

1 Mecatrónica

1.1 ¿Qué es la mecatrónica?

Considere una cámara fotográfica con enfoque y exposición automáticos. Para tomar una fotografía basta con apuntar hacia el objeto y oprimir un botón. La cámara ajusta el foco y el tiempo de exposición de manera automática, de forma que el objeto queda debidamente enfocado y con el tiempo de exposición correcto. Considere el caso de la suspensión “inteligente” de un camión. Este tipo de suspensión se ajusta para mantener la plataforma nivelada en caso de cargas distribuidas de manera desigual; también se ajusta cuando el camión toma curvas cerradas y cuando va por caminos con baches, etcétera, para mantener un trayecto suave. Y ahora considere el caso de una línea de producción automatizada. En ella se llevan a cabo diversos procesos de producción, todos de manera automática, y en la forma y secuencia correctas. La cámara automática, la suspensión del camión y la línea de producción automática son ejemplos de la fusión de los sistemas de control electrónico y la ingeniería mecánica.

En este tipo de sistemas por lo general se emplean microprocesadores para el control y sensores eléctricos que obtienen información de las entradas y salidas mecánicas, que a través de los actuadores van hacia los sistemas mecánicos. El término *mecatrónica* se usa para describir la integración de sistemas de control basados en microprocesadores, sistemas eléctricos y sistemas mecánicos. Un sistema mecatrónico no es simplemente la unión de sistemas eléctricos y mecánicos, y es más que un simple sistema de control: es una integración completa de todo lo anterior.

Actualmente, en el diseño de autos, robots, máquinas-herramienta, lavadoras, cámaras y muchos otros dispositivos, se adopta cada vez con mayor frecuencia este enfoque integrado e interdisciplinario para el diseño en ingeniería. A fin de poder diseñar sistemas de menor costo, más confiables y flexibles es necesario lograr desde las primeras etapas del proceso de diseño la integración a través de las fronteras tradicionales de las ingenierías mecánica, eléctrica, electrónica y de control. La mecatrónica adopta un enfoque concurrente o participativo entre estas disciplinas en lugar del enfoque secuencial tradicional del desarrollo, digamos, un sistema mecánico, luego el diseño de la parte eléctrica y después del microprocesador

En la mecatrónica se conjuntan áreas tecnológicas relacionadas con sensores y sistemas de medición, sistemas de manejo y accionamiento, análisis del comportamiento de los sistemas, sistemas de control y sistemas basados en microprocesadores. Lo anterior podría resumir el contenido de este libro. Este capítulo es una introducción al tema y en él se presentan diversos conceptos básicos que servirán como marco de referencia para los capítulos restantes donde se presentarán los detalles respectivos.

1.2 Sistemas

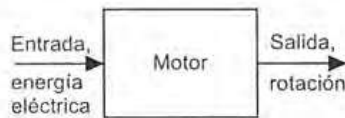


Figura 1.1 Ejemplo de un sistema

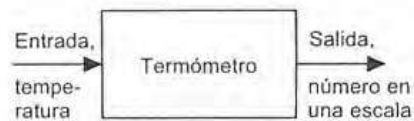


Figura 1.2 Ejemplo de un sistema de medición

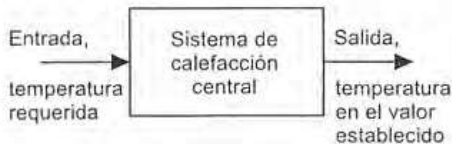


Figura 1.3 Ejemplo de un sistema de control

La mecatrónica trabaja con lo que se conoce como sistemas. Un *sistema* puede concebirse como una caja con una entrada y una salida y de la cual no nos interesa su contenido, sino la relación que existe entre la salida y la entrada. Por ejemplo, un motor se podría considerar como un sistema cuya entrada es la alimentación de energía eléctrica y la salida es la rotación de un eje. En la figura 1.1 se muestra la representación de un sistema de este tipo.

Un *sistema de medición* se podría considerar como una caja negra que se utiliza para medir. Su entrada es la magnitud que se desea medir y su salida es el valor correspondiente a dicha magnitud. En el caso de un sistema de medición de temperatura, como, un termómetro, la entrada es la temperatura y la salida es un número que aparece en una escala. En la figura 1.2 se muestra la representación del sistema anterior.

