

## NI SoftMotion: Cree Su Propio Controlador de Movimientos en Cualquier Plataforma Utilizando LabVIEW

### Introducción

El control de movimientos involucra la realización precisa del control de posición, velocidad y torque de un dispositivo electromecánico rotatorio o lineal. Los controladores de movimientos evolucionaron de ser parte de sistemas autónomos orientados hacia aplicaciones específicas a ser basados en Procesadores Digitales de Señales (DSP) y estar disponibles para una variedad de aplicaciones sobre diferentes tipos de buses.

La tecnología NI SoftMotion presenta la nueva generación de control de movimientos, con la cual se puede definir un controlador de movimientos eligiendo el procesador y las E/S en base a requerimientos de precio vs. rendimiento.

Con el Módulo de Desarrollo NI SoftMotion para LabVIEW, ahora se puede crear un controlador de movimiento personalizado usando un dispositivo multifunción de adquisición de datos de la Serie M o un Compact FieldPoint con actualizaciones de servo de hasta 1 kHz. También se pueden crear controladores de alta precisión y extremadamente flexibles utilizando los módulos reconfigurables de E/S de la Serie R o un dispositivo CompactRIO con actualizaciones de servo de hasta 200 kHz por cada eje del movimiento.

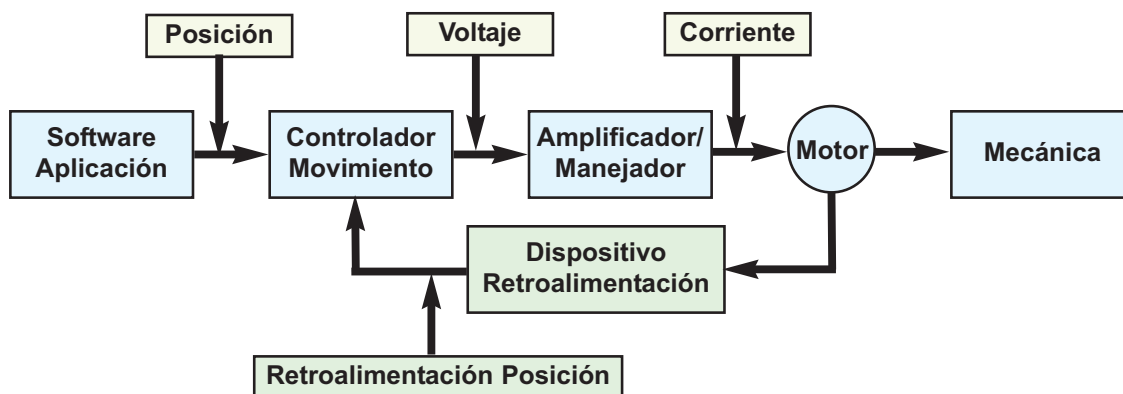


Figura 1: Arquitectura de un sistema de control de movimientos.

### NI SoftMotion: La Próxima Generación de Control de Movimientos

Tradicionalmente, los componentes de un control de movimientos estaban integrados dentro de un solo sistema. El tiempo total del ciclo para cada movimiento del controlador de movimientos incluía intervalos para el inicio y final de un movimiento, intervalos para realizar otras operaciones e intervalos adicionales por la latencia del software. Los tiempos de ciclos no podían ser consistentes debido a que no había manera de tener en cuenta los errores de temporizado (tales como *backlash* y condiciones cambiantes) producidos por las alinealidades del hardware. Disminuyendo el tiempo requerido para acelerar y desacelerar disminuía el tiempo total del ciclo aunque también creaba requerimientos de mayores fuerzas, incrementando así los costos. Además, un controlador de movimientos independiente no se adapta a requerimientos de aplicaciones cambiantes o para producir mayores velocidades de actualización requeridas por aplicaciones de movimientos de alta precisión.

