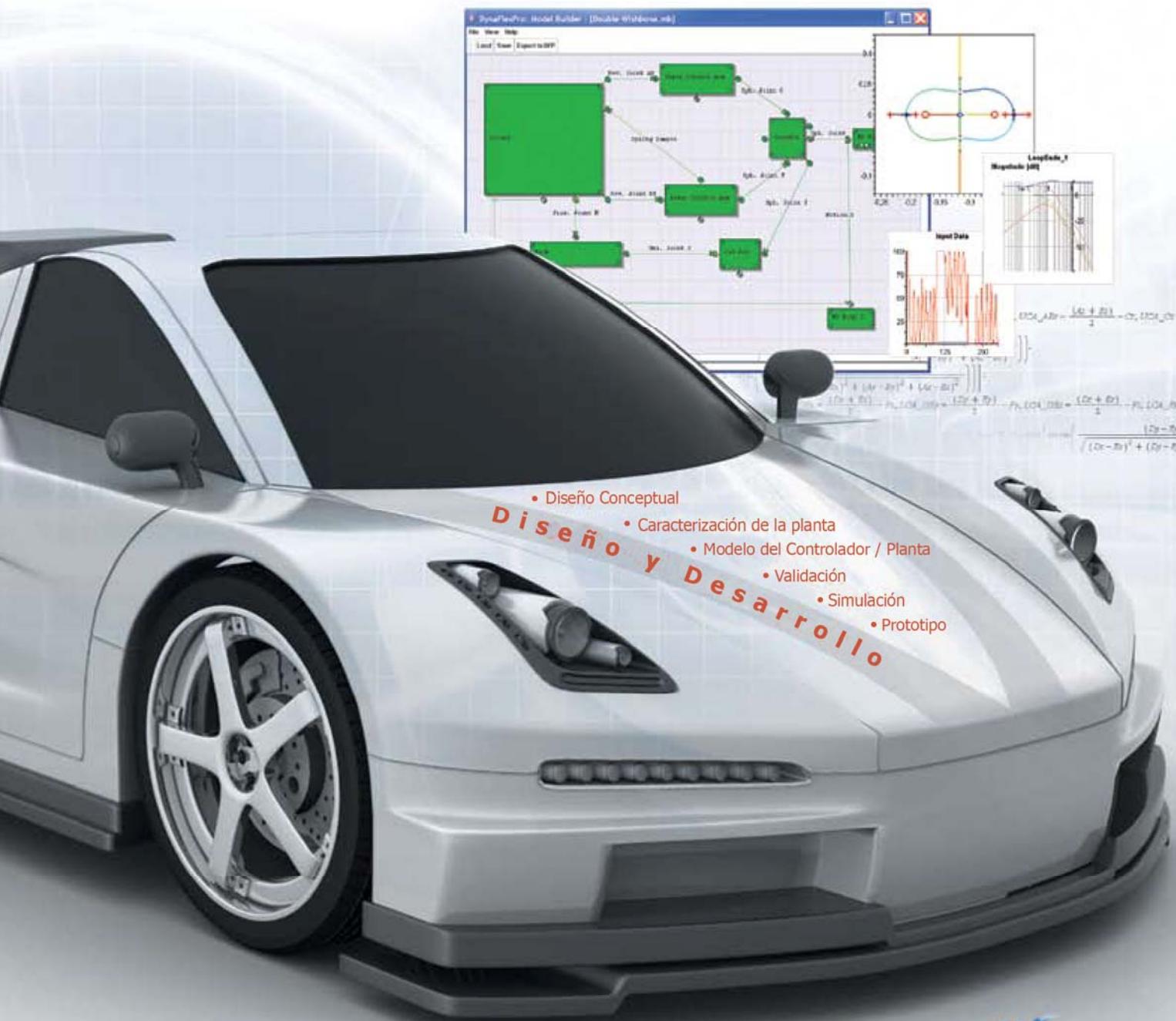


# Conduciendo la Innovación

Cómo el modelado matemático y la optimización incrementan la eficiencia y productividad en el diseño automovilístico.



# Conduciendo la Innovación

**Cómo el modelado matemático y la optimización incrementan la eficiencia y productividad en el diseño automovilístico.**



## Autores

### Paul Goossens

Director Comercial y Desarrollo de Mercado, Maplesoft.

### John McPhee

Jefe Científico, MotionPro Inc.

### Chad Schmitke

Jefe de Desarrollo, MotionPro Inc.

### Janos Pinter

Presidente, PCS Inc.

### Helmuth Stahl

Director Ejecutivo, ExpertControl GMBH.

### TRADUCCIÓN:

J. Luis López

Ingeniería de Aplicaciones, Addlink, Software Científico.

Los fabricantes de automóviles se enfrentan constantemente con el reto de balancear eficiencia del combustible y seguridad frente a la constante demanda de un mayor rendimiento. Esto, junto con la necesidad creciente de reducir costos de diseño y prototipaje ha traído consigo la implementación de muchísimas innovaciones; no solamente en las propiedades de componentes automovilísticos, sino también en el mismo proceso de diseño y desarrollo de tales propiedades.

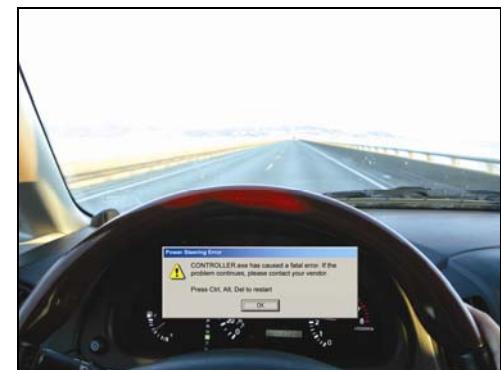
A través del uso del diseño basado en el modelado y el prototipaje virtual, los fabricantes automovilísticos han sido capaces de reducir significativamente costos de diseño y prototipaje, cumpliendo a su vez con las demandas del gobierno y los mercados.