Un *sistema de control* puede considerarse como una caja negra que sirve para controlar la salida de un valor o secuencia de valores determinados. Por ejemplo, la entrada de un sistema de control de calefacción central doméstica correspondería al valor de la temperatura que se desea tener en el interior de una casa; su salida sería mantener la casa a esa temperatura; es decir, se fija en el termostato o controlador el valor de la temperatura deseada y hay un ajuste en la caldera de modo que el agua bombeada a través de los radiadores produzca la temperatura deseada en la casa. La figura 1.3 es una representación de este sistema.

1.3 Sistemas de medición

En general, puede decirse que los sistemas de medición están formados por tres elementos (como se muestra en la figura 1.4):

1. Un *sensor* que responde a la cantidad que se mide dando como salida una señal relacionada con dicha cantidad. Un termopar es un ejemplo de sensor de temperatura. Su entrada es una temperatura y su salida es una fem (fuerza electromotriz), la cual se relaciona con el valor de la temperatura.

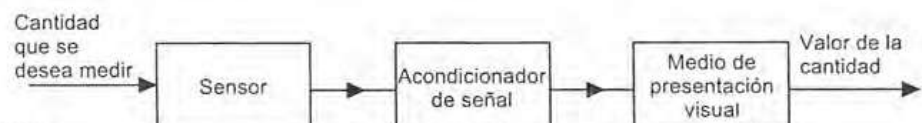


Figura 1.4 Un sistema de medición y los elementos que lo forman

2. Un *acondicionador de señal* que toma la señal del sensor y la manipula para convertirla a una forma adecuada para su presentación visual o, como en el caso de un sistema de control, para que se ejerza una acción de control. Por ejemplo, la salida que produce un termopar es una fem tan pequeña, que debe alimentarse a través de un amplificador para obtener una señal mayor. El amplificador es el acondicionador de la señal.
3. Un *sistema de presentación visual* (pantalla o exhibidor) donde se despliega la salida producida por el acondicionador de señal. Por ejemplo, una aguja que se mueve a través de una escala o una lectura digital.

Considere el ejemplo de un termómetro digital. En la entrada hay un sensor de temperatura, tal vez un diodo semiconductor. La diferencia de potencial en el sensor, a corriente constante, representa una medida de la temperatura. Mediante un amplificador operacional, se amplifica la diferencia de potencial y se obtiene un voltaje con el cual se puede manejar directamente una pantalla. Tanto el sensor como el amplificador operacional pueden estar instalados en el mismo *chip* de silicio.

En el capítulo 2 se presenta el tema de los sensores y en el capítulo 3 el de los acondicionadores de señal. En el capítulo 4 se abordan los sistemas de medición tomando en cuenta todos sus elementos. Para mayor información sobre los sistemas de medición, se sugiere al lector consultar textos más especializados sobre éste tema; por ejemplo, *Instrumentation Reference Book* publicado por B.E. Noltingk (Butterworth-Heinemann, 1995), *Measurement and Instrumentation Systems* de A.S. Morris (Newnes, 2001) o *Newnes Instrumentation and Measurement* de W. Bolton (Newnes, 1991, 1996, 2000).

1.4 Sistemas de control

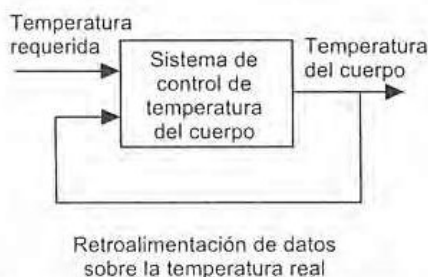


Figura 1.5 Control realimentado de temperatura del cuerpo humano.