Los controladores de movimientos más populares en la actualidad, basados en DSP, permiten rápidas velocidades de actualización de servos de hasta 30 kHz para el caso de aplicaciones de alta precisión. Con una arquitectura abierta, se puede programar un sistema para compartir señales y datos a través de buses PCI, PXI o IEEE 1394. Los controladores de movimientos PCI y PXI de National Instruments también incluyen un bus de disparo dedicado de alta velocidad, denominado Integración de Sistemas de Tiempo Real (RTSI), el cual permite compartir señales digitales entre múltiples dispositivos. Cuando el controlador alcanza cierta posición, puede disparar otras operaciones sin necesidad de parar los motores, reduciendo la aceleración en exceso y el tiempo de desaceleración y la latencia del software. De este modo, los controladores de movimientos basados en DSP no sólo mejoran el ciclo de tiempo total sino que también disminuyen el costo de todo el sistema de movimientos en tanto que proveen flexibilidad y precisión para una variedad de aplicaciones.

Mientras que los controladores de movimientos actuales que se basan en DSP son convenientes para

muchas aplicaciones, cuando se trata de control de movimientos de alta precisión con velocidades de actualización de servo de hasta 200 kHz, los constructores de máquinas se vuelcan al diseño de sus propios controladores de movimiento sobre placas PCB personalizadas. Esto no es sólo caro en términos de tiempo y costos sino que la personalidad fija del controlador de movimientos hace que el sistema sea inflexible para futuros rediseños o para introducir variaciones en los algoritmos de control de movimientos durante la ejecución. Algunas aplicaciones que requieren tan alto nivel de precisión y flexibilidad incluyen las máquinas procesadoras de obleas de la industria de los semiconductores, o la secuenciación de vehículos en línea (ILVS), reconfigurable durante la ejecución en la línea de ensamblaje de la industria automotriz. La tecnología reconfigurable (RIO) de E/S junto con la tecnología NI SoftMotion proveen las herramientas adecuadas para los fabricantes de máquinas que desean controles de movimientos personalizados de alta precisión aprovechando la gran flexibilidad de un FPGA.

Además de las aplicaciones de alta precisión, los fabricantes de maquinarias e integradores (OEMs) también pueden utilizar el Módulo de Desarrollo NI SoftMotion para implementar el movimiento coordinado de ejes múltiples utilizando NI LabVIEW sobre una variedad de plataformas, esto es, desde los dispositivos insertables multifunción de adquisición de datos (DAQ) NI de la Serie M para PCs industriales y PXI hasta sistemas robustos que usan NI CompactRIO y NI CompactFieldPoint, que son los controladores programables de automatización (PACs).

### ¿ Qué es el Módulo de Desarrollo NI SoftMotion para LabVIEW ?

El Módulo de Desarrollo NI SoftMotion para LabVIEW provee instrumentos virtuales (VIs) y funciones que ayudan a construir controladores de movimientos personalizados que se ejecutan usando LabVIEW en combinación con el hardware de National Instruments, tal como los dispositivos NI RIO, DAQ y Compact FieldPoint.

El Módulo de Desarrollo NI SoftMotion trabaja en conjunto con el Módulo NI LabVIEW Real-Time, el Módulo LabVIEW FPGA y el Conjunto LabVIEW Control Design and Simulation. El Módulo de Desarrollo NI SoftMotion provee todas las funciones que residen comúnmente en un controlador de movimientos DSP. Con él, se pueden manejar la planificación de los caminos, la generación de trayectorias y el lazo de control de posición y velocidad dentro del entorno NI LabVIEW y luego desplegar el código en hardware basado en LabVIEW Real-Time o LabVIEW FPGA.