Debido a estas necesidades, ha surgido una amplia gama de herramientas computacionales de modelado, cubriendo todos los aspectos del comportamiento dinámico de los vehículos. Sin embargo, estas herramientas tienden a ser muy específicas para una determinada aplicación y usan métodos numéricos de cálculo muy intensivo, tales como el de diferencias finitas y el de elementos finitos. Mientras que estos métodos son útiles para las etapas “fuera de línea” del proceso de diseño, en donde el tiempo para obtener el resultado no es tan crítico; existe una creciente demanda de simulaciones más rápidas hasta el punto de que los modelos de alta fidelidad necesitan ser ejecutados en tiempo-real para pruebas con “Hardware-in-the-loop”.



*La modularidad del sistema guía la necesidad de componentes dinámicos y sistemas de control estándares a través de las plataformas vehiculares. El software determina el comportamiento del sistema y cómo los componentes interactúan entre sí.*

Esta necesidad se está haciendo cada vez más evidente debido a que los fabricantes remplazan componentes tradicionales pasivos por sistemas mecatrónicos activos con la finalidad de reducir peso y costos, mejorar la eficiencia en el diseño y controlar la estabilidad dinámica. Estos subsistemas típicamente están formados por componentes electro-mecánicos y controladores electrónicos, en donde el software de control determina el comportamiento dinámico del sistema. En los vehículos más nuevos es común encontrar 50 o más controladores, comparado con hace unos pocos años en donde habría solamente uno.



*La proliferación de controladores dentro del vehículo significa que hay muchísimo más software involucrado en su diseño, el cual, por supuesto, presenta sus propios problemas...*

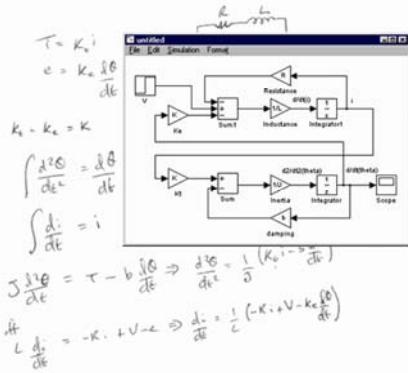
La proliferación de controladores dentro del vehículo significa que hay mucho más software involucrado en el diseño del vehículo. Esto, por supuesto, presenta sus propios problemas: el software interno es costoso de desarrollar, y un software sin errores lo es aún más.

Adicionalmente (para reducir el tiempo de comercialización) el componente físico es desarrollado en paralelo junto con el controlador, y los fabricantes se encuentran con el reto de desarrollar y probar el software de control sin acceder a la planta (sistema) real. La demanda de un mejor entendimiento de la dinámica, y la habilidad para producir modelos matemáticos (o físicos) de alta fidelidad en sistemas automovilísticos, que puedan ser utilizados por sistemas con “Hardware in the loop” para probar el código de control del prototipo, ha alcanzado un punto crítico para muchas compañías.

Los Ingenieros en estas compañías frecuentemente necesitan ir a las bases y desarrollar modelos del sistema desde primeros principios, derivando las

ecuaciones que describen al sistema (a menudo como sistemas de ecuaciones diferenciales y/o ecuaciones diferenciales algebraicas), resolvérlas, y entonces implementar el modelo en una herramienta de simulación, como Simulink® de The Mathworks.

El desarrollo del modelo del sistema (o planta) puede ser una etapa exhaustiva, a menudo requiriendo un 80% del tiempo total del proyecto, especialmente si son utilizadas las herramientas equivocadas. El uso de herramientas como MATLAB® y Simulink requiere una gran manipulación manual de las matemáticas para obtener una forma que estas herramientas puedan utilizar. Todo esto consume mucho tiempo, es costoso y propenso a errores.

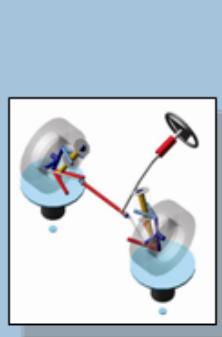


*Incluso herramientas como MATLAB y Simulink requieren una significativa manipulación manual de las matemáticas del problema para llegar a una forma que estas herramientas puedan usar.*

## Derivación del modelo a partir de “primeros principios”

Ésta es una de las razones por la que la herramienta de resolución matemática de uso general, Maple™, es utilizada por miles de ingenieros en todo el mundo, para realizar cálculos diarios sencillos ó derivar las matemáticas involucradas en modelos complejos. El atractivo de Maple para estos usuarios es debido a que es una herramienta computacional tan capaz, que se ha convertido en el animal de carga para resolver cualquier tipo de problema analítico que posiblemente encuentren en su trabajo de diseño.

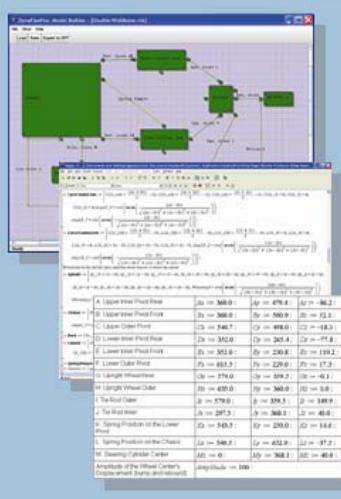
Por lo tanto, al utilizar Maple en el desarrollo del modelo, el ingeniero llega a una solución matemática libre de errores en una fracción de tiempo. No solamente eso, debido a que Maple usa aproximaciones simbólicas avanzadas para la resolución del problema, el modelo resultante es muy preciso y, computacionalmente hablando, mucho más eficiente que los modelos que utilizan aproximaciones más tradicionales.