A menos que se esté enfermo, la temperatura del cuerpo humano es casi constante, independientemente de que se encuentre en un ambiente frío o caliente. Para poder mantener este valor de temperatura constante, el cuerpo cuenta con un sistema de control de temperatura. Si la temperatura del cuerpo empieza a rebasar el valor normal, suda; si disminuye, tiene escalofríos. Ambos mecanismos sirven para restaurar la temperatura a su valor normal. El sistema de control mantiene constante la temperatura. Este sistema recibe una entrada enviada por sensores que le dicen cuál es la temperatura y compara estos datos con el valor que debe tener; a continuación produce la respuesta adecuada a fin de lograr la temperatura requerida. El anterior es un ejemplo de *control realimentado*; las señales de salida regresan como entrada para modificar la reacción del cuerpo a fin de restaurar la temperatura a su valor 'normal'. En un *control realimentado*, el sistema de control compara la salida real realimentada con el valor que se requiere y ajusta su salida de acuerdo con el resultado. En la figura 1.5 se ilustra este sistema de control realimentado.

Una manera de controlar la temperatura de una casa con calefacción central sería que una persona con un termómetro estuviera

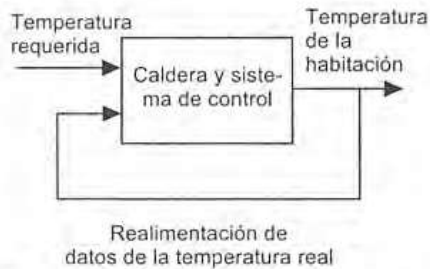


Figura 1.6 Control por realimentación de la temperatura de una habitación

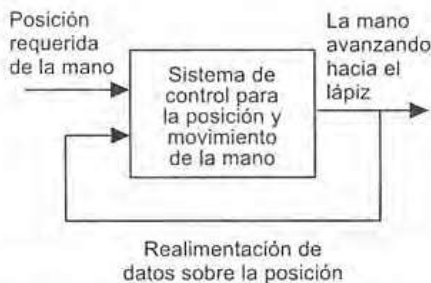


Figura 1.7 Control realimentado para tomar un lápiz.

cerca del interruptor de apagado/encendido de la caldera y la encendedora o apagadora, dependiendo del resultado de la lectura del termómetro. La anterior es una forma burda de control realimentado, con un ser humano como elemento de control. El término realimentación se usa porque las señales se alimentan de regreso desde la salida para modificar la entrada. El sistema de control realimentado más común tiene un termostato o controlador, el cual automáticamente enciende o apaga la caldera, según la diferencia entre la temperatura predeterminada y la temperatura real (figura 1.6). Este sistema de control permite mantener una temperatura constante.

Si alguien desea tomar un lápiz que está sobre una banca, debe recurrir a un sistema de control para garantizar que la mano llegue hasta el lápiz. Para ello, la persona observa la posición de su mano en relación con el lápiz, hace los ajustes necesarios de posición al moverla hacia el lápiz. Se tiene una realimentación de información relativa a la posición real de la mano, para poder modificar sus reacciones y lograr los movimientos y posición de la mano requeridos (figura 1.7). Este sistema de control regula la posición y el movimiento de la mano.

Los sistemas de control realimentados están presentes en todas partes, no sólo en la naturaleza y el hogar, sino también en la industria. Son muchos los procesos y máquinas industriales que requieren control, ya sea humano o automático. Por ejemplo, existen procesos en donde la temperatura, el nivel de un líquido, el flujo de fluidos, la presión, etcétera, se mantienen constantes. Hay procesos químicos en los que es necesario mantener el líquido de un tanque a un nivel o temperatura determinados. Existen sistemas de control en los que es necesario colocar en cierta posición una parte móvil, de manera precisa y constante, o bien mantener una velocidad constante. Sería el caso, de un motor diseñado para trabajar a velocidad constante; o de una operación de maquinado, en la cual la posición, velocidad y operación de una herramienta se controlan de manera automática.

