

# Desempeño de NX Nastran

**SIEMENS**

## Informe Técnico

Qué está haciendo Siemens PLM Software para mejorar NX Nastran

El grupo de desarrollo de producto de Siemens PLM Software mejora el software NX™ Nastran® en tres áreas clave: al brindar extensiones disciplinarias, mejoras en los procesos y facilidad de uso, y un mejor desempeño de NX Nastran. Si bien cada una de estas mejoras brinda valor a su manera, este informe técnico se enfoca en la mejora del rendimiento, la que hace de NX Nastran la solución que eligen los usuarios que necesitan resolver grandes problemas.

## Contenido

<b>Resumen ejecutivo</b> .....	<b>3</b>
Extensiones disciplinarias .....	3
Mejora de los procesos y facilidad de uso.....	3
Mejora del desempeño .....	4
<b>Mejoras del desempeño</b> .....	<b>5</b>
Procesamiento de matrices grandes.....	5
Aprovechamiento de nuevas arquitecturas de sistemas computacionales .....	5
<b>Ilustración del uso de la solución de dominio recursiva</b> .....	<b>7</b>
<b>Conclusión</b> .....	<b>9</b>

## Resumen ejecutivo

El grupo de desarrollo de producto de Siemens PLM Software enfoca sus mejoras de NX Nastran en tres ejes principales:

- Al brindar extensiones disciplinarias
- Al mejorar los procesos de solución y facilidad de uso
- Al brindar un mejor desempeño

### Extensiones disciplinarias

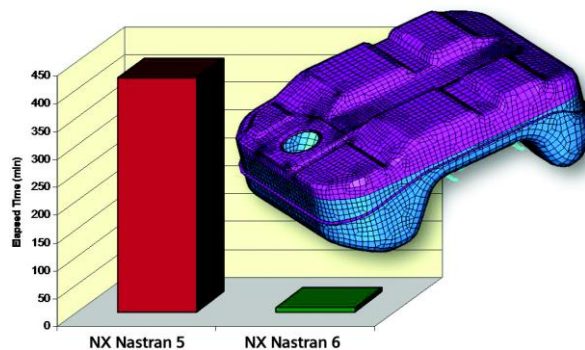
Las extensiones disciplinarias de Siemens PLM Software extienden el alcance y los distintos tipos de problemas físicos que Nastran puede resolver. Por ejemplo, las funcionalidades no lineales avanzadas les permiten a los usuarios estudiar problemas de contacto no lineales, definir materiales complejos, como los materiales hiperelásticos que se usan para sellos de puertas o aplicaciones similares, e incluso solucionar aplicaciones físicas de alta velocidad en las que la duración es corta, pero los efectos no lineales son muy grandes. Otros ejemplos incluyen la dinámica del rotor, así como soluciones multidisciplinarias integradas que incluyen funcionalidades de dinámica computacional de fluidos (CFD), térmica acoplada y de movimiento.

### Mejora de los procesos y facilidad de uso

Las mejoras de los procesos y la facilidad de uso hacen que los usuarios de NX Nastran sean más productivos e incluyan mejoras centrales de NX Nastran, así como mejores capacidades de integración para los ambientes de pre y posprocesamiento de NX CAE. Un buen ejemplo

es el modo en que NX Nastran facilita la conexión de mallas. NX Nastran tiene un proceso llamado pegado que le permite a los usuarios pegar diversos componentes en el ensamble de un elemento finito. Este proceso soporta una amplia variedad de conexiones, entre las que se incluyen el contacto lineal que se encuentra en una presión en la que dos elementos están estrechamente conectados. Los nuevos cálculos del factor de penalización automático que se introdujeron en los algoritmos de contacto lineal de NX Nastran se ven bien hoy en día. Menos iteraciones de contacto significan menos tiempo de ejecución. Mejoras de 8:1 y más se realizaron en casos de prueba de clientes.

