

Simulación 4D en el Control de Sistemas Mecatrónicos

Anibal Cotrina

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima Perú

RESUMEN: En el presente artículo se explica la manera en que se lleva a cabo la integración entre MSC Visual Nastran y Matlab con el fin de obtener una herramienta de simulación de control de sistemas mecánicos en un entorno 4D, la cual podría constituir una etapa importante de la metodología de diseño de control en sistemas mecatrónicos.

ABSTRACT: In this paper we explain the way that we realize to integrate MSC Visual Nastran and Matlab to obtain a new mechanics system control simulation tool under a environment 4D, that will conform a important level in to design control methodology for mechatronics systems.

PALABRAS CLAVES: Control, Simulación, Entorno Virtual, Lazo Abierto, Lazo Cerrado.

I. INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología computacional a nivel de Hardware y Software permite en la actualidad el desarrollo de herramientas de diseño, modelamiento y simulación de gran potencia, que se pueden aplicar en la mecánica, la electrónica y en general en todas las ingenierías. Tal es el caso de la simulación en 4D (tres dimensiones espaciales y el tiempo) que es usada principalmente en el diseño mecánico emplea gran capacidad gráfica y de cálculo computacional, pero otorga gran eficiencia en el desarrollo de prototipos, ahorrando tiempo y costos.

Una etapa natural en el proceso evolutivo del diseño en la ingeniería se encuadra en el área conocida como mecatrónica. Mecatrónica es la integración sinérgica de sistemas mecánicos, sistemas eléctricos y computadores, y ha evolucionado en los últimos 30 años dando lugar a una nueva familia de productos inteligentes.

El control por realimentación constituye un aspecto integral dentro de los sistemas Mecatrónicos modernos. Los elementos claves de la mecatrónica son: (1) modelado de sistemas físicos, (2) sensores y actuadores, (3) señales y sistemas, (4) computadores y sistemas lógicos, y (5) software y adquisición de datos. El control por realimentación contiene aspectos de estos cinco elementos pero se asocia en primer lugar con los elementos de señales y sistemas.

II. OBJETIVOS

Evaluar el desempeño de los sistemas de control sobre los sistemas mecánicos, mediante simulaciones 4D.

Describir la forma en que se lleva a cabo la integración de *Visual Nastran* (herramienta computacional propia de diseño en Ingeniería Mecánica) con *Matlab*, el cual a través Simulink constituye una herramienta de Diseño de Sistemas de Control de gran potencia utilizando los ejemplos propuestos en [5].

Brindar una alternativa de simulación de control de sistemas mecánicos la cual podría conformar una etapa importante dentro de la metodología de diseño de control en sistemas mecatrónicos.

III. HERRAMIENTAS E INTEGRACIÓN

A. Herramientas

1) MSC Visual Nastran 4D

Es una herramienta computacional de ingeniería que permite construir prototipos virtuales de diseños mecánicos, manejando además de dimensiones y formas, datos (propias del diseño mecánico) como son las vibraciones, tensiones, desviaciones, análisis de elementos finitos, entre otros. También permite evaluar

prototipos mecánicos virtuales ya que pone a disposición del diseñador herramientas adecuadas para poder “moverlo”, “controlarlo” y demostrar con imágenes y animaciones la función de su diseño.¹

2) Simulink

Es un entorno de *Matlab* que realiza el modelamiento, simulación y análisis de sistemas dinámicos; puede trabajar con sistemas lineales o no lineales y en tiempo continuo o discreto (o en ambos). Este entorno trabaja gráficamente a nivel de bloques y posee un conjunto de herramientas, *toolboxes*, diseñadas específicamente para trabajar con algoritmos de Sistemas de Control.

B. Integración

En primer lugar se realiza en *Visual Nastran* el diseño de la planta, o sea del sistema mecánico, luego se realiza el control de esta planta a través de *Simulink* a nivel de diagramas de bloque, por ello el sistema mecánico será identificado a través de un bloque especial denominado *vNPlant*, que se muestra en la figura 1, el cual contiene los parámetros, entradas y salidas del sistema mecánico que serán útiles para realizar su diseño de control.



