

**Centro de Ingeniería y Desarrollo
Industrial**

005390

Proyecto Industrial Terminal

**ANÁLISIS DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL DE
DISEÑO CONCEPTUAL DE ROBOT PARA LINEAS
DE TRANSMISIÓN**

PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD EN

“TECNÓLOGO EN MECATRÓNICA”

PRESENTA:

Alumno: Ing. Martín Fabián Herrera Mandujano.

Tutor: Dr. Luis del Llano Vizcaya.

QUERETARO, QRO. SEPTIEMBRE 2007



Resumen

En el presente proyecto se muestra el avance del desarrollo mecánico de un robot móvil que puede transportarse y a su vez evadir obstáculos, tales como apartarrayos y torres, por las líneas de alta tensión completamente desatendido por un operador, tal robot tiene la intención de automatizar la inspección de líneas de transmisión de potencia. En este proyecto solamente se desarrollo una simulación del robot móvil para posteriormente realizar análisis gravitacional y estructural, tales simulaciones fueron desarrolladas en el software de diseño mecánico Ironcad y Solidworks, de tal manera que se puedan desarrollar las bases para diseñar un “Sistema robotizado para el diagnostico y monitoreo automático de las condiciones operativas en líneas de transmisión de 230 y 400 KV”

El robot móvil para líneas de transmisión diseñado se baso en el paper titulado “A MOBILE ROBOT FOR INSPECTION OF POWER TRANSMISSION LINES” elaborado por los investigadores japoneses Jun Sawada, Kazuyuki Kusumoto, Tadashi Munakata, Yasuhisa Maikawa, Yoshinobu Ishikawa. En el diseño del robot para saltar obstáculos, en particular estos investigadores, logran una inspección del cable de guarda con un control teleoperado. La estructura mecánica se realizo en base a experimentos reales, en nuestro caso se demostrara la capacidad de balancearse, sosteniéndose un peso de máximo 70 kg. Por medio de una simulación en software de cinemática de las trayectorias y movimientos robot en este caso inalámbrico. De esta forma localizar sus centros de gravedad, y fuerzas e integridad estructural de los componentes.

Índice

Antecedentes	1
Definición del proyecto	11
Justificación	12
Objetivo	13
Fundamentación	14
Procedimiento o Método	15
Riel de guía	16
Cadena	19
Carro	22
Modelos 3D	22
Sub-ensamble llantas y rodamientos	23
Ensamble general	23
Vista en perspectiva de ensamble general del módulo de suspensión	23
Catarina	23
Brazos	26
Modelo ensamblado	27
Resultados	28

COSMOSWorks	28
Introduction	28
File Information	28
Materials	29
Load & Restrain Information	29
Study Properties	29
Contact	30
Results	30
Appendix	33
Scenario for structures	34
Solution Summary	34
Material Summary	37
Meshes	41
Solution steps	41
Loads	42
Constrains	42
Results Summary	43
Images	44
ANSYS	45
Conclusiones	48
Bibliografía	49

Antecedentes

La Comisión Federal de Electricidad cuenta a marzo de 2006 con 27,819 kilómetros de líneas de transmisión de 230 kV y con 18,233 kilómetros de líneas de kV. Las líneas de transmisión de alta tensión juegan un papel muy importante en el desempeño global de la CFE ya que son el proceso intermedio entre la producción y la distribución y comercialización de energía eléctrica, la ocurrencia de fallas en este proceso tiene implícitos costos muy altos en los tres procesos (Generación, Transmisión y Distribución de energía eléctrica), además de costos e impactos consecuenciales en los procesos de los clientes. La práctica actual de mantenimiento para tener bajo control los indicadores de desempeño del proceso de transmisión, implica el patrullaje de las líneas de transmisión en helicópteros y el movimiento de personal a través de caminos, en los que la mayor parte de las veces, son poco accesibles, dada la orografía nacional. Los mecanismos de falla de las líneas de transmisión, están asociados a: Esfuerzos térmicos; derivados de puntos calientes en conectadores, Esfuerzos mecánicos; derivados de vibraciones eólicas que producen fatiga mecánica, Esfuerzos químico – ambientales; que producen y aceleran la corrosión, misma que a su vez produce degradación mecánica por pérdida de material y/o de propiedades de resistencia del mismo. Esfuerzos dieléctricos; derivados de pérdidas de propiedades aislantes de los aisladores, debidas a condiciones ambientales por contaminación y a degradación de los materiales. Cada uno de estos tipos de esfuerzos tiene asociados diversos elementos que permiten su diagnóstico, mismo que a la fecha depende de expertos humanos que necesitan de al menos una inspección visual para determinar el diagnóstico. Derivado de lo anterior, se propone reemplazar las funciones de monitoreo y diagnóstico de líneas de transmisión realizadas hasta ahora por personal especializado, para ser ejecutadas por medio de un “Sistema robotizado para el Diagnóstico y Monitoreo Automático para determinar el grado de deterioro de las condiciones operativas de las líneas de transmisión”, con el objeto de optimizar el mantenimiento e incrementar el desempeño operacional, evitar la ocurrencia de fallas y reducir el costo de las operaciones.

El indicador de desempeño utilizado hasta ahora ha sido, el índice de salidas de línea por cada 100 km para cada nivel de tensión. No ha sido la práctica, pero para el propósito del

proyecto podría considerarse el índice anterior dividido entre el costo de mantenimiento, para ser comparado, antes y después de utilizar el sistema robotizado propuesto. Se espera que el proyecto además de ser auto-financiable por la reducción del costo del mantenimiento, mejore el índice de salidas de línea al poder incrementar el número de veces en que una determinada línea es supervisada y diagnosticada, lo cual tendría como consecuencia, la ejecución de una mayor cantidad de acciones preventivas a un costo menor que el de una acción correctiva. Así mismo, la reducción de fallas incide en una reducción del riesgo y en consecuencia el impacto negativo de daños consecuenciales a terceros. El desarrollo de este tipo de dispositivos inicio a mediados de los 80s, con un proyecto liderado por el EPRI, sin embargo en esa época el costo de la tecnología era prohibitivo para un despliegue masivo.

Dentro del sistema propuesto se encuentra nuestro proyecto, ya que la integridad estructural del diseño del mismo es de suma importancia para que éste robot pueda sujetarse, equilibrarse y moverse a través de las líneas de transmisión.

Breve descripción del Software utilizado

SolidWorks 2007®

El software de diseño mecánico SolidWorks® ofrece un rendimiento incomparable, facilidad de uso y funciones que le permitirán ahorrar mucho tiempo. Posee innovaciones y cientos de mejoras solicitadas por los clientes que le permitirán diseñar productos con mayor rapidez y precisión.

Trabaje más rápidamente gracias al inigualable rendimiento de este programa, que incluye funciones conocidas de Windows® como arrastrar y soltar, señalar y hacer clic, al igual que cortar y pegar. Con el software SolidWorks 2007, los datos de diseño son 100% editables y las relaciones entre las piezas, los ensamblajes y los dibujos están siempre actualizados.

Fácil de usar

Reduzca los pasos necesarios para completar un diseño, disminuya la confusión visual y minimice el cansancio con un conjunto de funciones de visualización y control intuitivas que permiten una interacción real con el usuario.

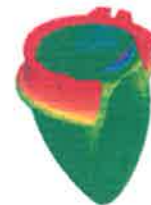
Integración y transición de datos 2D a 3D

Edite y mantenga los archivos DWG en su formato nativo con DWGEditor™, una herramienta de edición que brinda una interfaz con la que están familiarizados los usuarios de AutoCAD®. Conserve el valor de los datos heredados con las mejores herramientas disponibles para convertir datos 2D a datos 3D, adecuar la geometría 2D reutilizable y habilitar una transición perfecta a 3D, incluida la documentación completa de ayuda para los usuarios de AutoCAD.

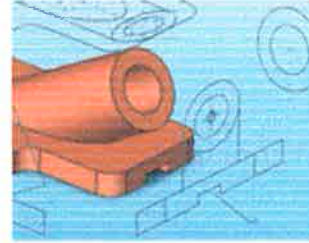
Funciones únicas

Aproveche las ventajas de una amplia gama de herramientas integradas y funciones innovadoras ofrecidas sólo por el software de diseño mecánico SolidWorks®:

- **Diseño de piezas integrado:** confirme la integridad del diseño fácilmente con COSMOSXpress™, la primera herramienta de validación de diseños integrada disponible para probar diseños de piezas rápida y fácilmente en un sistema de diseño mecánico en 3D.
- **Comunicación de diseños:** comparta conceptos de diseño fácilmente con eDrawings™, la primera herramienta habilitada para correo electrónico que facilita enormemente la colaboración en el diseño de productos.
- **Herramientas para el diseño de máquinas:** utilice un conjunto completo de herramientas de diseño de piezas soldadas y documentación. Obtenga las mejores funciones de chapa metálica totalmente asociativas, que permiten pasar rápidamente de la fase de diseño a los dibujos finales de fabricación. Ahorre tiempo con una biblioteca de operaciones de diseño de máquinas.



- Herramientas de diseño de moldes: automatice la creación de núcleos y cavidades con herramientas integradas de diseño de moldes. Utilice MoldflowXpress, una herramienta de validación de diseños basada en un asistente, para probar rápida y fácilmente la posibilidad de fabricación de piezas moldeadas por inyección de plástico.
- Herramientas para el diseño de productos de consumo: acelere el diseño de productos de consumo con herramientas mejoradas para una fácil manipulación de superficies; automatice la creación de elementos de diseño de piezas de plástico que se utilizan frecuentemente como, por ejemplo, salientes de montaje y ganchos de mosquetón; y desarrolle conceptos en diseños detallados más rápidamente con la posibilidad de importar archivos de Adobe® Illustrator®.
- Acceso en línea a componentes ya preparados: ahorre tiempo con 3D Content- CentralSM , el primer recurso Web integrado que proporciona a los usuarios de sistemas de CAD en 3D acceso a componentes ya preparados mediante catálogos en línea de primer orden.
- Gestión de la configuración: simplifique la reutilización del diseño y las iteraciones creando múltiples variaciones del diseño de un modelo de pieza o ensamblaje en un solo documento.



Modelado de piezas

Cree fácilmente diseños con extrusiones, revoluciones, operaciones lámina, vaciados avanzados, patrones de relleno de áreas y taladros aprovechando las funciones únicas del modelado de piezas basado en operaciones.

- Acelere el modelado de piezas con el exclusivo control de nivel de operaciones sobre varios sólidos.
- Realice cambios de diseño en tiempo real con la facilidad de la función arrastrar y soltar mediante la edición dinámica de operaciones y croquis.



Modelado de ensamblajes

Relacione otras piezas directamente y mantenga sus relaciones al crear piezas nuevas. Obtenga un rendimiento inigualable en el diseño de ensamblajes grandes con decenas de miles de piezas. Trabaje más rápidamente en el modo aligerado sin sacrificar las funciones de documentación y diseño. Arrastre y coloque piezas y operaciones en su sitio.