Otras mejoras de procesos reflejan la capacidad de NX Nastran de lidiar con problemas interiores de acústica, en los que un nuevo enfoque hacia el cálculo de las matrices de acoplado estructural acústico tuvo como resultado mejoras en la velocidad de más de 100:1 sobre el método original. Además, un nuevo método de solución de masa virtual mejora de manera espectacular el desempeño en el caso de los modelos medianos y grandes que vibran en fluido como tanques de gasolina y barcos (ver la figura adjunta).



Método de solución de masa virtual de NX Nastran.

## Mejora del desempeño

Si bien las extensiones disciplinarias y la mejora de los procesos y la facilidad de uso son muy valiosas, la mejora en el desempeño es lo que se encuentra en el núcleo de las mejoras de Siemens PLM Software. El desempeño es lo que hace de NX Nastran la solución que eligen los usuarios que necesitan resolver los problemas cada vez más grandes de la actualidad. Siemens PLM Software ha trabajado mucho en áreas clave, comenzando con la mejora del desempeño de NX Nastran en problemas dinámicos de gran escala que se pueden dividir en varias piezas y enviar a diversos procesadores. NX Nastran ahora usa el proceso paralelo de memoria distribuida (DMP) para respaldar este tipo de solución de problemas de una manera única.

### Extensiones disciplinarias

Soluciones físicas adicionales  
Formato de modelado común

### Mejoras de los procesos y facilidad de uso

Modelado más sencillo  
Mayor precisión

### Mejoras del desempeño

Crecimiento en el tamaño del modelo  
Vanguardia

El resto de este informe técnico discute las mejoras en el desempeño de NX Nastran en detalle.

## Mejoras del desempeño

Los usuarios de NX Nastran pueden dividir los problemas y mejorar el desempeño casi linealmente al aprovechar los diversos procesadores disponibles en un ambiente de cluster DMP. NX Nastran también agregó extensiones al direccionamiento de memoria que le permiten a los usuarios resolver problemas enormes, como lo evidencian varias evaluaciones comparativas con 500M grados de libertad y más. NX Nastran resuelve rápidamente problemas de dinámica muy grandes.

### Procesamiento de matrices grandes

Una mejora importante se relaciona con la forma en que NX Nastran procesa matrices muy grandes, agregando elementos tales como solvers iterativos y procedimientos relacionados para mejorar el tiempo que toma descomponer dichas matrices y resolver los problemas relacionados cuando es necesario. Siemens PLM Software implementó un solver iterativo en NX Nastran que permite descomponer geometría altamente compleja (generalmente aplicaciones estructurales de piezas fundidas y otros tipos) rápidamente, lo que le permite a los usuarios interrogar los resultados rápido.

El solver iterativo era un proyecto inicial. El equipo de desarrollo de Siemens PLM Software actualizó el desempeño y alcanzó una ventaja de 7:1 sobre la capacidad original. Cuando se combina con las mejoras de administración de la memoria, se abren nuevas oportunidades para solucionar problemas grandes que eran imposibles con los solucionadores competitivos de ese tiempo.

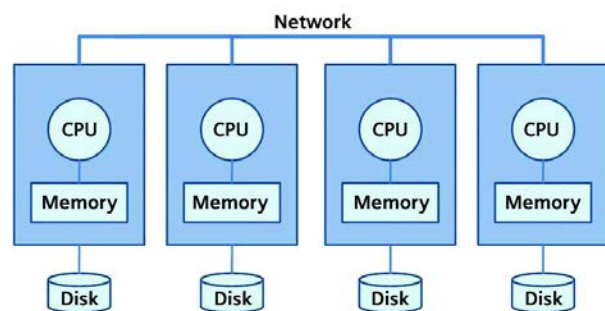
### Aprovechamiento de nuevas arquitecturas de sistemas computacionales

Después de eso, el reto fue cómo permitirle a NX Nastran aprovechar las nuevas arquitecturas de sistema computacionales actuales. En NX Nastran, el procesamiento de memoria compartida (SMP) se usa solo para las operaciones de bajo nivel, como descomposición de matrices y multiplicación de matrices para todas las secuencias de solución. Debido a que cada secuencia de solución implica multiplicaciones de matrices, el SMP se puede activar en todas las secuencias de solución para todos los análisis siempre que el hardware soporte SMP. En estos casos, los usuarios deberían esperar una solución mucho más rápida.