# Aplicación de Dinámica de Vehículos:

## Modelización Cinética, Simulación y Optimización de una Suspensión de Doble Brazo Triangular.

La estabilidad dinámica de un vehículo, así como su eficiencia en el consumo de combustible y el gasto de los neumáticos, están directamente afectados por el comportamiento del mecanismo de la suspensión. Se requiere un gran esfuerzo para obtener el movimiento más óptimo posible de las diferentes partes de la suspensión (*camber*, *caster* y *toe-in*) cuando ésta responde a un bache en la carretera. Esto es particularmente complejo de obtener en una suspensión del tipo Doble-Brazo debido a que hay diez articulaciones que influyen en la geometría del sistema, así como las posiciones de los centros de la rueda y el cilindro de la dirección. Estos puntos se conocen como los “puntos duros” y se definen como coordenadas en el espacio, relativas a un marco de referencia global, cuando se diseña la suspensión.

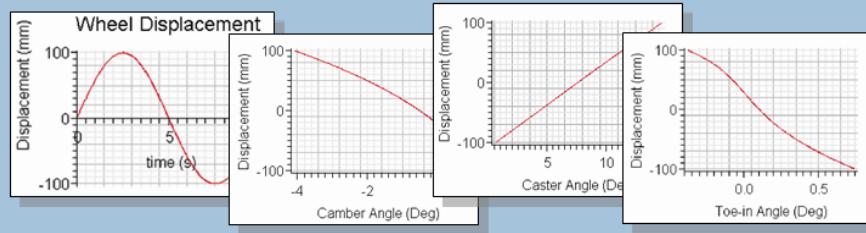


El reto es definir estos puntos duros para alcanzar la cinemática deseada para el vehículo. Usando Maple™ y DynaFlexPro™ es muy fácil definir gráficamente la topología del mecanismo utilizando bloques y líneas, con lo que las ecuaciones que definen al *camber*, *caster* y *toe-in* de la suspensión son automáticamente generadas en forma paramétrica (esto es, como variables simbólicas a las que se tiene que asignar valores numéricos).

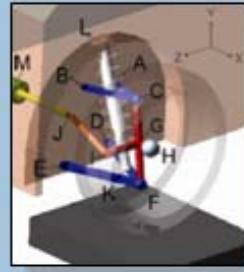
Una vez que el modelo ha sido definido, el ingeniero puede introducir valores numéricos para las coordenadas x, y, z para cada punto duro. Hecho esto, Maple resuelve el sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias para producir el desplazamiento *camber*, *caster* y *toe-in* a partir de un desplazamiento vertical aplicado a la rueda (en este caso, una función seno con 100mm de amplitud para representar un obstáculo en la carretera).

Estos son los resultados para un conjunto dado de valores de los “puntos duros”, definidos antes de realizar los cálculos. Normalmente, estos resultados se comparan con curvas estandarizadas para asegurar que cumplen con la cinemática deseada para el vehículo. Por supuesto, en una primera instancia, los resultados no coincidirán, por lo que el ingeniero necesitará ajustar los puntos duros para obtener la curva deseada, lo cual puede ser muy laborioso y consumir mucho tiempo.

Un método más eficiente consiste en importar las curvas estandarizadas como conjuntos de datos y usar el Paquete de Optimización Global para Maple. Al usar las curvas importadas como funciones objetivo, se puede identificar qué puntos duros pueden ser movidos y cuánto (a menudo, solamente hay unos pocos que se pueden mover debido a otras restricciones en el diseño).



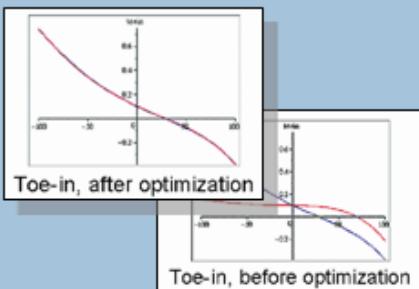
... continúa en la página siguiente



*Posiciones de los puntos duros de las juntas y centro de la rueda.*

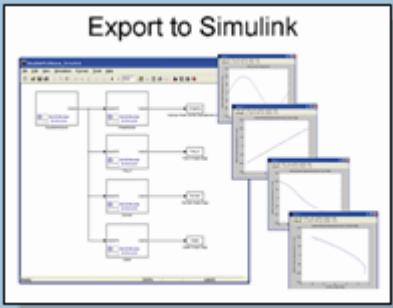
## Aplicación de Dinámica de Vehículos:

Modelización Cinética, Simulación y Optimización de una Suspensión Tipo Doble-Brazo Triangular.



El paquete de Optimización Global entonces encontrará las coordenadas que mejor se acomodan para producir la cinemática más próxima a las curvas deseadas.

Una vez que se ha optimizado el modelo, éste se puede exportar a Simulink® como un bloque de función S utilizando BlockBuilder™ para Simulink, obteniendo un componente de alta fidelidad para la simulación del vehículo, particularmente para pruebas de laboratorio en tiempo real con “Hardware in the loop”, considerando condiciones cercanas a las de la propia carretera.



## Simulación

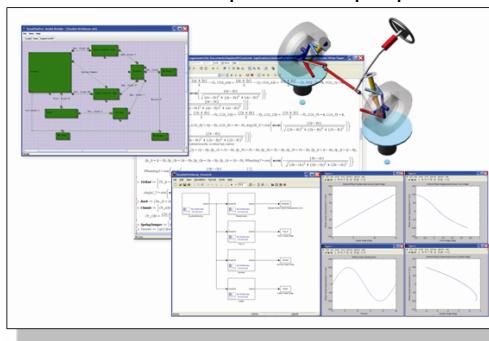
Por ejemplo, algo tan simple como un motor CC requiere la solución de un sistema de dos ecuaciones diferenciales que necesitan ser reacomodadas de tal forma que el sistema pueda ser construido usando bloques. En esta forma, la construcción puede aún ser compleja y no intuitiva utilizando Simulink. Con Maple, simplemente se introduce el sistema de Ecuaciones Diferenciales para que sean evaluadas de forma que rápidamente puedan ser importadas hacia Simulink, usando el paquete extra de Maple, BlockBuilder™.