Fig. 1. Bloque *vNPlant*

En el diseño mecánico se debe establecer los actuadores y los sensores que se utilizarán, ya que en el diseño de Control, éstos serán identificados respectivamente como las entradas y salidas de la planta.

Como se puede observar, el elemento fundamental para la integración de *Visual Nastran* y *Simulink* viene dado por el que *vNPlant*, por ello es importante indicar su papel en esta integración.

Para efectuar el diseño de control, en *Simulink*, después de haber arrastrado el bloque *vNPlant* hacia un espacio de trabajo nuevo, se debe ubicar el sistema mecánico diseñado en *Visual Nastran* y enseguida seleccionar los actuadores y sensores que se utilizaran en el diseño de control. Esto se puede resumir en cinco pasos que se realizan después de hacer doble clic en el bloque *vNPlant*.²

1. Establecer la ruta del archivo que contiene el sistema mecánico.
2. Visualizar los actuadores definidos durante el diseño mecánico.
3. Visualizar los sensores definidos durante el diseño mecánico
4. Seleccionar los actuadores que se usarán en el diseño de control
5. Seleccionar los sensores que se usarán en el diseño de control

Después de completar este procedimiento para establecer los parámetros de la planta, ya se podría aplicar sobre el sistema mecatrónico cualquier algoritmo que el diseñador pueda construir en *Simulink*.

IV. ALGORITMOS DE CONTROL

A. Control en lazo abierto

Se considera que cualquier sistema de control que opera sobre una base de tiempo, lo hace en lazo abierto ya que no se mide la salida y sólo se utiliza un dispositivo de actuación para controlar el proceso directamente. Este sería el caso del control de un limpiaparabrisas de un automóvil, ya que es un sistema mecánico sencillo, donde un motor se encarga de efectuar el movimiento de dos plumillas tal como se muestra en la figura 2.

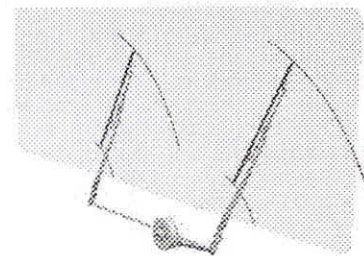


Fig. 2. Limpiaparabrisas de un automóvil

Para controlar el movimiento de las plumillas hay que indicar por medio de una señal de referencia la variación de la posición angular del motor durante un periodo de tiempo, así en la figura 3, se indica que la posición angular inicial será de 0° y la final de 180° ; esto se repite durante un tiempo de 2.5 segundos.

¹ El entorno de trabajo se muestra en la figura A2 del apéndice.

² Este procedimiento se muestra en la figura A2 del apéndice.

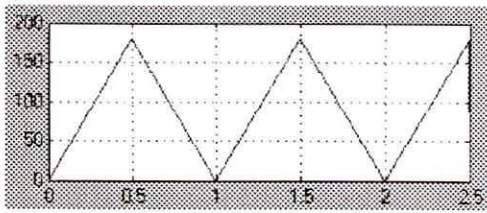


Fig. 3. Señal de Referencia (posición angular)

Para efectuar la simulación en 4D del sistema mecánico con control en lazo abierto, se utilizará el archivo 'wipers.wm3' de *Visual Nastran*, que es precisamente el sistema mecánico de un limpiaparabrisas de la figura 2.³ Sin embargo en este sistema queda por especificar que el control será sobre la rotación del motor⁴ (actuador), y que se utilizarán dos sensores: de velocidad angular del motor⁵ y de posición de una de las plumillas.

Antes de realizar el control en *Simulink* es necesario establecer los parámetros, entradas y salidas del sistema mecánico en el bloque *nVPlant*, como se indicó en la sección anterior. Seguidamente se construye el modelo de control de lazo abierto, como se muestra en la figura 4; que consiste en una señal de referencia (figura 3) conectada directamente al sistema.