1.4.1 Sistemas en lazo cerrado y en lazo abierto

Existen dos tipos básicos de sistemas de control: en *lazo abierto* y en *lazo cerrado*. La diferencia entre ellos se ilustrará con un ejemplo sencillo. Considere un calentador eléctrico que cuenta con un interruptor que permite elegir entre un calefactor de 1 kW o de 2 kW. Si una persona utilizara el elemento de calefacción para calentar una habitación, bastaría con poner el interruptor en la posición de 1 kW si no desea una temperatura muy elevada. La habitación se calentará y alcanzará una temperatura definida sólo por la elección del calefactor de 1 kW, no el de 2 kW. Si se producen cambios en las condiciones, quizás si alguien abre una ventana, no hay forma de ajustar el calor para compensar el frío. Éste es un ejemplo de control en lazo abierto, ya que no se realimenta la información al calefactor para ajustarlo y mantenerlos a una temperatura constante. El sistema de calefacción y su calefactor se pueden convertir en un sistema en lazo cerrado si la persona que tiene el termómetro enciende y apaga los

calefactores de 1 kW y 2 kW, dependiendo de la diferencia entre la temperatura real y la temperatura deseada para mantener constante la temperatura de la habitación. En este caso existe una realimentación, la entrada del sistema se ajusta según si su salida corresponde a la temperatura requerida. Esto significa que la entrada del interruptor depende de la desviación de la temperatura real respecto a la temperatura deseada; la diferencia entre ambas se obtiene mediante un comparador, que en este caso es la persona. En la figura 1.8 se muestran ambos sistemas.

Para ilustrar aún más las diferencias entre los sistemas en lazo abierto y cerrado, considere un motor. Con un sistema en lazo abierto, la velocidad del eje está determinada sólo por el ajuste inicial de una perilla que afecta el voltaje aplicado al motor. Cualquier cambio en el voltaje de alimentación, o en las características del motor como consecuencia de cambios en la temperatura, o bien en la carga del eje, cambiará su velocidad, pero sin compensar dicho cambio. No existe realimentación. En el caso de un sistema en lazo cerrado, el ajuste inicial de la perilla de control corresponde a cierta velocidad del eje, que se mantendrá constante mediante la realimentación, independientemente de los cambios en el voltaje de alimentación, las características del motor o la carga. En un sistema en lazo abierto, la salida del sistema no tiene efecto en la señal de entrada. En un sistema de control en lazo cerrado, la salida sí tiene efecto en la señal de entrada, modificándola para mantener la señal de salida en el valor requerido.

Los sistemas en lazo abierto tienen la ventaja de ser relativamente sencillos, por lo que su costo es bajo y en general su confiabilidad es buena. Sin embargo, con frecuencia son imprecisos ya que no hay corrección de errores. Los sistemas en lazo cerrado tienen la ventaja de ser bastante precisos para igualar el valor real y el deseado. Pero son más complejos y, por lo tanto, más costosos y con mayor probabilidad de descomposturas debido a la mayor cantidad de componentes.

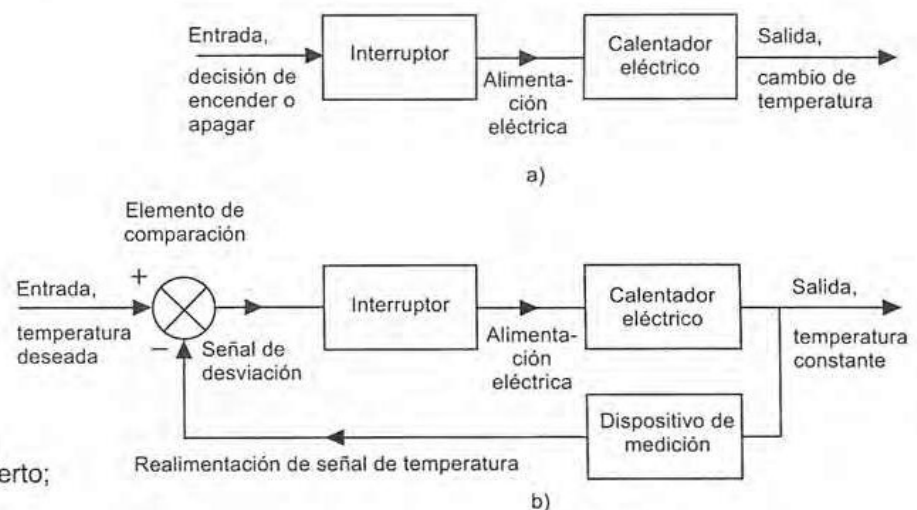


Figura 1.8 Calefacción de una habitación: a) sistema en lazo abierto; b) sistema en lazo cerrado