- **Acelere el diseño de ensamblajes con el enganche automático de SmartMates y los componentes inteligentes reutilizables, cuyo tamaño se reajusta automáticamente a otros componentes del diseño. Simule movimiento real e interacción mecánica entre sólidos con las funciones exclusivas de simulación física.**
- **Revise diversas variaciones de un producto rápida e interactivamente con la función Estados de visualización, que permite visualizar fácilmente diferentes colores, texturas y otras características en la pantalla. Combine las pantallas sombreadas y de estructuras alambicas como desee.**

Dibujos en 2D

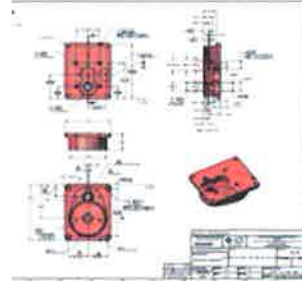
Desarrolle dibujos de ingeniería completos y preparados para la fase de producción sin dibujar ni una sola línea o arco. Haga dibujos totalmente asociativos. Las vistas de dibujos y las listas de materiales se actualizan cada vez que se modifica el diseño de las piezas o del ensamblaje. Cree automáticamente varias vistas con dimensiones precisas y completas.

- **Genere listas de materiales para un proyecto entero con un solo clic. Agregue globos automáticamente a cada componente en una vista de dibujo y alinéelos fácilmente. Ajuste el tamaño, pase el corrector ortográfico y reutilice las anotaciones con total facilidad. Produzca tablas de revisión ya preparadas, tablas de taladros y otros tipos de tablas estándar, así como tablas definidas por el usuario.**
- **Compare dibujos fácilmente para resaltar las diferencias y ver qué cambios se han realizado de una versión a otra. Aproveche la exclusiva función de vista de dibujo 3D que permite ver piezas y ensamblajes en 3D sin abandonar el entorno de dibujo. Croquice diseños con**

bloques de presentación innovadores que permiten diseñar y manipular rápidamente mecanismos en 2D antes de generar ensamblajes en 3D.

Superficies

Capture y modifique la intención del diseño con las exclusivas funciones de croquis 3D. Genere superficies complejas utilizando recubrimientos y barridos con curvas guía y asas de arrastre para controlar la tangencia fácilmente, y una función de relleno innovadora. Recorte, extienda, redondee y cosa superficies intuitivamente. Traslade, gire, copie y cree superficies simétricas para poder manipularlas mejor.



Ayuda

SolidWorks® 2007 dispone de un sistema de ayuda basado en HTML, que contiene hipervínculos y animaciones, tutoriales en línea, un portafolio de diseño con instrucciones de uso y un glosario

Intercambio de datos

SolidWorks® 2007 ofrece conversores de archivos para casi todos los productos de CAD mecánico que se encuentran actualmente en el mercado:

- AI (Adobe Illustrator)
- CGR (gráficos CATIA®)
- Pro/ENGINEER®
- IPT (Autodesk Inventor®)
- Mechanical Desktop®
- Unigraphics®
- PAR (Solid Edge®)
- CADKEY®
- IGES
- IDF
- STEP
- Parasolid®

- SAT (ACIS®)
- JPG
- PDF
- Viewpoint
- HSF (Hoops)
- VDA-FS
- VRML
- STL
- DXF™
- TIFF
- DWG
- HCG (gráficos de alta compresión CATIA)

Requisitos del sistema

- Se recomienda utilizar Microsoft® Windows XP Professional o Windows 2000
- Procesador basado en Intel® Pentium™-, Intel Xeon™-, Intel EM64T-, AMD® Athlon™ o AMD Opteron™
- RAM de 512 MB o de mayor tamaño
- Dispositivo de puntero
- Unidad de CD-ROM
- Microsoft Office XP o Microsoft Office 2000

Unigraphics NX

Unigraphics NX es una solución escalable, integrada de CAD/CAM/CAE para el diseño y desarrollo de productos nuevos. Es particularmente fuerte en capturar el leveraging y el conocimiento del proceso del desarrollo de producto.

Son 3 soluciones principales del software que se desarrollen en una sola plataforma de NX

ANSYS DesignSpace

ANSYS DesignSpace es un potente software de simulación, fácil de usar y que ofrece a los diseñadores e ingenieros la capacidad de modelizar, diseñar y validar sus ideas sobre su ordenador de trabajo de forma rápida y eficaz. Su núcleo de cálculo es ANSYS, el programa FEM que no ha dejado de evolucionar desde que apareció en el mercado hace 32 años.

Su éxito se basa en una serie de factores:

- El uso de la denominada “Automatización basada en el conocimiento” (Knowledge-Based Automation), que consiste en la inclusión en el programa de una serie de procedimientos y metodologías de cálculo que el usuario puede usar de forma automática, que acelera enormemente la obtención de resultados en los diseños preliminares.
- La asociatividad bidireccional y asociativa con los sistemas CAD 3D paramétricos más usados del mercado (Autodesk Inventor, Solid Edge, Unigraphics, SolidWorks, Pro/ENGINEER y Autodesk Mechanical Desktop), lo que permite que una vez definido el concepto y modelizado en CAD, el paso a ANSYS, el mallado, la definición de cargas y condiciones de contorno y la ejecución se realicen en tiempos extremadamente cortos. Además, ANSYS DesignSpace puede leer ficheros nativos de CATIA y los formatos SAT y PARASOLID.
- La posibilidad de generación automática de informes en varios formatos (XML, Word, PowerPoint) que permiten la transferencia inmediata de los resultados entre los distintos estamentos de la empresa.
- ANSYS DesignSpace ofrece a los diseñadores la posibilidad de realizar de forma sencilla y pautada, análisis estructurales, térmicos, dinámicos, de optimización de peso o geometría, modales o de pandeo.

Tanto para piezas aisladas, como para ensamblajes o sistemas completos, ANSYS DesignSpace convierte los sistemas CAD 3D en entornos de desarrollo virtual de producto que permiten a los equipos de desarrollo obtener mejores productos en menos tiempo y con menos errores. ANSYS DesignSpace le permitirá conocer el comportamiento y la respuesta de los diseños mientras los está diseñando, y tomar las decisiones del diseño con argumentos.

ANSYS DesignSpace – Guía de producto

ANSYS DesignSpace Entra – Este paquete de simulación básico está concebido para el análisis de piezas aisladas. Incluye todas las herramientas de cálculo necesarias para realizar análisis de tensiones, deformaciones, de transferencia de calor, modales y de optimización de forma.

Sus capacidades básicas son:

- Asociatividad con sistemas CAD 3D uni o bi-direccional según el CAD.
- Simulación Paramétrica
- Análisis lineales de resistencia y rigidez.
- Aplicación automática de cargas y condiciones de contorno complejas.
- Mallado adaptativo.
- Asistentes de diseño con posibilidad de definición de procedimientos propios de la empresa.
- Cálculo de factores de seguridad. Avisos de resultados no aceptables.
- Obtención de modos propios, incluida la posibilidad de pretensado.
- Transferencia de calor.
- Tensiones por dilatación diferencial.
- Convección dependiente de la temperatura.
- Conducción térmica dependiente de la temperatura.

- Optimización topológica .
- Generación automática de informes en formato Web
- Licencia flotante en red
- Controles de mallado manual
- Previsualización de la malla

ANSYS DesignSpace – Incluye todas las capacidades de DesignSpace Entra y le añade la posibilidad de análisis de ensamblajes complejos incluyendo la detección automática de superficies de contacto. Al permitir el análisis de conjuntos cuenta con:

- Montaje automático de ensamblajes con detección automática de superficies de contacto
- Contacto lineal entre piezas del montaje.
- Propiedades de contacto modificables por el usuario.
- Visualización avanzada de ensamblajes
- Contactos No-lineales

Módulos avanzados – Mediante el uso del entorno ANSYS Workbench, los usuarios de DS pueden beneficiarse de la posibilidad de ampliar los análisis iniciales con simulaciones avanzadas con una facilidad no alcanzada por ningún otro producto del mercado. Cualquier proyecto puede comenzarse en DS, salvarse y reabrirse posteriormente en cualquier producto de la gama superior de ANSYS para incluir capacidades superiores como materiales no-lineales, análisis armónicos, grandes deformaciones, contactos avanzados, etc.

Más información en el folleto informativo de ANSYS® DesignSpace™.

Definición del proyecto

Preparación de diseño conceptual, elaboración de soporte o background de componentes del sistema para simulación mediante software de diseño mecánico CAD, la estructura que se plantea utilizar para el diagnóstico de líneas de transmisión será similar al robot presentado en el paper "A MOBILE ROBOT FOR INSPECTION OF POWER TRANSMISSION LINES" indicado anteriormente.

El software utilizado será base para plasmar el diseño conceptual creando modelos en 3D para posterior análisis.

Justificación

El proyecto tiene una vital importancia debido, a que es necesario reducir los costos de mantenimiento en las líneas de transmisión, así como de traslado de personal a lugares poco accesibles, lo que demanda como prioridad desarrollar un robot de inspección que sea capaz de librar obstáculos, tales como pararrayos, sin necesidad de ser recolocado al traspasar una torre permaneciendo en línea.

Objetivo

Elaborar el diseño de la estructura para el robot de las líneas de transmisión con las siguientes características:

- Materiales dieléctricos
- Un peso máximo de 70 kg.
- Resistencia mecánica.
- Debe tener dimensiones que no interfieran con la distribución de campo eléctrico.

Dichas características serán utilizadas para el análisis de integridad estructural, y de ésta manera localizar sus centros de gravedad, y fuerzas e integridad estructural de los componentes. Así mismo, se realizará una comparación entre los diferentes tipos de software para tener una mayor concepción del modelo a desarrollar.

Fundamentación

El estado del arte en este rubro indica muy bajo índice de robots capaces de traspasar obstáculos, así como de características de reconocimiento de fallas en las líneas, estos solo tienen capacidad de sostener una cámara en tiempo real, pero son basados en la inspección de con recursos humanos, sujetos al error. Otro de los fundamentos a solventar es que no se tiene registro de estadísticas de almacenamiento teniéndose un total desconocimiento del comportamiento de las líneas de transmisión;

Procedimiento o Método

De la revisión bibliográfica el paper con mayor afinidad e importancia, el cual se muestra a continuación:

“A MOBILE ROBOT FOR INSPECTION OF POWER TRANSMISSION LINES”

El primer paso que se realizó al iniciar el proyecto fue el de obtener información del paper antes mencionado para adquirir los parámetros y especificaciones del robot móvil.

Los datos adquiridos de este paper fueron los siguientes:

Condiciones de operación:

Aplicación: torres horizontales (0 a 90°)

Uniones o Juntas en T

Ejes de movimiento: 10

Longitud del riel de guía: 3m

Peso: aprox. 100kg

Ángulo de inclinación: 30°max.

Obteniendo a su vez la siguiente figura 1.

