control numérico, es posible conectar varias maquinas herramientas a una pequeña computadora central y diseñar métodos automatizados para transferir las partes de trabajo entre las maquinas.

Además de los sistemas de mecanizado, se han desarrollado otros tipos de FMS, aunque el estado de la tecnología en estos procesos no ha permitido su instrumentación

en la misma forma que en el maquinado. Los otros tipos de sistemas incluyen el ensamble, la inspección, el procesamiento de láminas (perforado, corte con cizalla, doblado y embutido) y el forjado.

4.7 Ventajas de un FMS

Los beneficios de los sistemas FMS no se obtienen de forma fácil y asequible. Por una parte porque un sistema FMS puede irse configurando secuencialmente y, por otra, porque la inversión requerida puede ser inferior a lo que costaría adquirir la misma capacidad productiva mediante equipos o máquinas convencionales. Así, las principales ventajas de un Sistema Flexible de Manufactura son:

- Las piezas pueden ser producidas en forma aleatoria, en tamaños de lote desde una pieza y a menor costo unitario.
- Proporciona flexibilidad a un amplio rango de componentes y tamaños de series.
- Se reduce la mano de obra directa, debido a la reducción de ajustes y soportes de las tareas manuales de manipulación de materiales y a la automatización del control de las máquinas.
- Al realizarse las operaciones sin intervención humana se incrementa la utilización de las máquinas, se reducen los costos de fabricación.
- Se reducen inventarios de trabajo en proceso, dado que los materiales se desplazan directamente de máquina a máquina, y se obtienen ahorros respecto a los sistemas convencionales.
- Reducción en cantidad de maquinas. La utilización de un equipo instalado en un FMS puede ser hasta tres veces superior a la que se consigue con la máquina convencional, por lo que son necesarias menos máquinas, lo que a su vez, supone una menor necesidad de herramientas.
- Reducción del tiempo de respuesta. El tiempo de lanzamiento o el de cambio para la preparación de la máquina es relativamente bajo porque muchas de las tareas están automatizadas y se desarrollan siguiendo las instrucciones del computador.
- Calidad consistente. Al eliminar una gran parte de las tareas realizadas manualmente, la variabilidad desciende significativamente y se puede obtener

una calidad consistente a lo largo de las operaciones del sistema. La producción es más confiable, porque el sistema se autocorriga, por lo que la calidad del producto es uniforme.

- Mejoras en el control del trabajo. Cuando hay un menor número de artículos esperando para ser procesados es mucho más sencillo controlarlos.
- Mejora la estimación de tiempos de proceso.

4.8 Desventajas de un FMS

Los Sistemas Flexibles de Manufactura presentan también las siguientes desventajas:

- Las limitaciones del sistema FMS. No todas las situaciones en las que se fabrica una variedad intermedia de artículos y un volumen moderado de éstos son aptas para la instalación de un FMS.
- Es necesario que existan familias de piezas que puedan ser producidas en las mismas máquinas y dentro de los mismos límites de tolerancia; suele ser necesaria la estandarización de los artículos a fabricar, a fin que puedan ser elaborados correctamente por las máquinas NC.
- Un sistema FMS suele reemplazar a varias máquinas, que pueden quedarse obsoletas en diferentes momentos; sin embargo, las empresas suelen preferir llevar a cabo una serie de pequeñas inversiones a lo largo del tiempo, para ir sustituyendo poco a poco los equipos viejos, en lugar de efectuar una gran inversión que sustituya a todos al mismo tiempo.
- Largo ciclo de planificación previo y otro de desarrollo a fin de poder asegurar el éxito del sistema; muchos directivos, sin embargo, toman sus decisiones pensando tan sólo en el largo plazo, por lo que la complejidad inherente a la instalación de un FMS queda fuera de sus intereses. A menudo, la mejor opción suele consistir en ir evolucionando poco a poco como sistema: se puede empezar utilizando máquinas CNC que, posteriormente, se conectan mediante un sistema automático para la gestión y el transporte de los materiales y por último, se desarrolla y se instala el sistema central regido por el computador y el software que se encargará de controlar y dirigir el sistema.