Usar varios procesadores en paralelo puede disminuir de manera importante los tiempos de ejecución de las soluciones en comparación con las soluciones seriales más tradicionales que usan un solo procesador. Además, se pueden obtener mayores niveles de escalabilidad con el procesamiento de memoria distribuido (DMP) en comparación con el procesamiento de memoria compartido (SMP), la cual es la tecnología preferida en los nodos de multiprocesador con memoria compartida o con nodos de procesador con múltiples núcleos.

Las soluciones DMP usan un cluster con procesadores múltiples y canales I/O múltiples que se comunican en una red. La figura que se muestra a continuación representa una arquitectura típica de sistema de hardware que ejecuta DMP. Cada procesador tiene su propia memoria y uno o más discos.

Las soluciones DMP se basan en la descomposición del dominio de la geometría (frecuencia) o el dominio de carga. Los métodos DMP alcanzan su velocidad de solución al dividir el modelo de elemento finito en piezas más pequeñas que se pueden solucionar de manera simultánea. Los usuarios solo necesitan especificar la cantidad de procesadores; la partición de la solución se realiza de manera interna.



Esta división se realiza en relación con la geometría o el rango de frecuencia individualmente o al mismo tiempo. Aunque cada procesador trabaja en su propia partición de la geometría o rango de frecuencia, se comunica con los otros para compartir la información. Una vez que la solución se termina, se fusionan los resultados y se crea un solo archivo de resultados.

NX Nastran tiene muchas opciones para la partición del dominio de solución, las que se destacan en la tabla adjunta.

Solución	Geometría	Frecuencia	Jerarquía	Recursivo	Carga
Análisis estático (101)	•				•
Modos normales (103)	•	•	•	•	
Frecuencia directa (108)		•			
Frecuencia modal (111)	•	•	•	•	
Transitorio modal (112)	•	•	•		
Optimización de diseño (200)	•	•	•		

**La partición de dominio geométrico** se encuentra disponible para las soluciones dinámicas y estáticas. El modelo físico se divide automáticamente en particiones de geometría que se solucionan en distintos procesadores. Conceptualmente, esto es como un enfoque de subestructuración automática (súper elemento); el desempeño escala bien con la cantidad de procesadores disponibles. Este enfoque reduce significativamente la cantidad de memoria y espacio en disco que se necesita para solucionar problemas, presentando una solución computacional exacta para eigensoluciones.

**La partición del dominio de frecuencia** se encuentra disponible para las soluciones dinámicas y estáticas. El rango de frecuencia de interés se parte automáticamente en segmentos de rango de frecuencia que se solucionan por separado. Cada procesador soluciona el modelo completo dentro de su segmento de frecuencia. La única comunicación necesaria es cuando se reúnen los resultados para el procesador principal.

**La partición jerárquica del dominio** combina los métodos de dominio de frecuencia y geometría. Este enfoque se usa para soluciones modales; permite escalabilidad a niveles más altos de lo que se puede obtener con cada método de manera individual. Con este enfoque, un subconjunto de procesadores o un cluster resuelve el problema eigenvalor de la geometría local, a la vez que se comunica con otros subconjuntos de procesadores o clusters para considerar los otros rangos de frecuencia. El ambiente de hardware preferido para el dominio jerárquico es un cluster de estaciones de trabajo de multiprocesador generalmente unido por intercambio de hardware o red.

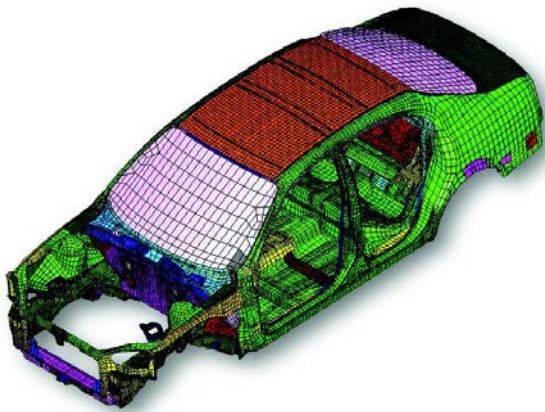
**La partición de dominio de carga** es útil cuando hay una mayor cantidad de casos de carga en un problema de análisis estático lineal. En vez de partir el modelo de elemento finito, se parte la matriz de carga entre los procesadores de la manera más pareja posible y se calcula la solución lineal dentro de cada uno de los procesadores respectivos para sus propios casos de carga. Al igual que la partición del dominio de frecuencia, la partición del dominio de carga, que no necesita comunicación entre procesadores, es escalable casi linealmente.