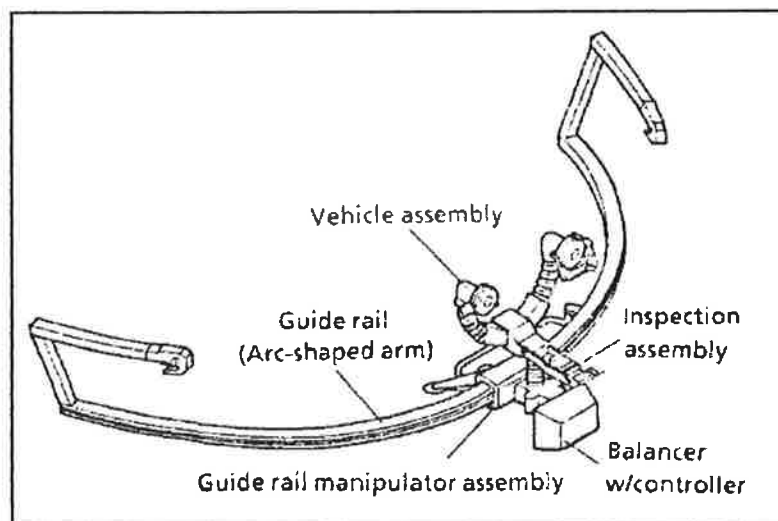


Fig.1 Configuración básica de un robot móvil.

Analizando el paper se pudo deducir los siguientes movimientos; un carro que se encuentra montado en el riel de guía lo recorre de extremo a extremo, este carro en su parte superior lleva montado dos llantas de sujeción las cuales se montan en el cable de alta tensión, los mecanismos que se utilizaron en este paper no se encuentran contemplados así que decidimos utilizar unos mecanismos alternos.

Dichos mecanismos a utilizar fueron una cadena con aleta por un lado del riel, la cual es recorrida por una catarina que es impulsada por un motor provocando así el movimiento del carro a lo largo del riel.

Diseño de componentes para diseño conceptual.

Se describen a continuación principales componentes:

- 1) Riel de guía
- 2) Cadena
- 3) Carro
- 4) Catarina
- 5) Brazos
- 6) Modelo ensamblado

Las especificaciones de los mecanismos son los siguientes:

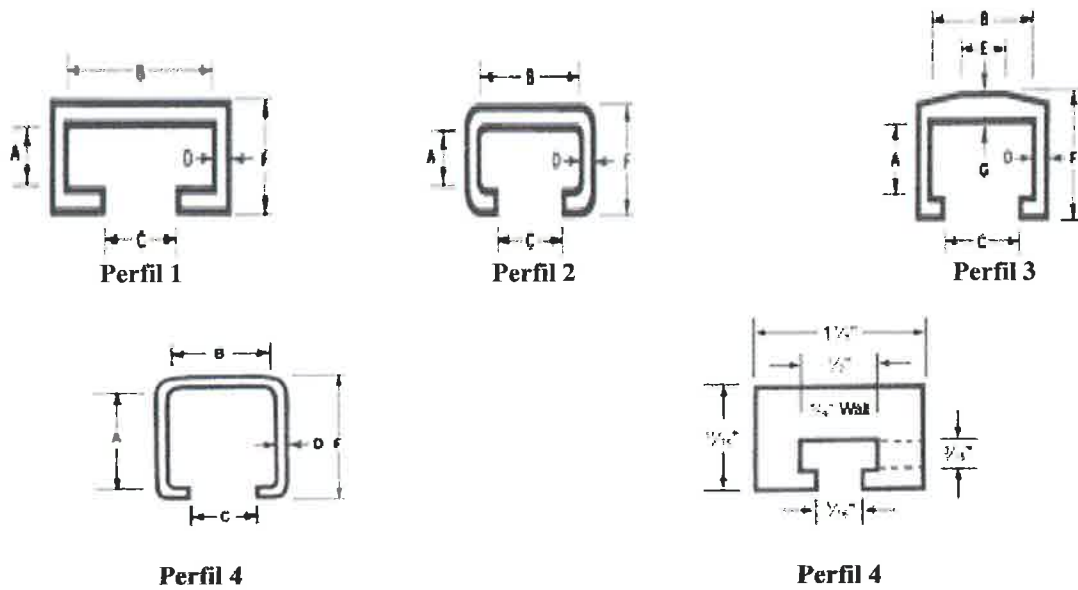
1.-Riel de Guía.

En primera instancia se definió el riel de guía, de acuerdo al bosquejo anterior (fig.1) optándose por utilizar un perfil tipo "C" el cual cumple con los requerimientos, para ello consultamos diferentes proveedores de perfiles obteniendo la tabla 1, como se muestra a continuación.

Tabla 1

POBCO® Wear Strip Guide Rail Snap-Ons

UHMW Part Number	Profile	A x B	C	D	E	F	G
GRU-030811	5	3/16 x 1/2	5/16	5/16	-	-	-
GRU-031607	1	3/16 x 1	3/4	1/8	-	7/16	-
GRU-050809	1	None	5/16 x 1/2	5/16	-	9/16	-
GRU-041607	1	1/4 x 1	5/8	1/8	-	1/2	-
GRU-032407	1	3/16 x 1 1/2	3/4	1/8	-	7/16	-
GRU-033224	1	3/16 x 2	1 3/8	1/8	-	7/16	-
GRU-021802	1	1/8 x 7/8	11/16	1/8	-	3/8	-
GRU-021906	1	1/8 x 1-3/16	1	3/16	-	3/8	-
GRU-042410B	1	1/4 x 1-1/2	1-3/8	1/8	-	19/32	-
GRU-082404B	1	3/16 x 1-1/8	7/8	1/8	-	19/32	-
GRU-043205	Heavy Duty 1	1/4 x 2	1 3/8	1/8	-	17/32	-
GRU-043205MD	Medium Duty1	1/4 x 2	1 11/16	.094	-	7/16	-
GRU-043205LD	Light Duty 1	1/4 x 2	1 1/2	.075	-	7/16	-
GRU-043608	1	1/4 x 2 1/4	1 5/8	1/8	-	1/2	-
GRU-063211	1	3/8 x 2	11/2	1/8	-	5/8	-
GRU-082411	2	1/2 x 1 1/2	15/16	3/32	-	11/16	-
GRU-083212	1	1/2 x 2	1 1/2	1/8	-	23/32	-
GRU-122416	1	3/4 x 1 1/2	1	3/32	-	15/16	-
GRU-081615	3	1/2 x 1	3/4	3/16	3/8	15/16	9/32
GRU-081615LD	3	1/2 x 1	3/4	1/8	.400	7/8	1/4
GRU-091821	3	9/16 x 1 1/8	7/8	1/8	7/16	15/16	1/4
GRU-161623	3	1 x 1	7/16	1/8	3/8	1 7/16	7/32
GRU-141417	4	7/8 x 7/8	1/2	3/32	-	1 1/16	-
GRU-161620*	4	1 x 1	1/2	1/8	-	1 1/4	-
GRU-202024	4	1 1/4 x 1 1/4	3/4	1/8	-	1 1/2	-
GRU-242428	4	1 1/2 x 1 1/2	3/4	1/8	-	1 3/4	-
GRU-243215	4	1 1/2 x 2	varies w/flex	1/8	-	1 3/4	-
GRU-323236	4	2 x 2	varies w/flex	1/8	-	2 1/4	-



De ésta tabla se eligió el perfil no.4 2"x2" interior, las dimensiones generales de pared tienen un ancho de 1/8"; debido a que las dimensiones del carro que va por dentro del riel es de 2"x 2".

Basándonos en la geometría comercial antes citada se procedió a realizar el modelo 3D en el software CAD Solidworks® teniendo como resultado las figuras 2 y 3.

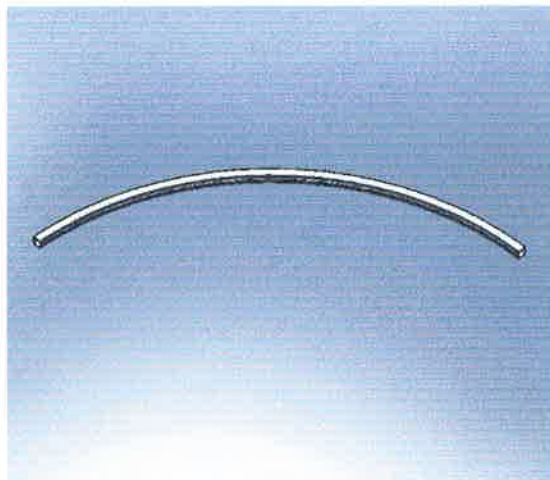


Fig.2 Riel Tipo C 2"x2"

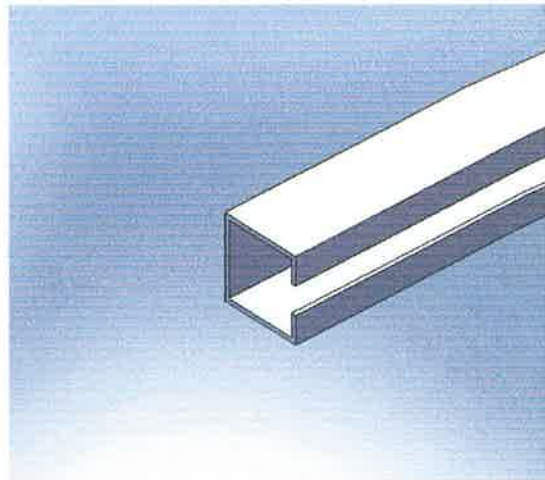


Fig. 3 Ampliación de modelo de riel tipo C 2"x2"

2.-Cadena.

Después de terminado el perfil se procedió con la elaboración de la cadena acorde a las dimensiones exteriores del perfil tipo c descrito en la sección anterior, la cadena a utilizar en este caso debe tener elementos para sujeción sobre el riel, por lo que se selecciono una con aletas a 90° como se muestra en la figura 5, para la selección de las dimensiones de la cadena nos basamos en las tablas 2,3.