BlockBuilder para Simulink es un paquete del amplio rango de productos extras producidos por Maplesoft que ayuda en el desarrollo e implementación de modelos dinámicos de sistemas automovilísticos. Utiliza la función generadora de código incluida en Maple para producir una versión de código optimizado del modelo, y automáticamente generar un bloque en Simulink conteniendo la función-S (código de usuario) del modelo.

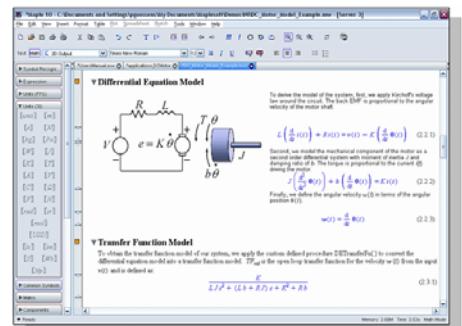
El núcleo principal del entorno de Maple también se complementa con interfaces especializadas para la entrada de problemas y resolviédores específicos del dominio, que hacen que el peso del desarrollo matemático del modelo sea mucho más ligero.

Por ejemplo, si estás modelando un sistema mecánico multi-cuerpo, no tienes que preocuparte en introducir las matemáticas. Puedes utilizar el paquete extra de Maple, DynaFlexPro, para definir el sistema gráficamente y entonces generar a partir de éste las ecuaciones de movimiento.

El concepto es muy simple: la interfaz gráfica de DynaFlexPro, ModelBuilder, te permite definir la topología del sistema como un diagrama a bloques, en donde cada bloque representa los componentes del sistema (brazos, manivelas, barras flexibles, neumáticos) conectados por articulaciones representadas por líneas. Los bloques y líneas tienen un número de parámetros por precisar (masa, momentos de inercia, restricciones de las articulaciones, etc.) con lo cual puedes fácilmente definir puntos de interés al introducir tus propios marcos de referencia.



*DynaFlexPro te permite definir la topología del sistema como un diagrama a bloques, a partir del cual las ecuaciones de movimiento son generadas automáticamente.*



*Simplemente das a Maple el sistema de Ecuaciones Diferenciales y las resuelve por ti, de forma muy precisa y numéricamente eficiente.*

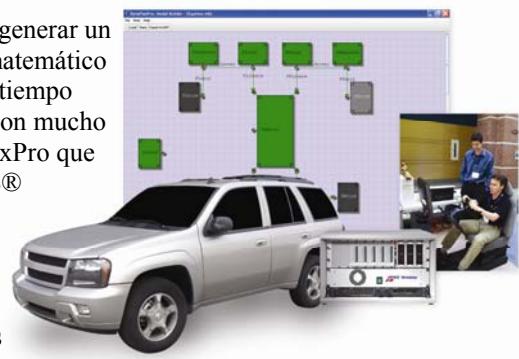
El modelo del sistema definido en ModelBuilder es entonces importado a Maple, que automáticamente genera las ecuaciones de movimiento, ecuaciones cinemáticas, otros descriptores analíticos y propiedades, tales como matrices Jacobian. A partir de esto, un análisis detallado del sistema puede ser llevado a cabo para optimizar tus parámetros de diseño del sistema dentro del entorno de Maple.

**“El entorno central de Maple también es complementado por interfaces especializadas para la entrada de problemas y resolviédores específicos del dominio, que hacen que el peso del desarrollo matemático del modelo sea mucho mas ligero.”**

## Simulación en Tiempo-Real

Una vez que se está satisfecho con el modelo, se puede usar BlockBuilder para generar un bloque subsistema para Simulink con un clic del ratón. Y, debido a que el modelo matemático está en una forma altamente compacta, es posible ejecutar el modelo del sistema en tiempo real. Las pruebas de rendimiento han demostrado que las velocidades de ejecución son mucho más altas para los modelos de mecanismos multi-cuerpo generados usando DynaFlexPro que aquellos modelos comparables desarrollados en otros sistemas (tales como ADAMS® y SimMechanics®). Esto permite al ingeniero desarrollar modelos de alta fidelidad para pruebas con “Hardware in the loop”.

Como ejemplo, en un proyecto de diseño reciente, los ingenieros fueron capaces de desarrollar un modelo completo del vehículo Chevy Equinox incluyendo los neumáticos con un puñado de bloques (22 grados de libertad, 36 variables del espacio de estados), exportar el modelo a Simulink y entonces a un simulador dSPACE vía un montaje en tiempo-real. Incluso utilizando un simulador de características modestas (PowerPC 400 MHz), fue posible alcanzar tiempos de actualización de 300 microsegundos. Con pruebas de rendimiento para modelos similares, la velocidad de ejecución ha sido hasta 20 veces más rápido que los modelos ADAMS y 16 veces más rápida que SimMechanics.



## Optimización del Diseño

Uno de los mayores beneficios al usar Maple para el modelado de sistemas dinámicos, es su gran facilidad para ejecutar diversos escenarios tipo: “que tal, si...” y refinar los parámetros de diseño. Para mucha gente, esto es tan simple como ajustar valores de los parámetros y observar sus resultados hasta que se alcanza (aunque no tan rigurosamente) el “mejor valor posible”. Estas aproximaciones de reajuste a mano, pueden consumir tal cantidad de tiempo, que el tiempo ganado inicialmente en el desarrollo del modelado, se pierde.