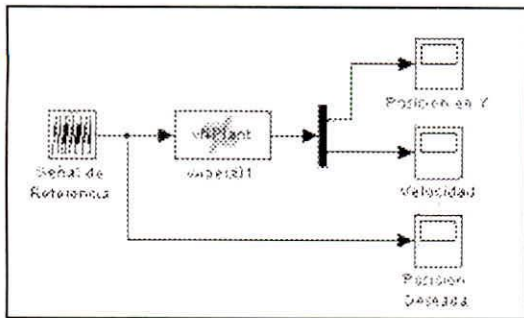


Fig. 4. Control en Lazo Abierto

La simulación, que da inicio en *simulink*, implica que se cargue automáticamente *Visual Nastran* con el archivo especificado en el bloque *nVPlant*, ya la simulación 4D del sistema mecánico se lleva a cabo en este entorno. En la figura 5 se muestran seis instantes de la simulación. Sin embargo, es recomendable experimentar la integración de estas dos herramientas computacionales para apreciar la simulación 4D en toda su capacidad.

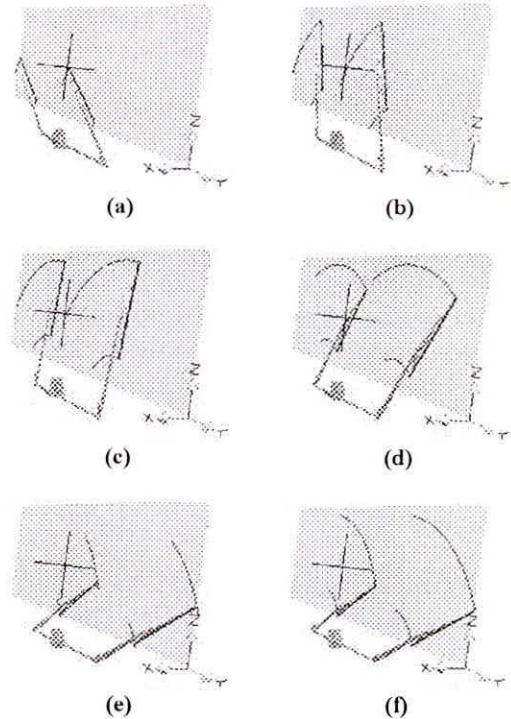


Fig. 5. Instantes de la Simulación 4D

Adicionalmente el entorno de *Visual Nastran* muestra los gráficos de las señales de los sensores, las que también podrían visualizarse desde *Simulink*. En la figura 6 se muestra la posición de una plumilla con respecto al nivel de referencia *xyz*, y en la figura 7 se muestra la velocidad angular del motor.

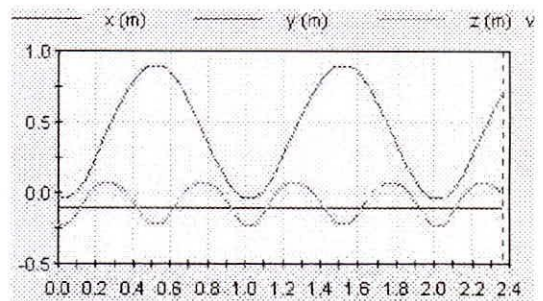


Fig. 6. Posición de una plumilla (en *x, y y z*)

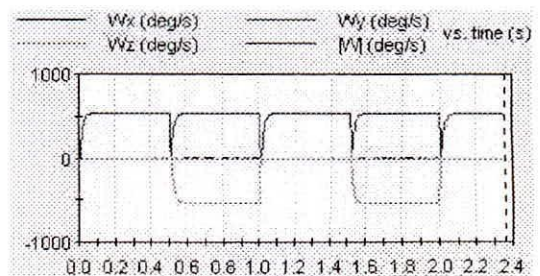


Fig. 7. Velocidad angular del Motor

³ Includido dentro de los archivos de instalación del *Visual Nastran* en el file (visualNastran Desktop/Tutorials/Chapter9/Excercise 9.1).

⁴ El procedimiento se muestra en la figura A2 del Apéndice.

⁵ El procedimiento se muestra en la figura A2 del Apéndice.

B. Control En Lazo Cerrado

En los sistemas de control en lazo cerrado se usa la medida de la salida que se realimenta y se compara con la señal de referencia (o salida deseada) para que la acción de control reduzca el error y mejore la respuesta del sistema.