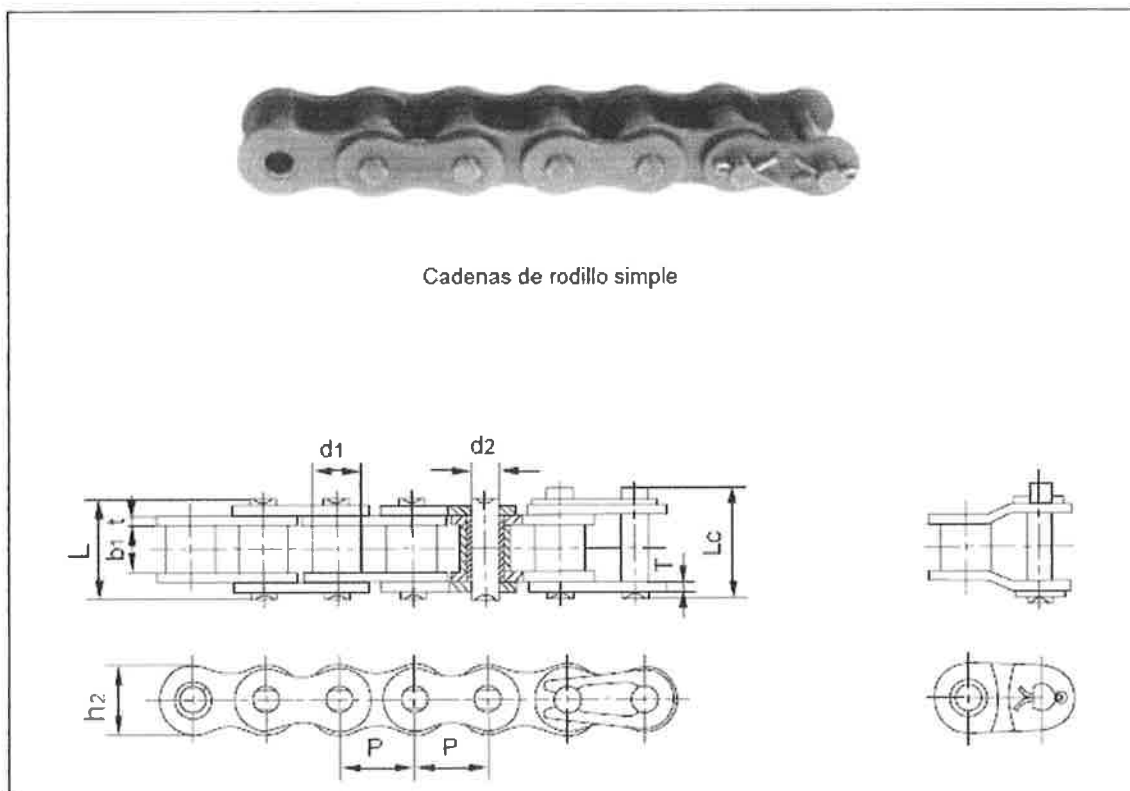


Fig.4 Diagrama esquemático de una cadena

Tabla 2

REFERENCIA	PASO	DIAMETRO DE RODILLO	ANCHO INTERIOR	DIAMETRO EJE	LONGITUD DE EJE		ANCHO MALLAS	GROSOR DE MALLAS	FUERZA DE TENSION TOTAL	FUERZA DE TENSION MEDIA	PESO POR METRO	
	DIN/ISO	P	d1 máx	b1 mín	d2 máx	L máx	Le mín	h2 máx	t/T máx	Q mín.	Qo	q
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	kN	kN	kg./m.
04B-1	6.000	4.00	2.80	1.85	6.80	7.8	5.00	0.60	3.0	3.2	0.11	
05B-1	8.000	5.00	3.00	2.31	8.20	8.9	7.10	0.80	5.0	5.9	0.20	
*06B-1	9.525	6.35	5.72	3.28	13.15	14.1	8.20	1.30	9.0	10.4	0.41	
08B-1	12.700	8.51	7.75	4.45	16.70	18.2	11.80	1.60	18.0	19.4	0.69	
10B-1	15.875	10.16	9.65	5.08	19.50	20.9	14.70	1.70	22.4	27.5	0.93	
12B-1	19.050	12.07	11.68	5.72	22.50	24.2	16.00	1.85	29.0	32.2	1.15	
16B-1	25.400	15.88	17.02	8.28	36.10	37.4	21.00	4.15/3.1	60.0	72.8	2.71	
20B-1	31.750	19.05	19.56	10.19	41.30	45.0	26.40	4.5/3.5	95.0	106.7	3.70	
24B-1	38.100	25.40	25.40	14.63	53.40	57.8	33.20	6.0/4.8	160.0	178.0	7.10	
28B-1	44.450	27.94	30.99	15.90	65.10	69.5	36.70	7.5/6.0	200.0	222.0	8.50	
32B-1	50.800	29.21	30.99	17.81	66.00	71.0	42.00	7.0/6.0	250.0	277.5	10.25	
40B-1	63.500	39.37	38.10	22.89	82.20	89.2	52.96	8.5/8.0	355.0	394.0	16.35	
48B-1	76.200	48.26	45.72	29.24	99.10	107.0	63.80	12/10	560.0	621.6	25.00	

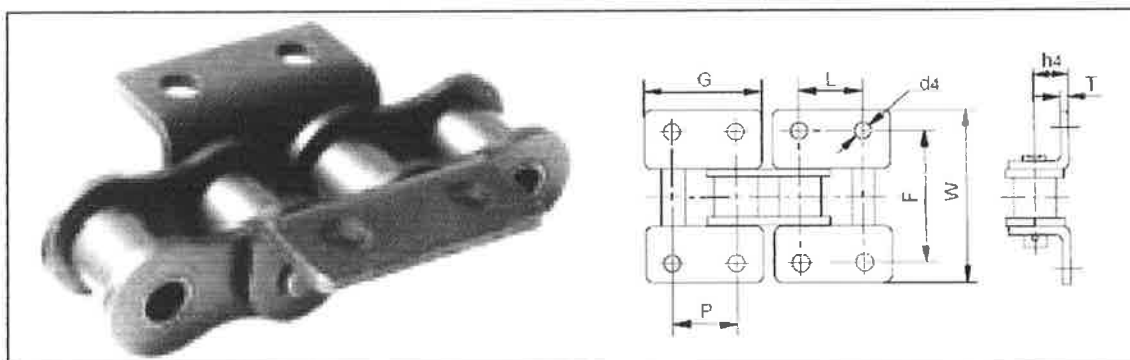


Fig. 5 Aleta 90° 2 lados 2 taladros

Tabla 3

REFERENCIA	P	G	L	F	W	T	h	d _i
DIN/ISO	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
* 06	9.52	17.65	9.52	19.05	27.50	1.30	6.50	3.5
08B	12.700	24.00	12.700	25.40	36.4	1.60	8.90	4.3
10B	15.875	29.58	15.875	31.80	44.6	1.70	10.31	5.3
12B	19.050	34.05	19.050	38.10	52.4	1.85	13.46	6.4
16B	25.400	46.40	25.400	50.80	72.6	3.10	15.88	6.4
20B	31.750	58.10	31.750	63.00	100.5	3.50	19.80	9.0

De las tablas 2,3 se selecciona la cadena *12B* debido a que el perfil es de dimensiones exteriores $2\frac{1}{4}'' \times 2\frac{1}{4}''$ (57.15mm), y la cadena mide 52.4mm de lado a lado de las aletas (W) indicada en la figura 5b. La función de las aletas es la de unir la cadena al riel.

Las siguientes figuras muestran cada una de las partes constitutivas de la cadena las cuales fueron diseñadas en SolidWorks®.

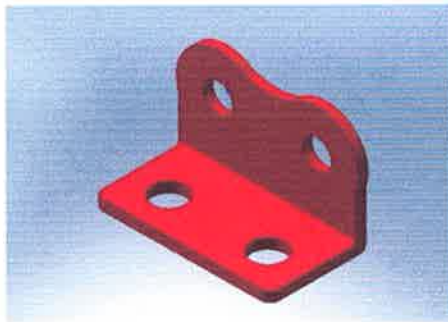


Fig. 6 Eslabón exterior



Fig. 7 Eslabón interior

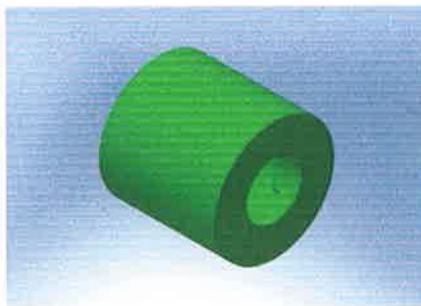


Fig. 8 Rodillo



Fig. 9 Eje transversal o perno

Realizando un ensamble de los componentes anteriores se muestra una sección de 3 módulos quedando la cadena de la siguiente manera:

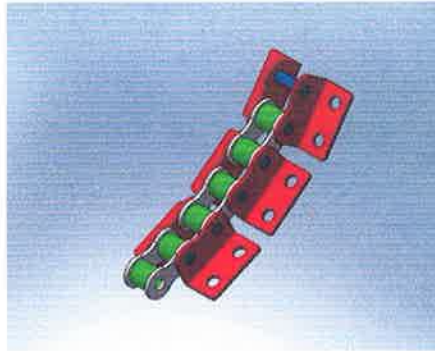


Fig. 10 Ensamble de cadena

3.-Carro.

Otro de los componentes principales que constituyen el ensamble es el carro el cual sostiene el peso de los dispositivos electrónicos encapsulados en la trayectoria del perfil tipo "C". Este carro fue diseñado bajo los requerimientos para una suspensión dentro de un riel curvo, mostrando la disposición de los elementos de la siguiente manera:

Los elementos son mostrados en 4 pasos

1. Modelos 3D
2. Sub-ensamble llantas y rodamientos
3. Ensamble general
4. Vista en perspectiva de ensamble general del modulo de suspensión

Modelos 3D

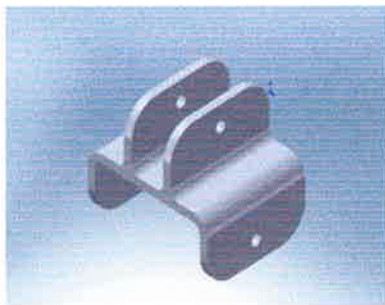


Fig. 11 Estructura de carro

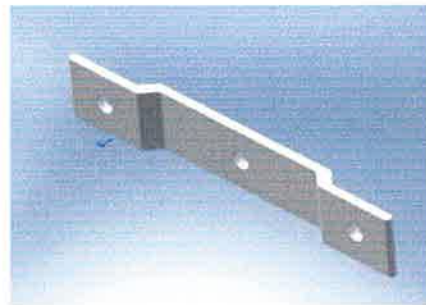


Fig. 12 Soporte de llantas

Sub-ensamble llantas y rodamientos



Fig. 13 Llanta 1 al 4

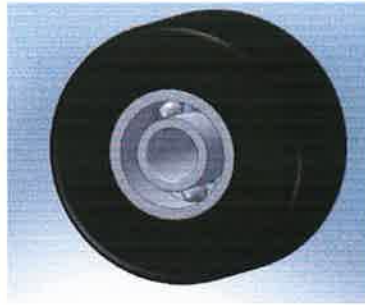


Fig. 14 Llanta 5



Fig. 15 Eje llanta 5

Ensamble general y Vista en perspectiva de ensamble general del modulo de suspensión

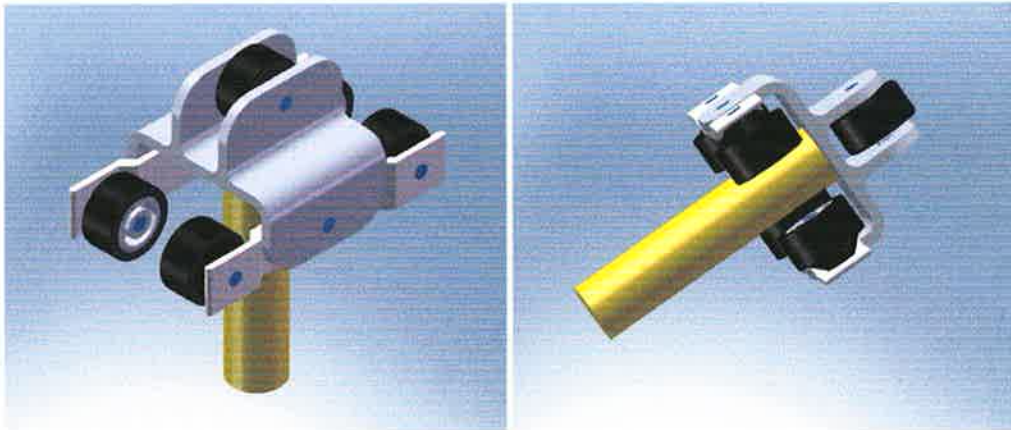


Fig. 16 Carro completo

Comentario. Dicho carro tiene una dimensión de 2" x 2" para que pueda ingresarse al interior del carril.