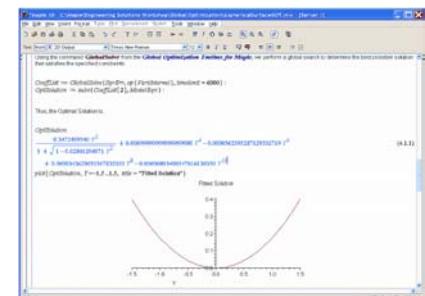
Existe un buen número de técnicas de optimización totalmente automatizadas disponibles como herramientas informáticas. Éstas te permiten presentar el modelo, los comportamientos del objetivo (como objetivos del modelo), las restricciones provenientes de la ingeniería, del modelado económico, ambiental, tal vez otros, y entonces el método de optimización te proporciona la solución “más posible”. Nótese, sin embargo, que algunos optimizadores son mejores que otros, por ejemplo, al manejar no linealidades complicadas. Por lo que se debe prestar atención en el momento de definir el problema y entonces seleccionar el método apropiado para la tarea que se trata de resolver. Esto intrínsecamente requiere de conocimiento especializado.

El uso a “ciegas” de resolvedores de optimización podría no tan solo no proporcionarnos una solución sino también (y es igual de malo) podría darnos una solución errónea, imposible ó sub-optimizada. Por ejemplo, en modelos que poseen múltiples óptimos, los métodos numéricos más tradicionales encontrarán solamente el óptimo local más cercano a la “estimación” inicial realizada para la solución. (Uno puede visualizar el objetivo del modelo como una superficie accidentada sobre la que el método automatizado de búsqueda intenta encontrar el “valle más bajo”. Claramente se necesita una aproximación de búsqueda con visión global para realizar esto.)

El paquete Global Optimization for Maple combina el conjunto de resolvedores perteneciente al estado-de-arte actual, junto con el entorno intuitivo de modelado Maple. Esto permite plantear un problema de optimización con poco o ningún conocimiento de las técnicas numéricas subyacentes. Simplemente se plantean las variables del modelo, sus límites, se proporciona la función objetivo y sus restricciones. El paquete de Global Optimization for Maple, con su integración sin igual de algoritmos de búsqueda global y local, lo hace todo por el usuario.

Por ejemplo, consideremos el sistema de suspensión de un vehículo y asumamos que necesitamos encontrar los valores de rigidez del muelle y, los parámetros de amortiguamiento necesarios para obtener una conducción específica. A partir del modelo básico a segundo orden, se puede determinar la respuesta temporal del sistema usando los resolvedores Maple de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, sin embargo se deberá de introducir parámetros iniciales que probablemente no otorgarán la respuesta deseada, a menos de que se sea muy afortunado o hábil. Se podrían ajustar manualmente los parámetros y, con algún esfuerzo, aproximarse a la solución iterativamente.

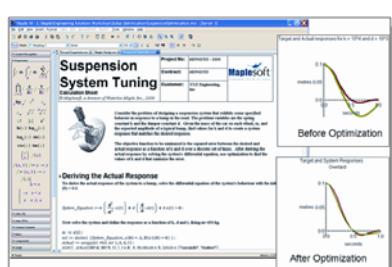
Para hacer esto más preciso y eficiente, se le puede decir al paquete de Global



**La adecuación-del-modelo, o coincidencia de parámetros, es una técnica común de optimización. Permite adecuar a tus datos, parámetros de modelos mucho más complejos que usando técnicas tradicionales de regresión.**

Optimization for Maple que determine estos parámetros. Este es un ejemplo relativamente sencillo para ilustrar un punto, pero estos principios pueden ser aplicados a problemas con muchas (cientos, o aún más) variables y restricciones.

Una de las muchísimas áreas en donde el paquete Global Optimization for Maple es utilizado extensivamente es en la adecuación del modelo o calibración. Muy a menudo, los ingenieros tendrán un buen modelo teórico de un sistema; sin embargo, no tienen los valores de los parámetros necesarios para hacer que el sistema se comporte como lo hace el sistema real. En situaciones como ésta, se puede capturar datos experimentales de un sistema real para determinar el objetivo de salida del modelo, y entonces usar técnicas de optimización para encontrar los valores de los parámetros necesarios que aproximan tal salida lo más cercana posible. Debido a que se está manejando típicamente sistemas altamente no-lineales, a menudo con respuestas dinámicas, el uso de optimización global para este tipo de aplicación es necesario para obtener el “mejor ajuste” posible. Esta es una aproximación al “mejor ajuste” más general, flexible y exitosa que la utilización de técnicas estadísticas tradicionales de regresión.



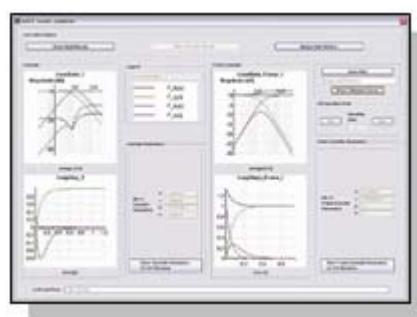
**Usando Global Optimization, rápidamente puedes obtener parámetros que minimizan la diferencia entre la respuesta del sistema y la respuesta deseada sin tener que llegar a una solución iterando manualmente.**

## Identificación del Sistema y Diseño de Control

Una aplicación avanzada del ajuste de un modelo es conocida como “Identificación de Sistema”, en la que los parámetros de un sistema dinámico, generalmente expresados a través de una función de transferencia, pueden ser determinados a partir de los datos de los estímulos y la respuesta provenientes de una planta real.