**La subestructuración recursiva** es el método DMP más nuevo. Funciona con las soluciones modales y es la solución más escalable hasta ahora. Opera en particiones multinivel de matrices de dureza y masa al desempeñar una reducción automática de la matriz. Como método de reducción matemática, la solución que resulta es aproximada si se compara con los otros métodos de DMP. Sin embargo, la experiencia demuestra que la aproximación es muy buena y tiene pocas diferencias con la solución exacta.

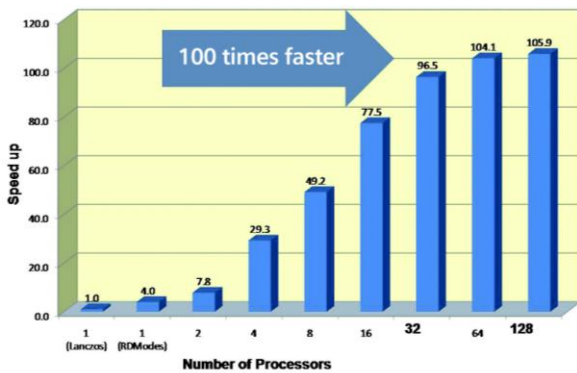
Se logró buena escalabilidad con este método en 128 CPUs como lo muestra uno de los ejemplos siguientes. Al usar el método Lanczos en un único procesador como la línea base, la solución DMP recursiva puede solucionar más de 100 veces más rápido. El método recursivo también puede ejecutarse en un solo procesador y, debido al efecto de la subestructuración, corre 4 veces más rápido que Lanczos.

# Ilustración del uso de la solución de dominio recursiva

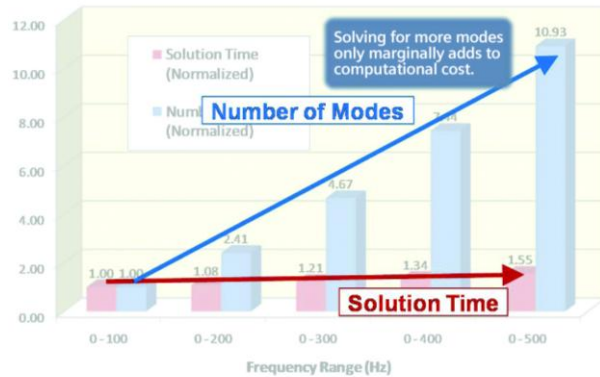
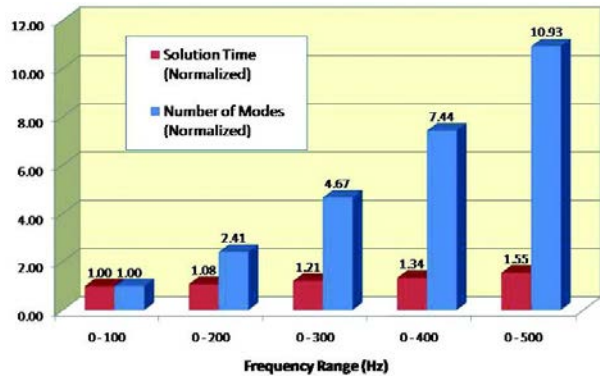
Se pueden presentar dos ejemplos para ilustrar el uso de la solución de dominio recursiva. Comenzamos con un análisis normal de modos (eigenvalor) de un modelo FE del cuerpo de un automóvil recortado. Este modelo tiene cerca de 6.5 millones de libertades, entre las que se incluyen 1.3 millones de puntos de malla y 1.2 millones de elementos de recubrimiento aproximadamente. Este modelo se ejecutó con la recuperación de eigenvector escasa, nueva en NX Nastran 7.0, encendida para determinar la escalabilidad en términos de tiempo transcurrido en comparación con la cantidad de procesadores.