4.-Catarina.

El siguiente paso es el de realizar una Catarina la cual recorra la cadena, esta Catarina debe ser sencilla con los menos dientes posibles y que cumpla con el paso de las cadenas y lo ancho del rodillo de esta.

Se recurrió a la Tabla 4 para seleccionar el número de cadena ANSI de acuerdo al paso en mm. que en éste caso fue 19.05, por lo cual se eligió la No. 60.

Tabla 4

Número de cadena ANSI	Paso, pulg (mm)	Ancho, pulg (mm)	Resistencia		Diámetro del rodillo, pulg (mm)	Espaciamiento de hilos múltiples, pulg (mm)
			Resistencia mínima a la tensión, lb (N)	Peso promedio, lb/ft (N/m)		
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	— —
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (56.5)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.000 (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.55)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.592 (65.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.70)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

Con el No. de cadena seleccionado, se procedió a identificar el menor número de dientes posibles para la catarina a utilizar, y de acuerdo a la Tabla 5, determinamos que fuera de 8 dientes.

Tabla 5

Núm.	Números de dientes de catalina disponibles
25	8-30, 32, 34, 35, 36, 40, 42, 45, 48, 54, 60, 64, 65, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
35	4-45, 48, 52, 54, 60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
41	6-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
40	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
50	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
60	8-60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
80	8-60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 78, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
100	8-60, 64, 65, 67, 68, 70, 72, 74, 76, 80, 84, 90, 95, 96, 102, 112, 120
120	9-45, 46, 48, 50, 52, 54, 55, 57, 60, 64, 65, 67, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 90, 96, 102, 112, 120
140	9-28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 48, 54, 60, 64, 65, 68, 70, 72, 76, 80, 84, 96
160	8-30, 32-36, 38, 40, 45, 46, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 72, 73, 80, 84, 96
180	13-25, 28, 35, 39, 40, 45, 54, 60
200	9-30, 32, 33, 35, 36, 39, 40, 42, 44, 45, 48, 50, 51, 54, 56, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 68, 70, 72
240	9-30, 32, 35, 36, 40, 44, 45, 48, 52, 54, 60

* Morse Chain Company, Ithaca, NY, catalinas de maza tipo B.

Determinando que el número de dientes sea 8; ya determinado éste se procedió a la siguiente fórmula para determinar el diámetro exterior de la catarina:

$$D = \frac{P}{\text{sen}(180/n)}$$

Donde D= diámetro (mm)

P= paso de la cadena (mm)

n= número de dientes

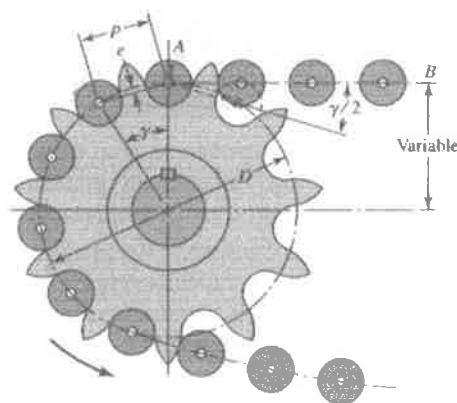


Fig. 17 Acoplamiento de una cadena y una catarina

Por lo tanto

$$D = \frac{19.05mm}{\sin\left(\frac{180}{8}\right)} = 49.78mm$$



Fig. 18 Catarina

5.-Brazos

Para lograr sujetarse de los cables dicho robot cuenta con unos brazos como los que se muestran a continuación.

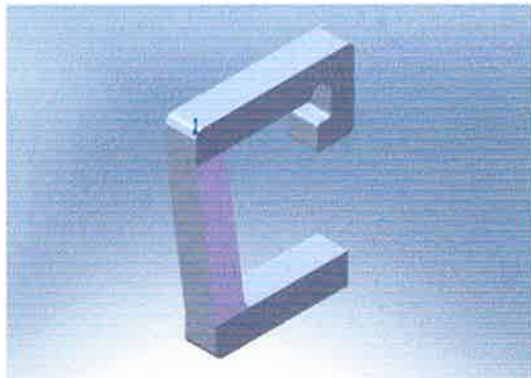


Fig. 19 Brazo derecho

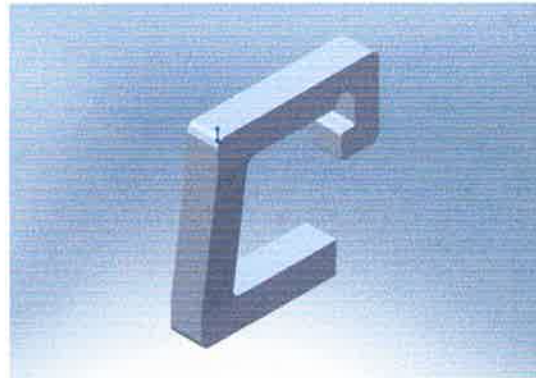


Fig. 20 Brazo izquierdo

La única consideración para el diseño de los brazos, fue dejarle una inclinación de 30° en los extremos para que así le permita al riel, mostrado anteriormente, engancharse a la línea, sin que éste se atore.

5.-Modelo ensamblado

Para completar el dibujo, se procedió a ensamblar cada una de las piezas antes descritas y así obtener el modelo deseado para analizar posteriormente, cabe mencionar que el contrapeso mostrado se colocó simplemente con fines ilustrativos, ya que en esta etapa del proceso no influye la forma sino el peso que se va a contemplar.

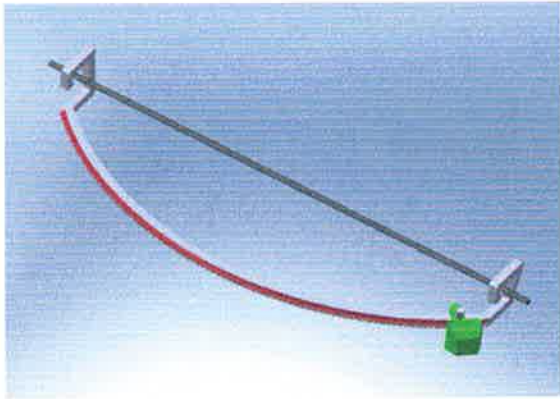


Fig. 21 Vista #1 del modelo ensamblado

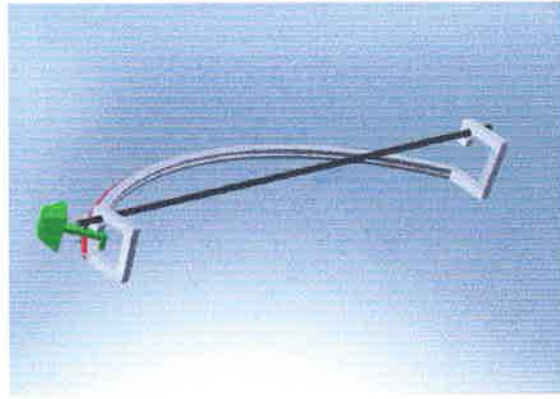


Fig. 22 Vista #2 del modelo ensamblado

En éste modelo se basarán los estudios a realizar para poder implementarlo en el robot para líneas de transmisión, sin embargo, para poder realizar el estudio para éste proyecto en específico fue necesario rediseñar el modelo, principalmente la pieza carro ya que se presentaron diversos problemas con el software utilizado. Una vez resueltos dichos contratiempos, se procedió a realizar el análisis estructural específicamente en COSMOSWorks, que es una herramienta del SolidWorks®, Scenario for Structures de Unigraphics, así como en ANSYS®; donde se le proporcionaron diversas restricciones y cargas para obtener los resultados requeridos. Al final se compararon los resultados obtenidos en cada uno de los softwares antes mencionados.

Resultados

Los resultados emanados por el COSMOSWorks fueron los siguientes:

Stress analysis of carro nuevo

- | | |
|---------------------------------|-----------------------|
| 1. Introduction | 6. Contact |
| 2. File Information | 7. Results |
| 3. Materials | a. Mesh Quality Plots |
| 4. Load & Restraint Information | b. Default Results |
| 5. Study Property | 8. Appendix |

1. Introduction

Summarize the FEM analysis on carro nuevo

Note:

Do not base your design decisions solely on the data presented in this report. Use this information in conjunction with experimental data and practical experience. Field testing is mandatory to validate your final design. COSMOSWorks helps you reduce your time-to-market by reducing but not eliminating field tests.

2. File Information

Model name: carro nuevo

Model location: C:\Documents and Settings\Martín Herrera M\Mis documentos\Martin Herrera\Proyecto Especialidad\carro nuevo\carro nuevo.SLDPRT

Results location: C:\Archivos de programa\SolidWorks\COSMOS\work

Study name: Study 1 (-Predeterminado-)

3. Materials

No.	Part Name	Material	Mass	Volume
1	carro nuevo	6061-T6 (SS)	0.557131 kg	0.000206345 m ³
2	carro nuevo	6061-T6 (SS)	0.557131 kg	0.000206345 m ³
3	carro nuevo	6061-T6 (SS)	0.557131 kg	0.000206345 m ³
4	carro nuevo	6061-T6 (SS)	0.557131 kg	0.000206345 m ³
5	carro nuevo	6061-T6 (SS)	0.557131 kg	0.000206345 m ³
6	carro nuevo	6061-T6 (SS)	0.557131 kg	0.000206345 m ³
7	carro nuevo	6061-T6 (SS)	0.557131 kg	0.000206345 m ³
8	carro nuevo	6061-T6 (SS)	0.557131 kg	0.000206345 m ³
9	carro nuevo	6061-T6 (SS)	0.557131 kg	0.000206345 m ³
10	carro nuevo	6061-T6 (SS)	0.557131 kg	0.000206345 m ³
11	carro nuevo	6061-T6 (SS)	0.557131 kg	0.000206345 m ³
12	carro nuevo	6061-T6 (SS)	0.557131 kg	0.000206345 m ³

4. Load & Restraint Information

Restraint	
Restraint-1 <carro nuevo>	on 4 Face(s) fixed.
Description:	

Load	
Force-1 <carro nuevo>	on 1 Face(s) apply force 150 N normal to reference plane with respect to selected reference Vista lateral using uniform distribution
Description:	Sequential Loading

5. Study Property

Mesh Information	
Mesh Type:	Solid mesh
Mesher Used:	Standard
Automatic Transition:	Off
Smooth Surface:	On
Jacobian Check:	None
Element Size:	2.1336 mm

Tolerance:	0.10668 mm
Quality:	High
Number of elements:	148050
Number of nodes:	224658
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:25
Computer name:	MEST

Solver Information	
Quality:	High
Solver Type:	FFEPlus
Option:	Include Thermal Effects
Thermal Option:	Input Temperature
Thermal Option:	Reference Temperature at zero strain: 298 Kelvin