ICP para Maple es una herramienta especializada que provee una interfaz de usuario, paso a paso, para generar una función de transferencia o ecuaciones de espacio-estado de sistemas dinámicos a partir de datos reales. Su característica principal es la habilidad única de producir modelos continuos en el tiempo (funciones de transferencia en el dominio s ó ecuaciones diferenciales), mientras que otras herramientas de Identificación de Sistema solamente proveen funciones de transferencia discretas (dominio z).

Todo esto significa que puedes producir modelos con un alto grado de fidelidad que no están restringidos a determinados tiempos de muestreo, y que son mucho más factibles para la realización de estudios posteriores (tal como análisis de estabilidad y de sensibilidad) en el entorno Maple. ICP para Maple maneja sistemas de Una Entrada, Una Salida (SISO), Múltiple Entrada, Una Salida (MISO) y Múltiple Entrada, Múltiple Salida (MIMO).



Una vez que se ha definido el modelo de la planta, ya sea usando Identificación de Sistemas o cualquier otra técnica de modelado descritas anteriormente, ICP para Maple provee también determinación automatizada de la estructura de control y generación de parámetros de control para unas especificaciones dadas de diseño.

Los usuarios solamente necesitan especificar el modelo planta y el tiempo de transición deseado para el paso

de la respuesta de lazo cerrado. ICP para Maple entonces calculará la estructura del controlador y los parámetros requeridos. Las estructuras del controlador incluyen PI, PID, filtros sintonizables y también controladores de estado conteniendo estructuras de observación de estados. Todas las estructuras contienen protector de divergencias para los integradores los cuales se necesitan cuando los controladores con integradores son utilizados para alcanzar precisión en régimen permanente.

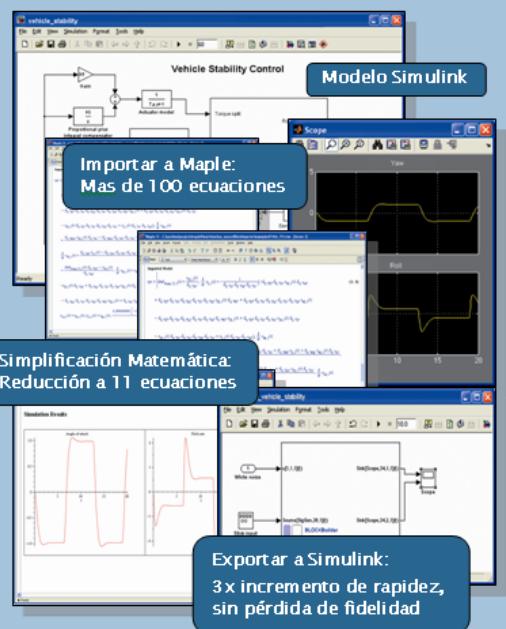
Además, ICP para Maple permite desarrollar controladores para sistemas no-lineales calculando diferentes modelos en diferentes puntos operacionales, y sus correspondientes parámetros del controlador. Conforme los diferentes puntos operacionales cambian el comportamiento dinámico del sistema debido a nolinealidades, los parámetros del controlador suavemente transcurren de un conjunto a otro. Esta tecnología de “conmutación sin saltos” ha sido diseñada específicamente para su implementación en aplicaciones con “Hardware in the loop” y sistemas en tiempo real.



## Validación del Modelo y Simplificación

Al comienzo del proceso, los ingenieros de diseño de control necesitan analizar sus sistemas y a menudo tienen que trabajar con las ecuaciones que los describen. Cuando un sistema es definido utilizando un diagrama a bloques Simulink, las ecuaciones contenidas en los bloques tienen que ser deducidas a mano, lo cual es un proceso que consume mucho tiempo y está sujeto a errores.

Adicionalmente, existe un creciente interés para revisar la integridad matemática de los modelos de Simulink, especialmente cuando un componente de un modelo ha sido proporcionado por otro grupo o distribuidor externo. De nuevo, no hay otra opción mas que deducir todo esto a mano. Hasta ahora...



BlockImporter™ para Simulink le permite al ingeniero importar un modelo de Simulink y convertirlo en ecuaciones matemáticas dentro del entorno de Maple™. Esto hace que sea mucho más fácil la validación, el análisis, o simplemente la obtención de un mejor conocimiento del sistema (ya sea al inspeccionar las ecuaciones o al introducir datos y comprobar su respuesta).

Más aún, la capacidad analítica de Maple puede ser utilizada para optimizar y simplificar el modelo proveyendo una representación más concisa que se ejecuta significativamente mucho más rápido que el modelo original sin pérdida de fidelidad. Usándola

en conjunción con BlockBuilder, se crea una función-S con la que devolvemos el modelo a Simulink; ésta aproximación típicamente nos incrementa en un 500% la rapidez de ejecución del modelo, el cual puede ser la diferencia entre un modelo factible con “Hardware in the loop” o no.

# Rompiendo las Barreras para la Innovación

El ingeniero de diseño automovilístico está bien servido con herramientas software que le proporcionan un acceso a técnicas computacionales altamente sofisticadas para el modelado, y análisis del comportamiento dinámico del vehículo mucho tiempo antes de que el prototipo llegue a la carretera. Muchos de estos productos que proveen esta capacidad lo hacen de una manera muy específica que muchas veces limita el alcance de la aplicación. El rango de productos analíticos de Maplesoft sirve para complementar las herramientas existentes al proveer un entorno altamente flexible, fácil de usar, en el cual, el ingeniero puede explorar ideas y conceptos mucho más lejos de los límites inherentes o de herramientas más tradicionales. Más aún,