Este podría ser el caso de una grúa, que se desplaza a lo largo de un carril (en una dimensión), por efecto de una fuerza que estaría aplicada por un motor y transmitida por una faja, en la cual la señal de referencia, *set point*, sería la distancia entre el punto inicial de la grúa y el lugar donde se encuentra un objeto.

Para mostrar la simulación 4D y evaluar el comportamiento de una grúa de las características mencionadas se utilizará el archivo 'crane.wm3' de *Visual Nastran*, el cual se observa en la figura 8.⁶

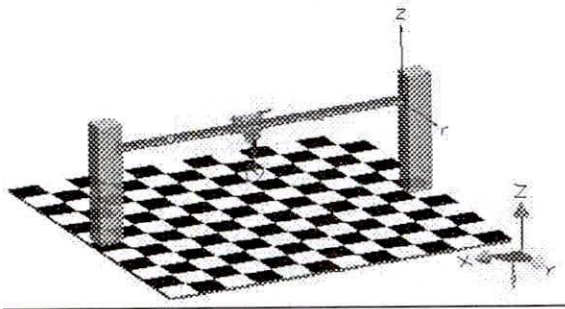


Fig. 8. Modelo mecánico de una Grúa

El actuador de la planta está definido, como se puede observar en la figura 9, por una fuerza aplicada sobre la grúa y se utilizarán dos sensores, uno de posición del gancho de la grúa y otro de velocidad de desplazamiento lineal del gancho.

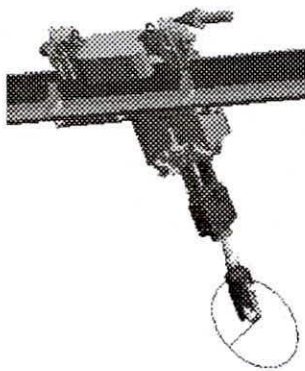


Fig. 9. Gancho de la grúa

Después de establecer las entradas y salidas del sistema mecánico en el bloque *nVPlant*, se aplica el algoritmo de control que se muestra en el siguiente diagrama de bloques de *Simulink* (figura 10). Es un sistema de control que realimenta las señales tomadas por los sensores de velocidad y posición del gancho. El *set point* está dado por un escalón cuyo valor inicial es 2.2 metros y el final es de 5 metros.

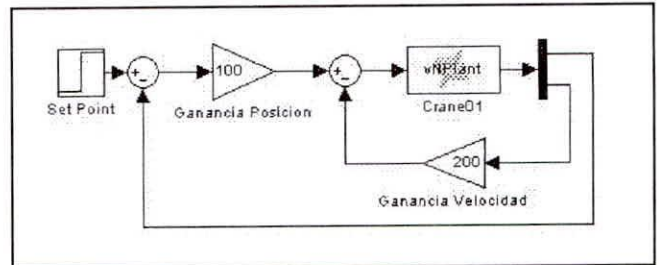


Fig. 10. Control en lazo cerrado

En la figura 11, se muestra la posición de la grúa en seis instantes durante el tiempo de la simulación. Sin embargo, como ya se dijo anteriormente, es recomendable experimentar la integración con estos dos programas para apreciar la simulación 4D en toda su capacidad.