6. Contact

Contact state: Touching faces - Bonded

7. Results

7a. Mesh Quality Plots

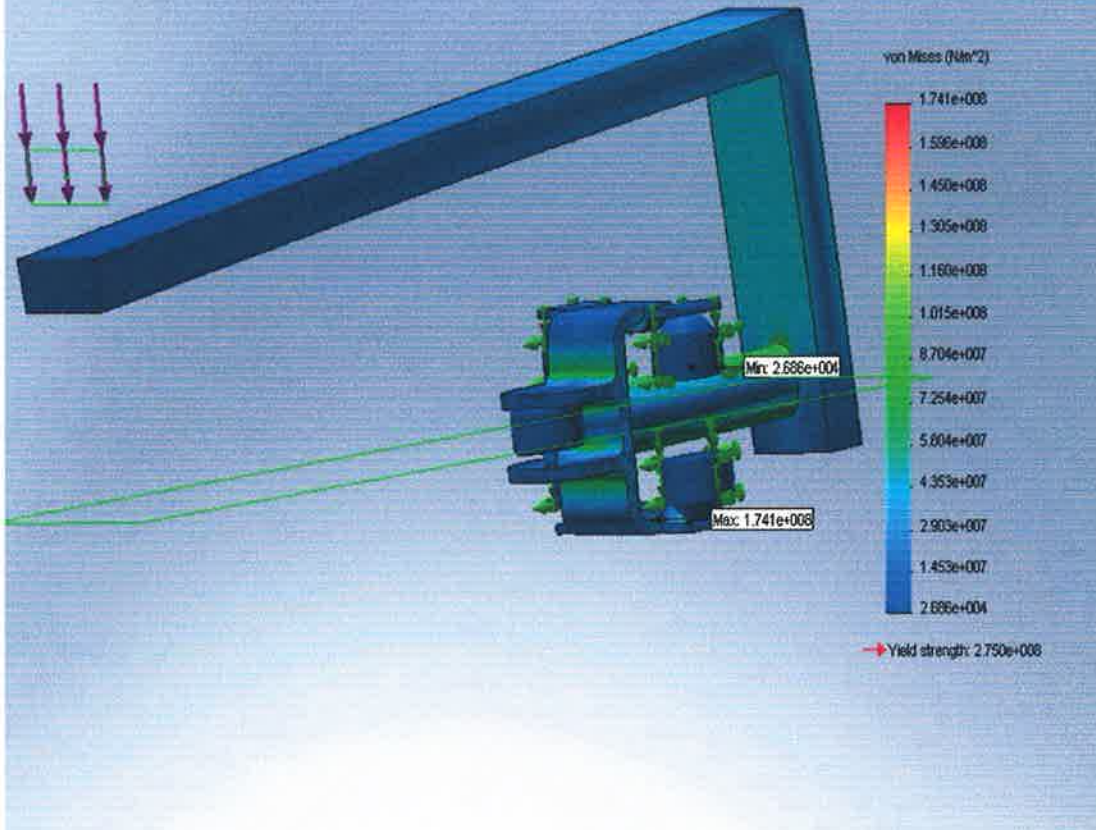
7b. Default Results

Name	Type	Min	Location	Max	Location
Stress I	VON: von Mises stress	26863.6 N/m ² Node: 220077	(-10.2859 mm, -25.0408 mm, 5.71632 mm)	1.74054e+008 N/m ² Node: 29597	(21.4227 mm, -13 mm, 10.2023 mm)
Displacement I	URES: Resultant displacement	0 m Node: 17	(-8.9052 mm, -24.5264 mm, 70.9221 mm)	0.00592369 m Node: 35963	(-79.9767 mm, 152.9 mm, 52.8047 mm)
Strain I	ESTRN: Equivalent strain	2.239e-007 Element: 84367	(15.4286 mm, -76.6 mm, 9.32671 mm)	0.00144586 Element: 110993	(-8.56269 mm, -67.457 mm, 29.0678 mm)

carro nuevo-Study 1-Stress-Stress1

JPEG

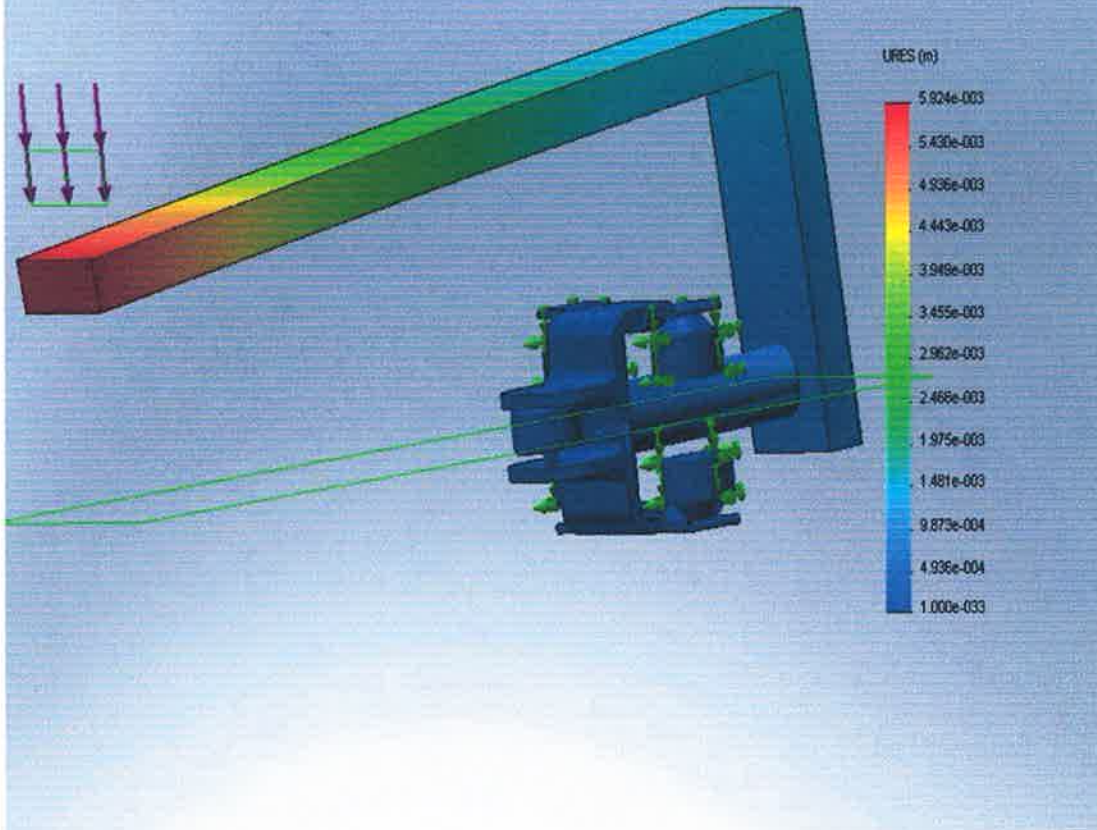
Model name: carro nuevo
Study name: Study 1
Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 4,01344

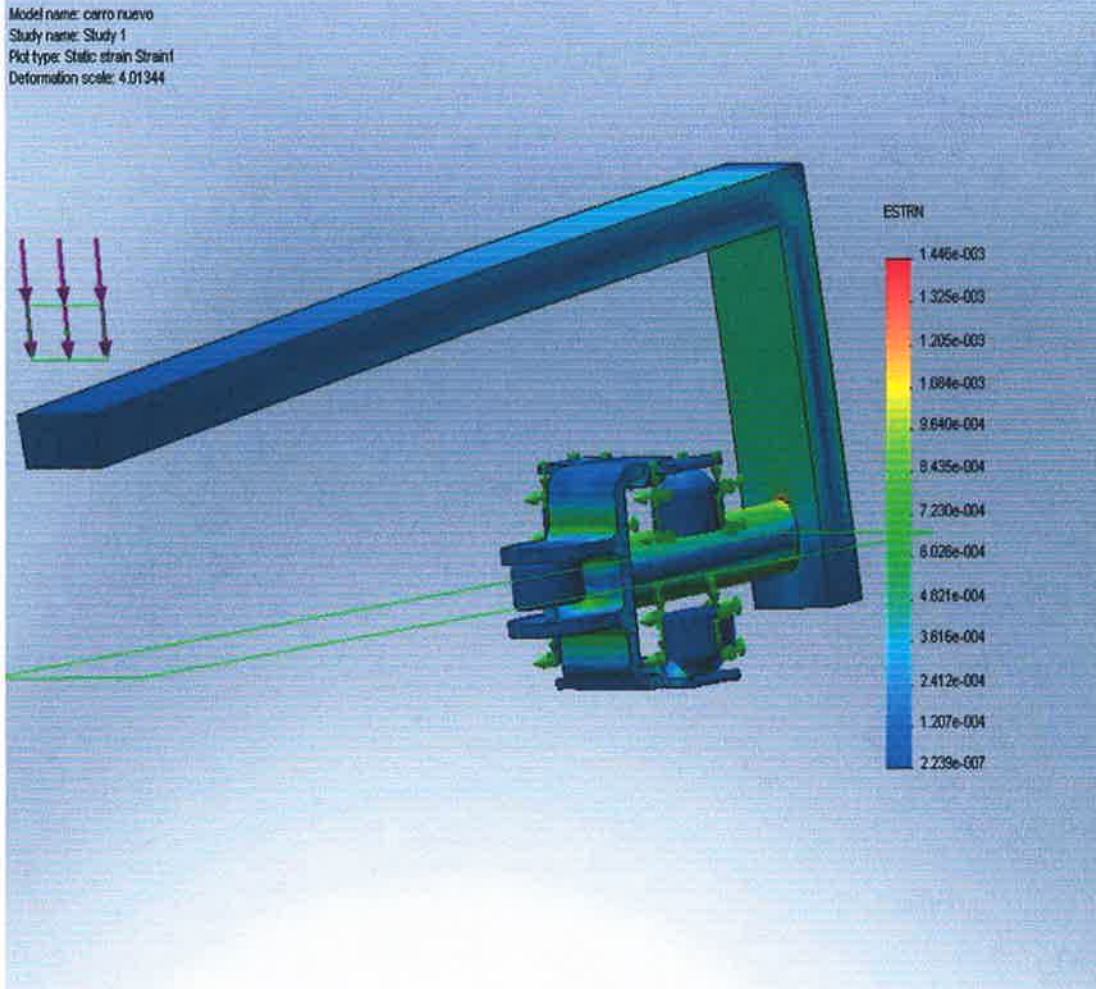


carro nuevo-Study 1-Displacement-Displacement1

JPEG

Model name: carro nuevo
Study name: Study 1
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 4.01344





8. Appendix

Material name:	6061-T6 (SS)
Description:	
Material Source:	Library files
Material Library Name:	cosmos materials
Material Model Type:	Linear Elastic Isotropic

Property Name	Value	Units	Value Type
Elastic modulus	6.9e+010	N/m ²	Constant
Poisson's ratio	0.33	NA	Constant
Shear modulus	2.6e+010	N/m ²	Constant
Mass density	2700	kg/m ³	Constant
Tensile strength	3.1e+008	N/m ²	Constant
Yield strength	2.75e+008	N/m ²	Constant
Thermal expansion coefficient	2.4e-005	/Kelvin	Constant
Thermal conductivity	166.9	W/(m.K)	Constant
Specific heat	896	J/(kg.K)	Constant
Hardening factor (0.0-1.0; 0.0=isotropic; 1.0=kinematic)	0.85	NA	Constant