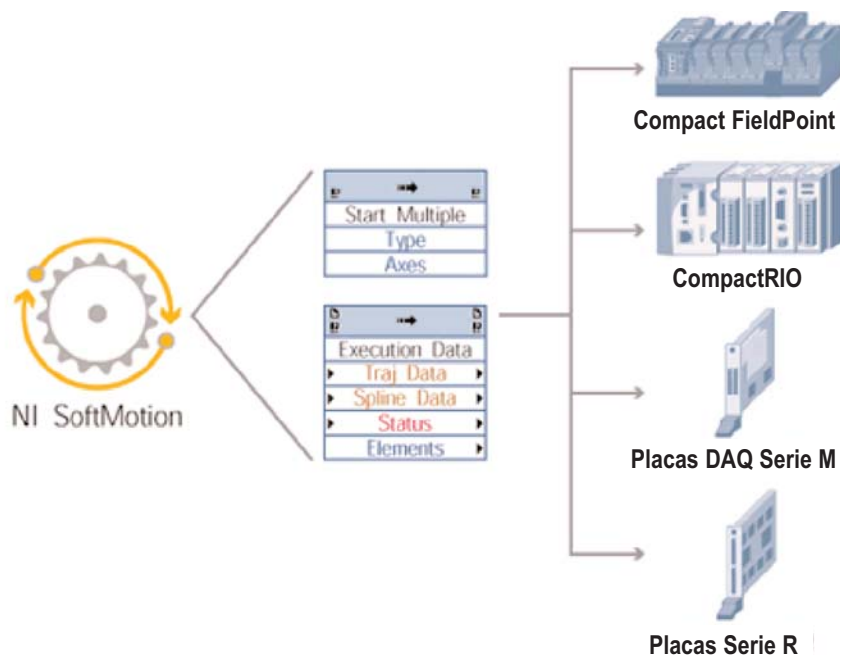


Figura 2. El Módulo de Desarrollo NI SoftMotion para LabVIEW permite elaborar controles de movimientos personalizados sobre cualquier plataforma.

El Módulo de Desarrollo NI SoftMotion incluye funciones para generar trayectorias y una máquina de aproximación polinómica a trazos (spline) y ejemplos con el código fuente completo para control supervisorio, posición y lazo de control de velocidad usando un algoritmo PID. El control supervisorio y el generador de trayectorias corren sobre un hardware LabVIEW Real-Time y se ejecutan con velocidades de lazos de milisegundos o, en un hardware LabVIEW FPGA, a velocidades de lazo de microsegundos.

### Arquitectura de Un Controlador de Movimientos Personalizado Utilizando el Módulo de Desarrollo NI SoftMotion para LabVIEW

Un controlador de movimientos está en el centro de un típico sistema de movimiento que consiste en el control supervisorio, generación de trayectorias y el lazo de control. El controlador convierte comandos de usua-

rio de alto nivel en señales de comando que el driver, o manejador, utiliza para mover los actuadores.

El controlador de movimientos también monitorea el sistema en busca de señales de errores, fallas y eventos asincrónicos que pueden hacer que el sistema cambie la velocidad, dirección o el inicio/apagado de los actuadores. La figura siguiente ilustra las partes y procesos de un controlador de movimientos típico.