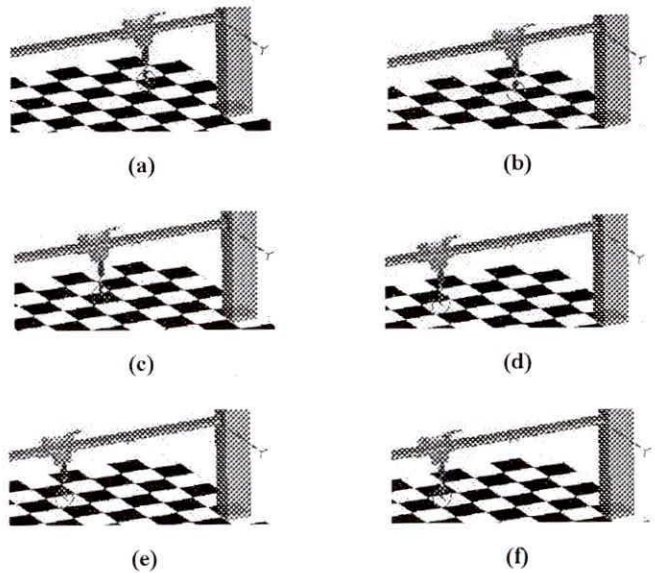


Fig. 11. Instantes de la simulación 4D de la grúa

Adicionalmente, el entorno de *Visual Nastran* muestra los gráficos de las señales de los sensores. En la figura 12, se muestra la posición del gancho durante el tiempo de la simulación y en la figura 13, se muestra la velocidad de desplazamiento. En este caso ya no ha sido necesario mostrar esos resultados en *Simulink*.

⁶ Includido dentro de los archivos de instalación del *Visual Nastran* en el file (visualNastran Desktop/Tutorials/Chapter9/ Exercise 9.2).

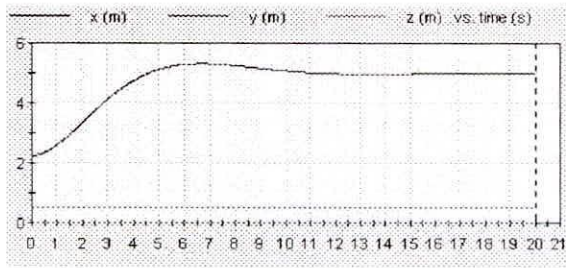


Fig. 12. Posición del gancho

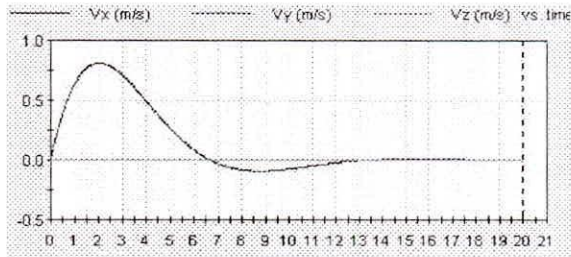


Fig. 13. Velocidad del gancho

C. Control Proporcional Derivativo PD

Se puede realizar la simulación del sistema mecánico de la grúa utilizando solo el sensor de posición, pero en este caso se utilizará el bloque específico PID de *Simulink*. (Figura 14)

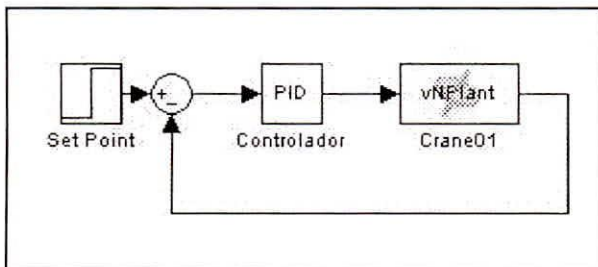


Fig. 15. Control Proporcional - Derivativo de la grúa

En la figura 15, se muestra la forma en que se establecen los parámetros del controlador PID, nótese que se han utilizado los mismos valores de las ganancias utilizadas en el ejemplo anterior, es decir, la constante proporcional y la constante derivativa. Para este caso la constante integral vale cero. Por ello, los resultados son los mismos que se han mostrado en las figuras 11, 12 y 13.

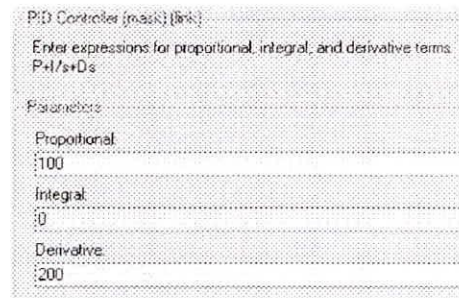


Fig. 15. Ventana de parámetros del bloque PID

V. CONCLUSIONES

Esta herramienta computacional de simulación 4D permite comprender mejor el comportamiento de los algoritmos de control, sobre un sistema mecánico, y refuerza los conocimientos teóricos.