Los resultados que se obtuvieron del Scenario for Structures de Unigraphics® NX 3.0.0.21 fueron:

Scenario for Structures Report

Author: Dr.LuisDelLlano

Company: EDS

Date: 9/10/2007

Software Used: NX 3.0.0.21

Solution Summary

Environment

Solution: Solution 1
Solver: Structures P.E.
Analysis Type: Structural
Solution Type: Linear Statics - Single Constraint
Linearity: Linear
Time dependency: Steady-state

Scenario Navigator:

Name	Status	Environment	Description
scenario_1		Active: Structures P.E. - Structural	
FE Model		Default: NX NASTRAN - Structural	
carro1			
3D Meshes			
Load Container			
force(1)			
Constraint Container			
fixed(1)			
fixed(2)			
fixed(3)			
fixed(4)			
Solution 1	Active	Structures P.E. - Structural	Linear Statics - Single Constraint
Constraint Set			
fixed(1)			
fixed(2)			
fixed(3)			
fixed(4)			
Subcase - Static			
Loads 1			
Loads			
force(1)			
Results			
Report			
Title			Scenario for Structures Report
Title			Dr.LuisDelLlano
Author			EDS
Company			
Introduction			
Introduction			
Text			
Solution			

Summary

- [-] Solution Summary

Text

- [-] Solution Gallery

- [-] Materials

- [-] Materials Text

- [-] Materials Comment

- [-] Sections

- [-] Sections Text

- [-] Sections Comment

- [-] Meshes

- [-] Mesh Text

- [-] Solution Steps

- [-] Solution Step Text

- [-] Loads

- [-] Loads Text

- [-] Constraints

- [-] Constraints Text

- [-] Results

- [-] Results Text

- [-] Fatigue Results Text

- [-] Images

- [-] Image Text

- [-] Images

- [-] Image1

- [-] Image2

- [-] Image3

Stress - Element Nodal Von Mises

Displacement - Nodal Magnitude

Displacement - Nodal Magnitude

Material Summary

Material Name	Material Category	Material Type	Source			
ALUMINUM_6061	METAL	Isotropic	Library	Mass Density	2.711e-006(kg/mm ³)	
				Reference Temperature	No Value	
				Young's Modulus	#	Temperature(C) (mN/mm ²)
					1	21.11 68980000
					2	23.89 68980000
					3	37.78 68290000
					4	51.67 68290000
					5	65.56 67600000
					6	79.44 66910000
					7	93.33 66221000
					8	107.22 65531000
					9	121.11 64841000
					10	135 64151000
					11	148.89 63461000
					12	162.78 62772000
					13	176.67 61392000
					14	190.56 60702000
					15	204.44 59323000
					16	218.33 58633000
					17	232.22 57253000
					18	246.11 55874000
					19	260 54494000
					20	273.89 53114000
					21	287.78 51735000
					22	301.67 50355000
					23	315.56 48976000
					24	329.44 47596000
					25	343.33 46216000
					26	357.22 44147000
					27	371.11 42767000
					28	385 41388000
					29	398.89 39318000
					30	412.78 37939000

Material Name	Material Category	Material Type	Source																																																														
				31 426.67 35869000																																																													
				<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">Poisson's Ratio</td> <td>#</td> <td>Temperature(C)</td> <td>(Unitless)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>21.11</td> <td>0.33</td> </tr> </table>	Poisson's Ratio	#	Temperature(C)	(Unitless)	1	21.11	0.33																																																						
Poisson's Ratio	#	Temperature(C)	(Unitless)																																																														
	1	21.11	0.33																																																														
				Shear Modulus No Value																																																													
				<table border="1"> <tr> <td rowspan="19">Yield Strength</td> <td>#</td> <td>Temperature(C)</td> <td>(kPa = mN/mm²)</td> </tr> <tr><td>1</td><td>21.1111</td><td>241316</td></tr> <tr><td>2</td><td>23.8889</td><td>240627</td></tr> <tr><td>3</td><td>37.7778</td><td>237869</td></tr> <tr><td>4</td><td>51.6667</td><td>234422</td></tr> <tr><td>5</td><td>65.5556</td><td>230974</td></tr> <tr><td>6</td><td>79.4444</td><td>227527</td></tr> <tr><td>7</td><td>93.3333</td><td>223390</td></tr> <tr><td>8</td><td>107.222</td><td>219253</td></tr> <tr><td>9</td><td>121.111</td><td>215116</td></tr> <tr><td>10</td><td>135</td><td>210290</td></tr> <tr><td>11</td><td>148.889</td><td>204085</td></tr> <tr><td>12</td><td>162.778</td><td>197190</td></tr> <tr><td>13</td><td>176.667</td><td>189606</td></tr> <tr><td>14</td><td>190.556</td><td>179953</td></tr> <tr><td>15</td><td>204.444</td><td>168922</td></tr> <tr><td>16</td><td>218.333</td><td>155132</td></tr> <tr><td>17</td><td>232.222</td><td>139964</td></tr> <tr><td>18</td><td>246.111</td><td>123416</td></tr> <tr><td>19</td><td>260</td><td>106179</td></tr> </table>	Yield Strength	#	Temperature(C)	(kPa = mN/mm ²)	1	21.1111	241316	2	23.8889	240627	3	37.7778	237869	4	51.6667	234422	5	65.5556	230974	6	79.4444	227527	7	93.3333	223390	8	107.222	219253	9	121.111	215116	10	135	210290	11	148.889	204085	12	162.778	197190	13	176.667	189606	14	190.556	179953	15	204.444	168922	16	218.333	155132	17	232.222	139964	18	246.111	123416	19	260	106179
Yield Strength	#	Temperature(C)	(kPa = mN/mm ²)																																																														
	1	21.1111	241316																																																														
	2	23.8889	240627																																																														
	3	37.7778	237869																																																														
	4	51.6667	234422																																																														
	5	65.5556	230974																																																														
	6	79.4444	227527																																																														
	7	93.3333	223390																																																														
	8	107.222	219253																																																														
	9	121.111	215116																																																														
	10	135	210290																																																														
	11	148.889	204085																																																														
	12	162.778	197190																																																														
	13	176.667	189606																																																														
	14	190.556	179953																																																														
	15	204.444	168922																																																														
	16	218.333	155132																																																														
	17	232.222	139964																																																														
	18	246.111	123416																																																														
19	260	106179																																																															
				<table border="1"> <tr> <td rowspan="8">Ultimate Tensile Strength</td> <td>#</td> <td>Temperature(C)</td> <td>(kPa = mN/mm²)</td> </tr> <tr><td>1</td><td>21.1111</td><td>275790</td></tr> <tr><td>2</td><td>23.8889</td><td>275101</td></tr> <tr><td>3</td><td>37.7778</td><td>270274</td></tr> <tr><td>4</td><td>51.6667</td><td>265448</td></tr> <tr><td>5</td><td>65.5556</td><td>260622</td></tr> <tr><td>6</td><td>79.4444</td><td>255106</td></tr> <tr><td>7</td><td>93.3333</td><td>249590</td></tr> <tr><td>8</td><td>107.222</td><td>244074</td></tr> </table>	Ultimate Tensile Strength	#	Temperature(C)	(kPa = mN/mm ²)	1	21.1111	275790	2	23.8889	275101	3	37.7778	270274	4	51.6667	265448	5	65.5556	260622	6	79.4444	255106	7	93.3333	249590	8	107.222	244074																																	
Ultimate Tensile Strength	#	Temperature(C)	(kPa = mN/mm ²)																																																														
	1	21.1111	275790																																																														
	2	23.8889	275101																																																														
	3	37.7778	270274																																																														
	4	51.6667	265448																																																														
	5	65.5556	260622																																																														
	6	79.4444	255106																																																														
	7	93.3333	249590																																																														
8	107.222	244074																																																															

Material Name	Material Category	Material	Material	
				9 121.111 237869
				10 135 231664
				11 148.889 224769
				12 162.778 217185
				13 176.667 208911
				14 190.556 199258
				15 204.444 187537
				16 218.333 173748
				17 232.222 157200
				18 246.111 139274
				19 260 118590
				Thermal Expansion Coefficient
				# Temperature(C) (1/C)
				1 93.33 2.3184e-005
				2 107.22 2.3346e-005
				3 121.11 2.3508e-005
				4 135 2.367e-005
				5 148.89 2.3832e-005
				6 162.78 2.3994e-005
				7 176.67 2.4138e-005
				8 190.56 2.43e-005
				9 204.44 2.4444e-005
				10 218.33 2.4588e-005
				11 232.22 2.4732e-005
				12 246.11 2.4876e-005
				13 260 2.5002e-005
				14 273.89 2.5146e-005
				15 287.78 2.5272e-005

Material Name	Material Category	Material Type	Source	
				16 301.67 2.5398e-005
				17 315.56 2.5524e-005
				Thermal Conductivity
				# Temperature(C) (micro W/(mm*C))
				1 21.11 154320
				2 23.89 154540
				3 37.78 155680
				4 51.67 156880
				5 65.56 158160
				6 79.44 159530
				7 93.33 160960
				8 107.22 162490
				9 121.11 164120
				10 135 165790
				11 148.89 167450
				12 162.78 169090
				13 176.67 170750
				14 190.56 172420
				15 204.44 174080
				16 218.33 175830
				17 232.22 177400
				18 246.11 178510
				19 260 179270
				20 273.89 179690
				21 287.78 179720
				22 301.67 179490
				23 315.56 179130
				24 329.44 178580
				25 343.33 177820
				26 357.22 176870
				27 371.11 175810
				28 385 174630
				29 398.89 173290
				30 412.78 171800
				31 426.67 170190

Material Name	Material Category	Material Type	Source		
				Specific Heat	No Value
				Plastic Strain Ratio	No Value
				Work Hardening	No Value
				Forming Limit	No Value
				Fatigue Strength Coefficient	No Value
				Fatigue Strength Exponent	No Value
				Fatigue Ductility Coefficient	No Value
				Fatigue Ductility Exponent	No Value

Meshes

Total number of meshes in the part: 1

Total number of elements in the part: 27692

Total number of nodes in the part: 49187

Element Type	Number of Meshes	Number of Elements	Number of Nodes
Tetra10	1	27692	49187

Solution Steps

Number of steps in the solution: 1

Step Name	Step Type
Subcase - Static Loads 1	Subcase - Static Loads

Loads

Step Name	Number of referenced loads	Loads	Attached To:						
Subcase - Static Loads 1	1								
		Force <table border="1"> <tr> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Z</td> </tr> <tr> <td>150</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table> N Global Coordinates	X	Y	Z	150	0	0	Face
X	Y	Z							
150	0	0							