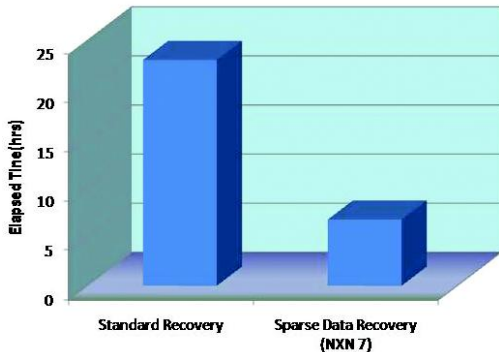
Como se puede ver en la tabla adjunta, la velocidad de solución sigue escalando bien con la cantidad de procesadores utilizados; la linealidad de la aceleración es muy buena con la escalabilidad que parece depender del tamaño del modelo y la cantidad de procesadores disponibles.



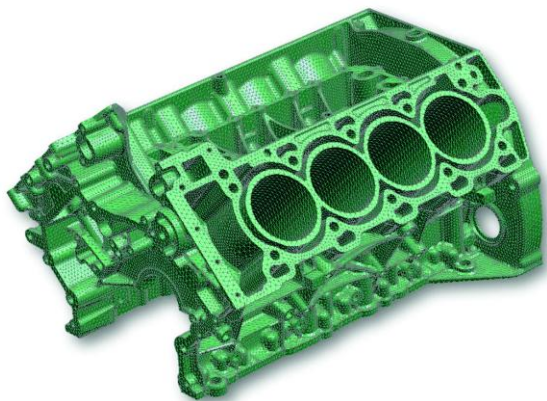
Se calcularon aproximadamente 1,000 modos hasta en 300 Hz en la ejecución inicial. Sin embargo, el análisis también se usó para probar el impacto del desempeño relacionado con la cantidad de modos solicitados. Como se puede ver en los diagramas adjuntos, la solución aparece relativamente plana en comparación con la cantidad de modos calculados.



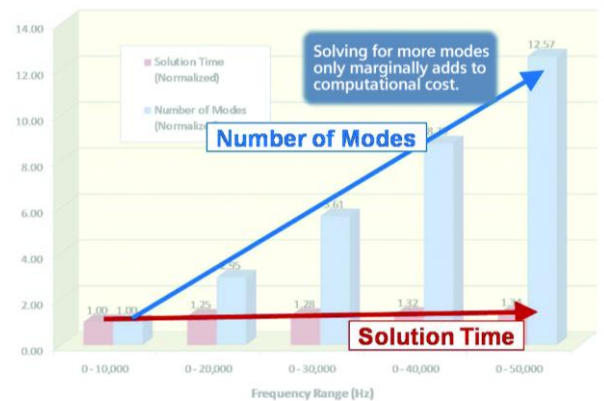
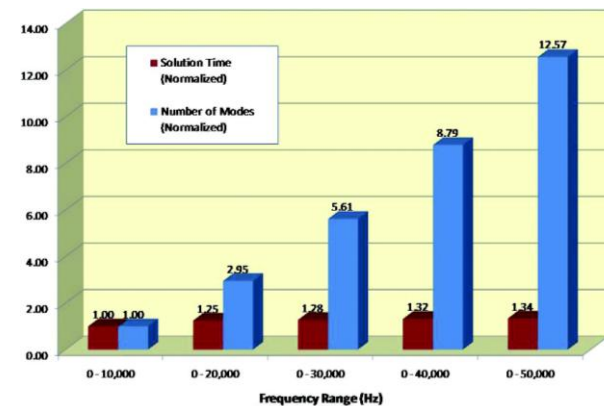
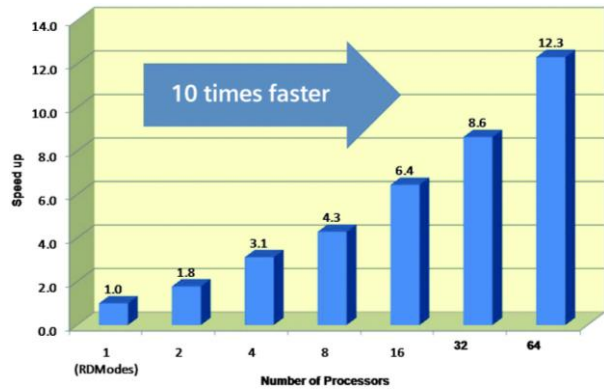
Este caso también destaca el valor de la recuperación de datos dispersa. Este enfoque se implementó para problemas grandes porque, en muchas circunstancias, al usuario solo le interesa la solución en un par de ubicaciones clave. En casos como este, el método de recuperación de eigenvector disperso, el que se invoca automáticamente, puede reducir el tiempo de cálculo total y los recursos de almacenamiento (5:1 en este caso).