a través del uso de técnicas computacionales simbólicas punteras, como las descritas en este artículo, muchos ingenieros han encontrado que pueden desarrollar modelos de sistemas dinámicos que son mucho más eficientes numéricamente que otros modelos desarrollados usando herramientas más tradicionales. Esto significa que la habilidad de incorporar modelos dinámicos automovilísticos dentro de simuladores con “Hardware in the loop” y “driver in the loop” se incrementa con muchos más grados de fidelidad, trayendo consigo la reducción del riesgo de error en el diseño y minimizando costos por debajo de la línea impuesta. Al ofrecer un entorno potente, flexible, fácil de usar, junto con

un conjunto de productos adicionales, interfaces de usuario para aplicaciones específicas, bibliotecas analíticas y capacidades de importación/exportación, Maplesoft es capaz de proveer al ingeniero de diseño automovilístico herramientas que hacen el trabajo de definir sistemas, producir y validar sistemas de modelado, y subsecuentemente distribuirlos a la cadena de herramientas, mucho más fácil y rápido. Esta aproximación integrada contribuye significativamente en general a la eficiencia y efectividad del proceso de diseño automovilístico.

## Biografías de los autores



### Paul Goossens, Director Comercial y Desarrollo de Mercado, Maplesoft.

P. Goossens es ingeniero mecánico con más de veinte años de experiencia en la aplicación de tecnologías avanzadas para resolver problemas de ingeniería. Ha obtenido gran reconocimiento como experto en aplicaciones en tiempo real, particularmente en simulación de alta fidelidad de sistemas mecatrónicos para aplicaciones con “Hardware in the loop”, pasando gran parte de su tiempo promoviendo metodologías basadas en el modelado dentro de la industria automovilística.



### Dr. John McPhee, Jefe Científico, MotionPro Inc.

John McPhee recibió su doctorado en Ingeniería mecánica por parte de la University of Waterloo, Canadá, en 1990, fundó MotionPro Inc. para desarrollar y comercializar la herramienta de modelado multi-cuerpo para Maple, DynaFlexPro. También es profesor a tiempo completo en el departamento de Ingeniería de Diseño de Sistemas en la University of Waterloo, en donde sus principales áreas de investigación son el modelado dinámico y diseño optimizado de sistemas mechatrónicos multi-cuerpo. Esta investigación ha sido aplicada a la dinámica y el diseño optimizado de vehículos y trenes, manipuladores robóticos, bicicletas de montaña, mecanismos y prótesis.



### Dr. János D. Pintér, Presidente, PCS Inc.

János Pintér, Ph.D., D.Sc. es el principal desarrollador de la tecnología base con la que está construido el paquete Global Optimization for Maple. Ha escrito y editado varios libros así como escrito más de 180 artículos de revisión y documentación técnica. Dirige PCS Inc. desde 1994 y es profesor de la Dalhousie University, en Halifax, Nueva Escocia, Canadá. La investigación, consultoría y enseñanza del doctor Pintér está relacionada con la aplicación de tecnología de optimización avanzada en las áreas de los negocios, ingeniería y problemas de decisión científica.



### Dr. Helmuth Stahl, Director Ejecutivo, ExpertControl GMBH.

Helmuth Stahl recibió su titulación en Cibernética por parte de la Stuttgart University, Alemania y su Doctorado en Ingeniería Eléctrica por la Erlangen University en 1987. Despues de trabajar en la industria líder de neumáticos para automóviles, entró en la industria del software concentrándose en la modelización, simulación, control, y aplicaciones en tiempo real. En la Universidad de Munich de Ciencias Aplicadas, fue profesor de Ingeniería de Control. En el 2002 fundó ExpertControl para ofrecer una amplia gama de productos software.

## Referencias Ilustrativas

Pintér, J.D. (1996) *Global Optimization in Action. (Continuous and Lipschitz Optimization: Algorithms, Implementations and Applications.)* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Distribuido por Springer Science y Business Media, New York

Pintér, J.D. (2006) *Global Optimization with Maple: An Introduction with Illustrative Examples.* Un libro electrónico publicado por Pintér Consulting Services, Halifax, NS and Maplesoft, Waterloo, ON.

Pintér, J. D. (Ed.) (2006) *Global Optimization: Scientific and Engineering Case Studies.* Springer Science and Business Media, New York.

*Autobeat Daily: Improving the Reliability of Networked Electronics, An interview with Kevin Kott, President dSPACE North America.*  
[http://www.dspaceinc.com/shared/data/pdf/press/autobeat\\_viewpoint\\_dspace\\_060426.pdf](http://www.dspaceinc.com/shared/data/pdf/press/autobeat_viewpoint_dspace_060426.pdf)

Blundell, M. and Harty, D.: *The Multibody Systems Approach to Vehicle Dynamics.* Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004

He, Y. and McPhee, J.: *A Review of Automated Design Synthesis Approaches for Virtual Development of Ground Vehicle Suspensions,* SAE Congress 2007

K. Morency, J. McPhee, and C. Schmitke, *Using Graph Theory and Symbolic Computing to Generate Efficient Models for Vehicle Dynamics,* Proc. CSME Forum, Alberta, 19 pags., 2006.

Reimpell, J., Stoll, H. and Betzler, J: *The Automotive Chassis, Engineering Principles, Second Edition,* SAE International

Bhatt, R.M. and Krovi V.N.: *Product Review: DynaFlexPro for Maple,* IEEE Control Systems Magazine, Volume 26 Issue 6, Diciembre 2006.

---

**La variedad de productos analíticos disponibles para Maple, sirven para complementar las herramientas existentes proporcionando un entorno altamente flexible, fácil de usar, con el que el ingeniero puede explorar ideas y conceptos más allá de los límites inherentes a las herramientas más tradicionales.**

---

## Productos utilizados en este artículo:

### **Maple 11**

Maple es la última herramienta para resolver problemas matemáticos y crear aplicaciones técnicas interactivas. Intuitiva y fácil de usar, proporciona las capacidades matemáticas más avanzadas, completas y libres de errores que solamente puede provenir de una herramienta líder en el mercado que ha sido desarrollada y probada durante los últimos 25 años.