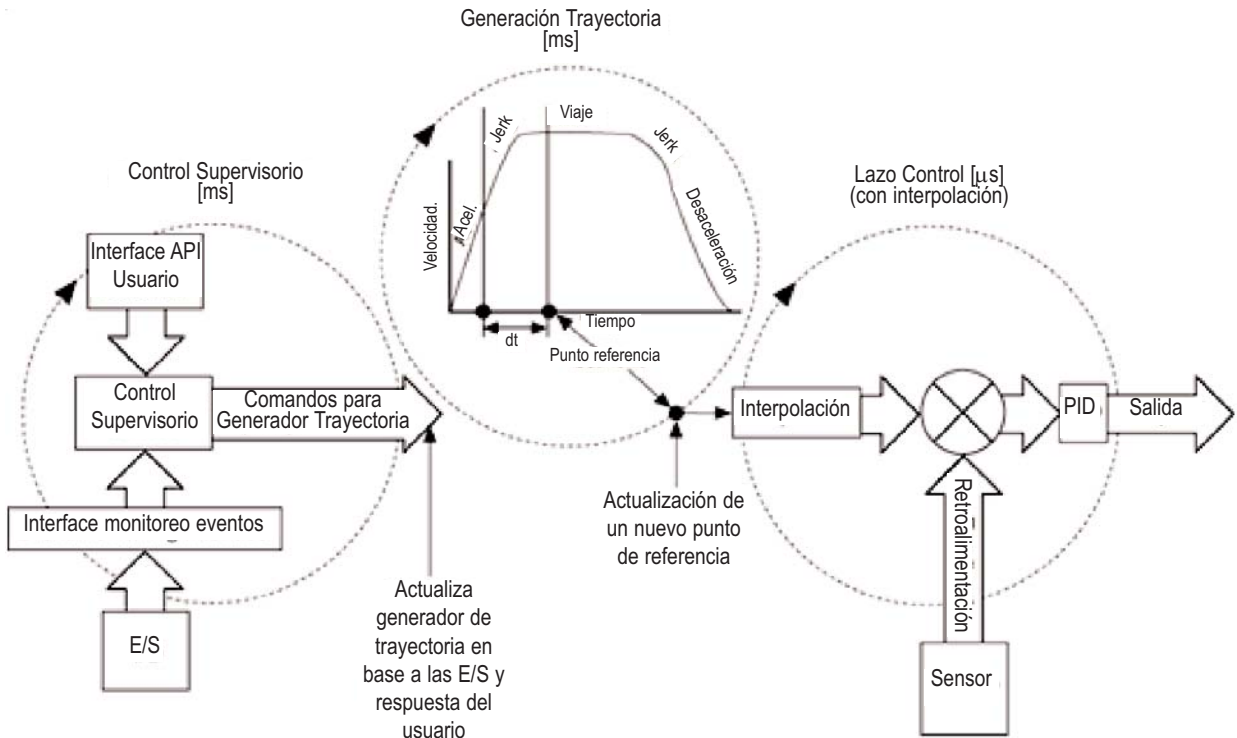


Figura 3: Arquitectura de un controlador de movimientos.

### Control Supervisorio

El control supervisorio es el principal lazo del sistema de control de movimientos. Este lazo intercepta comandos provenientes del usuario y envía señales al generador de trayectorias para comenzar/parar los movimientos. El lazo de control supervisorio también monitorea todas las E/S requeridas para realizar tareas de inicialización, tales como hallar la referencia o el origen. Este lazo también monitorea el sistema en búsqueda de fallas y ayudas para sincronizar los movimientos relativos a variaciones en las condiciones externas. El código para el control supervisorio se ejecuta en un entorno LabVIEW Real-Time con velocidades de lazo de milisegundos. El Módulo de Desarrollo NI SoftMotion contiene múltiples ejemplos de control supervisorio.

### Generador de Trayectorias

El generador de trayectorias es un planificador de caminos que crea puntos de referencia para el lazo de control. Es una máquina de múltiples ejes, que tiene preferencia, de punto flotante de 64 bits que soporta el movimiento coordinado con interpolación lineal y circular. Este generador crea nuevos puntos de referencias en cada lazo en base a las restricciones del movimiento provistas por el usuario, que pueden incluir velocidad máxi-

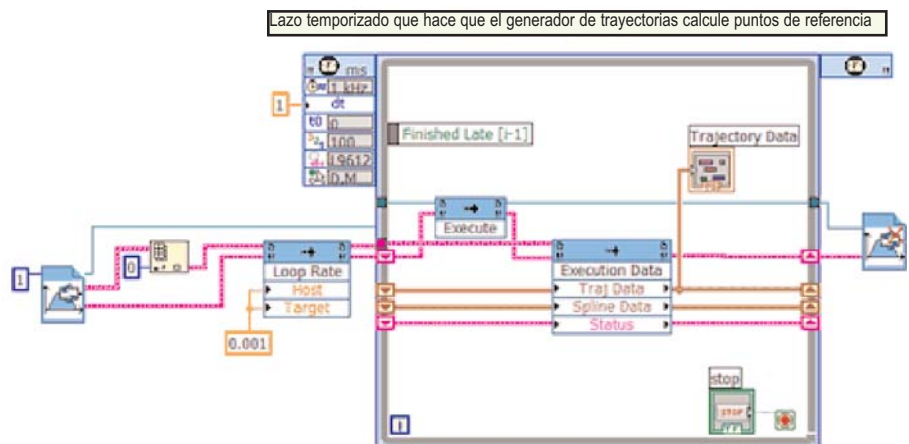


Figura 4: Implementación del generador de trayectorias con el Módulo de Desarrollo NI SoftMotion para LabVIEW

ma, aceleración/desaceleración máxima y el máximo  *jerk*  que el sistema mecánico puede tolerar. Se pueden realizar movimientos 2D, 3D (rolido, cabeceo y alzada) e interpolación helicoidal y circular con contorno y registro. El generador de trayectorias también soporta suavizado con *splines* y provee los coeficientes para la interpolación mediante *splines*.