El segundo ejemplo implica un modelo de motor V8 con 3.6 millones de puntos de malla, 2.3 millones de elementos de prueba parabólica y 10.8 M grados de libertad.



El problema se ejecutó en un Cluster HP con 64 CPUs ejecutando LinuxOS. Como se puede ver en los resultados adjuntos, el desempeño escala bien nuevamente. Siempre es importante mirar modelos con distintos tipos de malla ya que las matrices que se solucionan exhiben distintas formas y esto cambia el modo en que deben ser eficientes los algoritmos de solución para alcanzar las ganancias de desempeño objetivo.



En el caso anterior, se calcularon aproximadamente 250 modos en el rango de 0 a 10,000 Hz. Al probar la relación entre el número de modos solicitados y el tiempo de CPU utilizado se comprobó nuevamente que solucionar más modos sumaba dolo marginalmente al costo de cálculo.

## Conclusión

Los modelos complejos con millones de nodos y decenas de millones de grados de libertad se están volviendo la norma actualmente. En la medida en que los modelos de análisis siguen creciendo en términos de tamaño y complejidad, el desempeño del solucionador se convierte en un factor crítico en la capacidad de una compañía de producir resultados en el tiempo que impacten las decisiones clave de diseño. Siemens PLM Software comprende la importancia del desempeño del solucionador, lo que conforma el núcleo de la estrategia de desarrollo de NX Nastran.

## Acerca de Siemens PLM Software

Siemens PLM Software, unidad de negocios de la división de Siemens Industry Automation, es un proveedor líder a nivel mundial de programas de software y servicios para la administración del ciclo de vida de los productos (PLM) y cuenta con 7 millones de licencias y más de 71,000 clientes en todo el mundo. Con sus oficinas centrales en Plano, Texas, Siemens PLM Software trabaja en colaboración con empresas que brindan soluciones abiertas y que ayudan a transformar más ideas en productos exitosos. Para obtener más información sobre los productos y servicios de Siemens PLM Software, visita [www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm).

### [www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm)

Todos los derechos reservados. Siemens y el logotipo de Siemens son marcas comerciales registradas de Siemens AG. D-Cubed, Femap, Geolus, GO PLM, I-deas, Insight, JT, NX, Parasolid, Solid Edge, Teamcenter, Tecnomatix y Velocity Series son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. o sus subsidiarias en los Estados Unidos y en otros países. Todos los demás logotipos, marcas comerciales, marcas comerciales registradas o marcas de servicio que se utilizan en el presente documento son propiedad de sus respectivos dueños.

© 2012 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.

X7-LA 26945 1/12 C

## Siemens Industry Software

### México

Av. Santa Fe #505 Ofic. 201  
Col. Cruz Manca  
Delg. Cuajimalpa  
México, D.F. 05349  
México  
+52 (55) 5261 4770  
Fax +52 (55) 5261 4799

### Monterrey

Pabellón Tec Local 38-9  
Av. Eugenio Garza Sada  
#427 Sur  
Col. Altavista  
Monterrey, N.L. 64840  
México  
+52 (81) 1234 2244  
Fax +52 (81) 1234 2242

### Sin Costo:

001 866 529 0592