Maple te permite crear documentos técnicos profesionales, ejecutables, que proveen a la misma vez la respuesta y las ideas detrás del análisis. Los documentos Maple de forma transparente combinan cálculos numéricos y simbólicos, exploraciones, notación matemática, documentación, botones y deslizadores, gráficos, y animaciones que pueden ser compartidas y reutilizadas por los colegas. <http://www.addlink.es/go/maple11.htm>



BlockBuilder de Maplesoft introduce un entorno para modelización física a partir de “primeros principios” para Simulink. Los ingenieros pueden matemáticamente desarrollar modelos de sistemas dinámicos, particularmente para aplicaciones de control y entonces implementarlos como un bloque de subsistema en Simulink.

Haciendo uso completo del poder de Maple, el sistema de modelado matemático mundialmente más potente, los ingenieros pueden ahora desarrollar ideas a partir de concepciones iniciales hasta llegar a modelos físicos de alta fidelidad, y automáticamente generar bloques de función-S (C ó MATLAB) para perfeccionar y extender sus modelos de Simulink. <http://www.addlink.es/go/blockbuilder.htm>



BlockImporter™ para Simulink® es un paquete adicional de Maple que permite importar un modelo de Simulink a Maple y convertirlo en un conjunto de ecuaciones matemáticas. Una vez que el modelo está representado como un conjunto de ecuaciones, éste puede ser analizado, optimizado y simplificado, para después ser transferido de vuelta a Simulink usando BlockBuilder.

Todo esto permite al usuario validar la integridad matemática del modelo, realizar análisis en profundidad, documentar el sistema, eliminar lazos algebraicos e incrementar la velocidad de ejecución de Simulink. <http://www.addlink.es/go/blockimporter.htm>



DynaFlexPro™ es un paquete de Maple para modelado y simulación dinámica en sistemas mecánicos multicuerpo. A través de su interfaz gráfica, ModelBuilder, se facilita la rápida creación de modelos del sistema de interés usando diagramas de bloques y menús desplegables.

DynaFlexPro combina teoría de grafos con ingeniería mecánica consiguiendo algoritmos que automáticamente generan las ecuaciones del sistema a partir del modelo. Las potentes tecnologías computacionales algebraicas de Maple son usadas para crear pequeños y eficientes conjuntos de sistemas de ecuaciones en forma simbólica, los cuales facilitan el análisis, comprensión e intercambio del conocimiento Físico del sistema modelado.

No solamente se facilita el diseño, optimización, simulación y control de complejos sistemas en ingeniería, sino también esta aproximación simbólica es ideal para la enseñanza en el diseño de sistemas mecánicos.

<http://www.addlink.es/go/dynaflexpro.htm>



DynaFlexPro/Tire es un paquete adicional para DynaFlexPro, con el que los usuarios pueden incorporar los últimos modelos de neumáticos dentro de las simulaciones de sistemas automovilísticos.

Cantidades cinemáticas tales como el ángulo de deslizamiento, el deslizamiento longitudinal, y el ángulo de inclinación, son derivadas como secuencias de cómputo optimizadas. Estas cantidades son utilizadas por varios modelos de fuerzas, como el Fiala, Calspan, y la fórmula mágica de Pacejka, calculando DynaFlexPro fuerzas y momentos en los neumáticos. Características opcionales permiten al usuario controlar la forma de cálculo del radio de deslizamiento y rodamiento, e incluir transitorios del neumático a través de ecuaciones diferenciales que incluyen longitudes de relajamiento. Al generar código de simulación optimizado a partir de las ecuaciones simbólicas, se obtienen simulaciones en tiempo real de complejos modelos automovilísticos.

<http://www.addlink.es/go/dynaflexpro.htm>



## Global Optimization

Los problemas de optimización global puede ser muy difíciles, y tradicionalmente los ingenieros son forzados a conformarse con soluciones “suficientemente buenas”, debido a que la mejor solución no podía ser encontrada. A través del uso de avanzados algoritmos de optimización, este paquete de Optimización Global encuentra la mejor solución en modelos que tienen un gran número de posibles (locales y “realmente” globales) soluciones.

Al usar el paquete de Optimización Global, puedes formular el modelo de optimización fácilmente dentro del potente sistema numérico y simbólico que representa Maple, y entonces usar un conjunto integrado, de renombre mundial, en resolviendo de optimización global y local para encontrar las mejores respuestas posibles.

<http://www.addlink.es/go/Maple-GO.htm>



Intelligent Control Parameterization

ICP para Maple es una colección de herramientas para el rápido desarrollo de sistemas de control que permite una fácil identificación de sistemas de ingeniería, desarrollar la estructura del controlador, y obtener los parámetros para alcanzar los objetivos del diseño. Las herramientas de la colección son llamadas desde Maple y las funciones de transferencia resultantes pueden ser usadas directamente en el documento creado en Maple para un análisis posterior.

Simplemente perturba tu sistema con una señal de entrada, captura su salida e importa estos datos de entrada/salida a ICP para Maple. Él generará una función de transferencia continua de Laplace que totalmente caracteriza tu planta. La mayoría de las herramientas de identificación de sistemas, solamente generan funciones discretas de transferencia Z, utilizables solamente a la frecuencia de muestreo con que la información fue capturada. Dado el modelo de la planta, ICP aplica algoritmos punteros a la(s) función(es) de transferencia para generar estructuras robustas de control y parámetros óptimos del controlador sin la necesidad de estar familiarizado con la teoría de control subyacente. <http://www.addlink.es/go/Maple-ICP.htm>

**Para más información visite:**

<http://www.addlink.es/go/Maple11.htm>

o llámenos al 902 43 00 38