En cada uno de los ejemplos mostrados se ha puesto énfasis en la etapa de diseño de control más que en la etapa de diseño mecánico.

Es necesario tener claro que toda esta tecnología se une con el fin de optimizar la metodología de diseño de sistemas mecatrónicos, reduciendo el tiempo empleado y mostrando el comportamiento del sistema sin necesidad de construir prototipos mecánicos para poder evaluarlos.

Hay que tener claro que la simulación computacional constituye una parte importante dentro de la metodología de sistemas mecatrónicos, pero, no la sustituye.

VI. REFERENCIAS

- [1] Dorf, R. C., Bishop R. H. *Sistemas de Control Moderno* 10ª edición. Pearson Educación S.A. Madrid 2005
- [2] Ogata K. *Ingeniería de Control Moderna*, 3ª edición. Prentice Hall Latinoamérica. Mexico DF 1998
- [3] Dorf R. *Sistemas Automáticos de Control*. Fondo Educativo Interamericano, S.A. EUA 1978
- [4] Alamo C. et all. *Introducción a Simulink*. Universidad de Sevilla ISBN 84-88783-43-4
- [5] *Using Simulink, The MathWorks Inc.1999, MSC.visualNastran Desktop Tutorial Guid, MSC Software 2004.*

VII. APENDICE

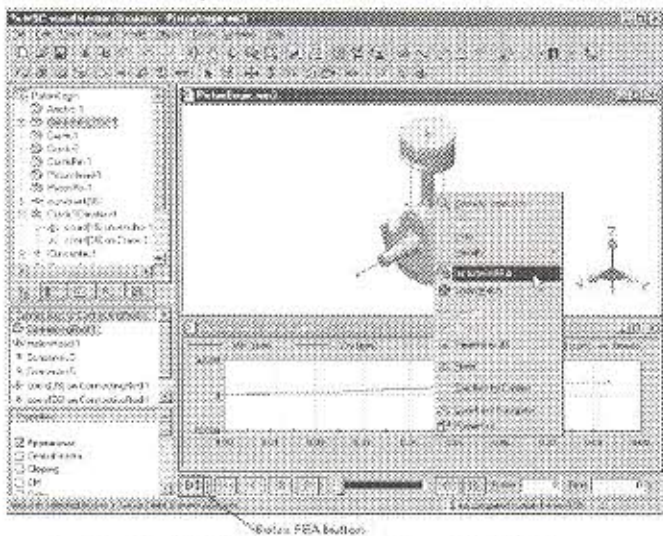


Fig.A1. Entorno de Trabajo del vN4D

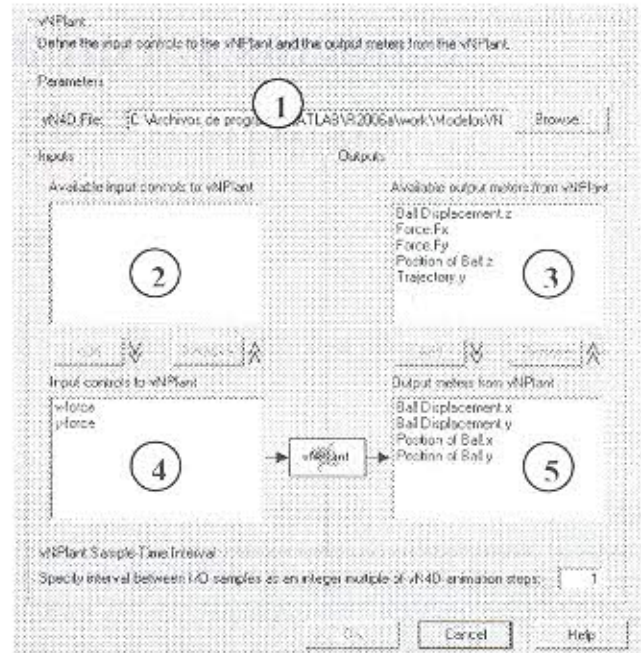


Fig. A2. Cuadro de dialogo del bloque vNplant