### Máquina de Splines

La función de máquina de *splines* utiliza un algoritmo de *spline* cúbica y cuatro puntos de referencia para calcular posiciones interpoladas entre dos posiciones del generador de trayectorias. Utilizando esta función se obtiene un movimiento suave, lo cual significa que se puede ejecutar el lazo de generación de trayectorias más lentamente que el lazo de control.

### Lazo de Control

El lazo de control crea la señal de comando en base a los puntos de referencia provistos por el generador de trayectorias. En la mayoría de los casos, el lazo de control incluye tanto al lazo de posición como de velocidad, aunque, en algunos casos, el lazo de control puede incluir sólo un lazo de posición. La posición se lee comúnmente de los codificadores, aunque también puede leerse de entradas analógicas (ADCs). La velocidad se calcula en base a los valores de posición y puede leerse directamente de un sensor de velocidad, tal como un tacómetro. Debido a que no se requiere retroalimentación para los motores paso a paso, el lazo de control arregla el punto de referencia generado por el generador de trayectorias en señales de pasos (paso/dirección).

El Módulo de Desarrollo NI SoftMotion contiene ejemplos de implementación de lazos de control con PID. Los ejemplos muestran un algoritmo PID mejorado, que soporta retroalimentación dual, de lazos de posición y velocidad y parámetros de alimentación de velocidad y aceleración hacia adelante. El lazo de control puede programarse a través de LabVIEW Real-Time así como también mediante el LabVIEW FPGA. El código fuente completo para el lazo de control es provisto como parte del Módulo de Desarrollo NI SoftMotion.

### Entradas/Salidas

Las entradas y salidas analógicas y digitales se requieren para enviar señales de comandos y recibir retroalimentación de los actuadores. La mayoría de los requerimientos de E/S para los controladores de movimientos son digitales. En la mayoría de los casos, la retroalimentación de la posición se obtiene de codificadores digitales. Sin embargo, algunos manejadores de servomotores requieren E/S analógicas y la retroalimentación se obtiene de una fuente analógica (ADC).

El Módulo de Desarrollo NI SoftMotion incluye ejemplos de implementación de E/S usando los dispositivos DAQ de la Serie M, módulos de E/S CompactRIO, módulos de E/S de la Serie R reconfigurable y módulos de E/S Compact FieldPoint. Con la implementación del código del codificador, se pueden implementar codificadores personalizados utilizando el módulo LabVIEW FPGA para calcular la velocidad y dirección de velocidades de hasta 20 MHz.

### Selección de la Plataforma de Hardware Adecuada en Base a la Relación Precio/Rendimiento

Los dispositivos Compact RIO y Serie R ofrecen el mayor grado de personalización y rendimiento con el Módulo de Desarrollo NI SoftMotion, alcanzando lazos de control de hasta 5  $\mu$ s. Se pueden utilizar dispositivos insertables DAQ, que ofrecen líneas de salidas analógicas y entradas directas de codificadores de cuadratura para aplicaciones que requieren lazos de 1 ms (tales como el empaque y manipulación de materiales). Los dispositivos Compact FieldPoint ofrecen menores velocidades de lazos, de hasta 5 ms, y son adecuados para aplicaciones de control de movimientos simples, como servohidráulica, cintas transportadoras o sistemas con gran inercia. En la Tabla 1 se compara el rendimiento de todas las plataformas con un controlador de movimiento insertable tradicional.

Plataforma de Hardware	Velocidad actualización servo [ $\mu$ s]	Aplicaciones
CompactRIO	5	Máquinas de alta precisión en nanotecnología y aplicaciones MEMS
PCI/PXI con E/S reconfigurables de la Serie R	5	Máquinas de alta precisión en nanotecnología y aplicaciones MEMS
PCI/PXI con controlador de movimiento insertable	62,5	Máquinas de alta precisión en semiconductores y biomedicina

Tabla 1: Rendimiento de un controlador de movimiento en diferentes plataformas.