Constraints

Step Name	Number of referenced constraints	Constraints	Attached To:						
Subcase - Static Loads 1	4								
		Translation <table border="1"> <tr> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Z</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table> mm Global Coordinates	X	Y	Z	0	0	0	Face
X	Y	Z							
0	0	0							
		Translation <table border="1"> <tr> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Z</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table> mm Global Coordinates	X	Y	Z	0	0	0	Face
X	Y	Z							
0	0	0							
		Translation <table border="1"> <tr> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Z</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table> mm Global Coordinates	X	Y	Z	0	0	0	Face
X	Y	Z							
0	0	0							
		Translation <table border="1"> <tr> <td>X</td> <td>Y</td> <td>Z</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table> mm Global Coordinates	X	Y	Z	0	0	0	Face
X	Y	Z							
0	0	0							

Results Summary

Number of Steps in the Scenario Results = 1

Coordinate System of Report : RECT

Step Name	Iteration	Displacements	Magnitude	Direction X	Direction Y	Direction Z
SUBCASE - STATIC LOADS 1		Maximum	5.92206 (mm)	5.72954 (mm)	1.49776 (mm)	0.00763362 (mm)
		Minimum	0 (mm)	-0.695997 (mm)	-0.216794 (mm)	-0.00759471 (mm)

Step Name	Iteration	Stress	Von Mises	Maximum Principal	Maximum Shear
SUBCASE - STATIC LOADS 1		Maximum	127.929 (N/mm ² (MPa))	139.983 (N/mm ² (MPa))	70.0548 (N/mm ² (MPa))
		Minimum	0.0358214 (N/mm ² (MPa))	-156.516 (N/mm ² (MPa))	0.0206008 (N/mm ² (MPa))

Images

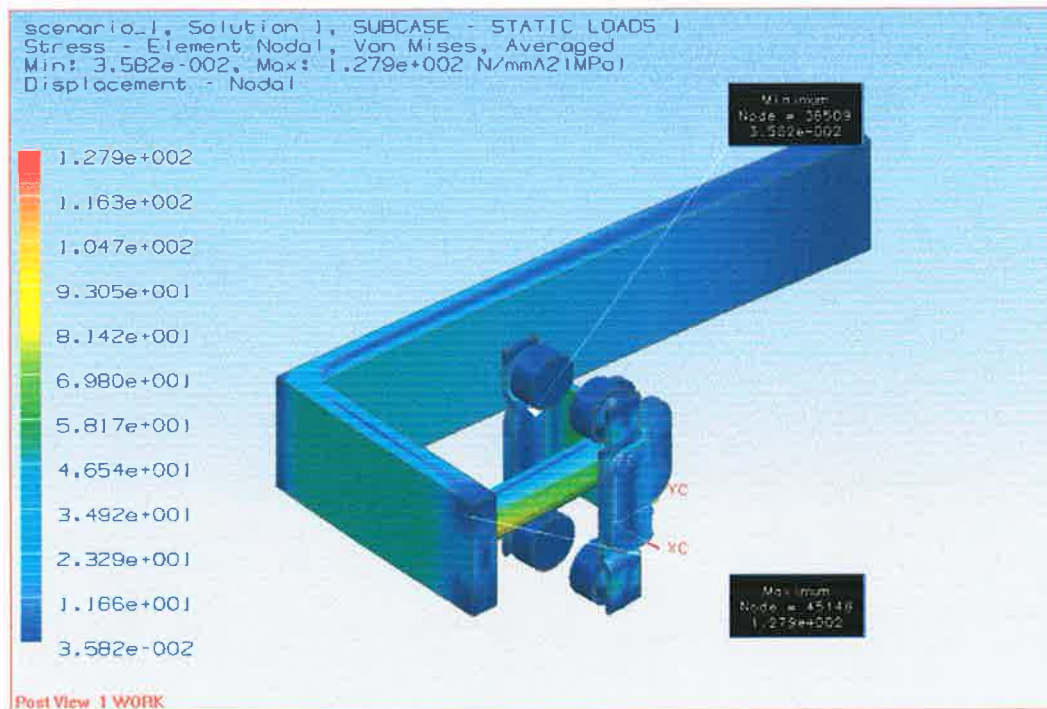


Image1 : Stress - Element Nodal Von Mises

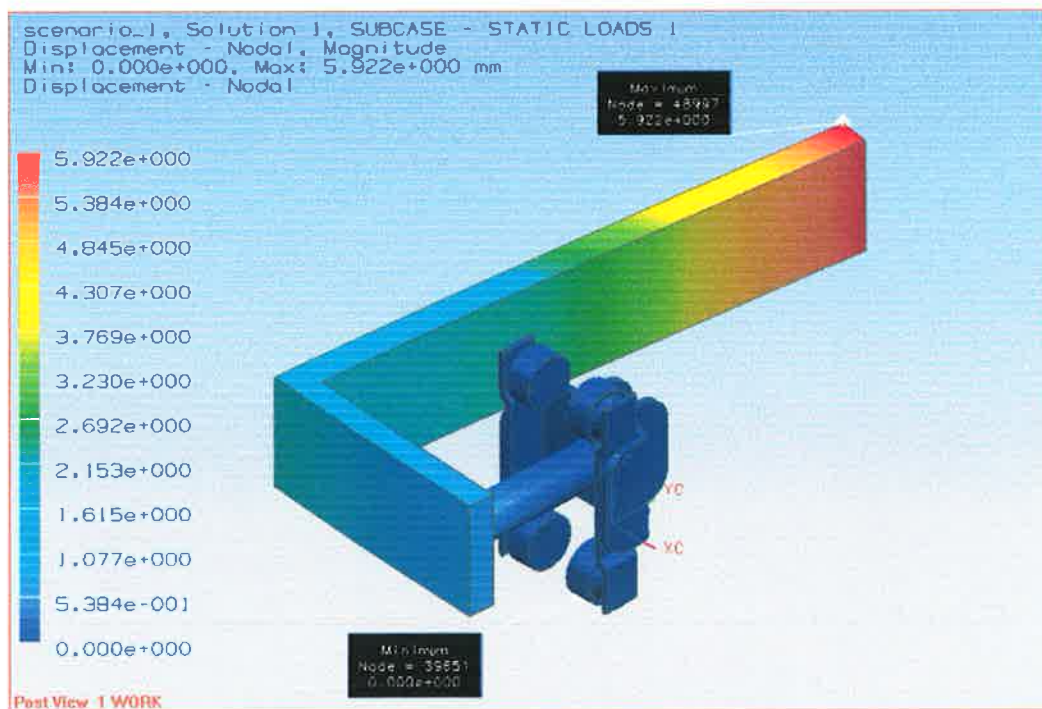


Image2 : Displacement - Nodal Magnitude

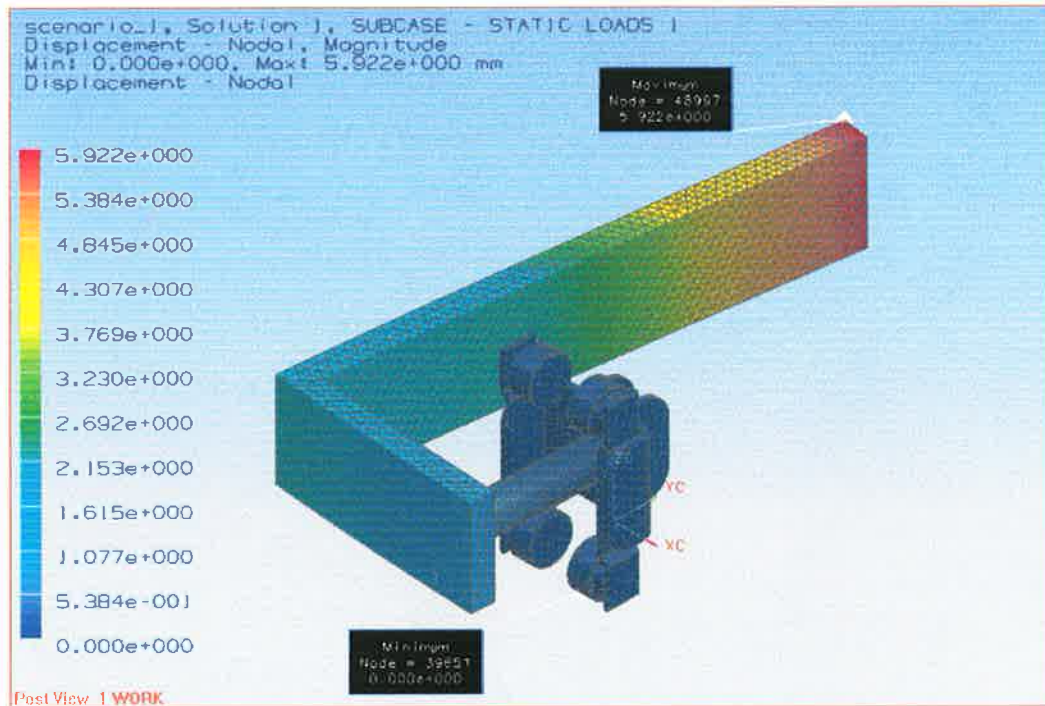
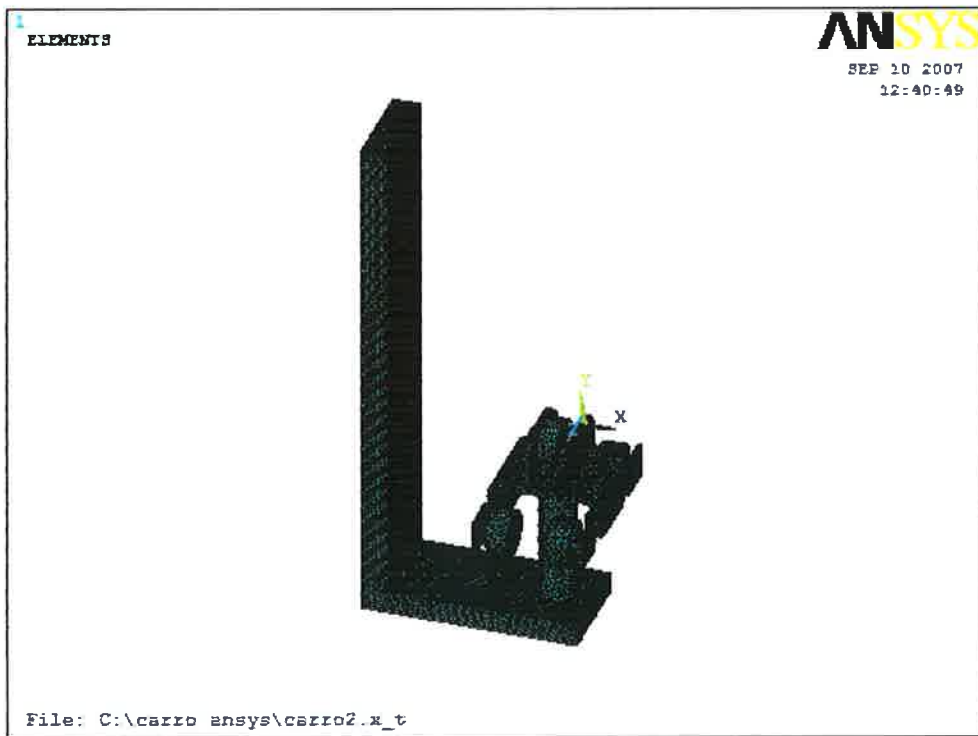
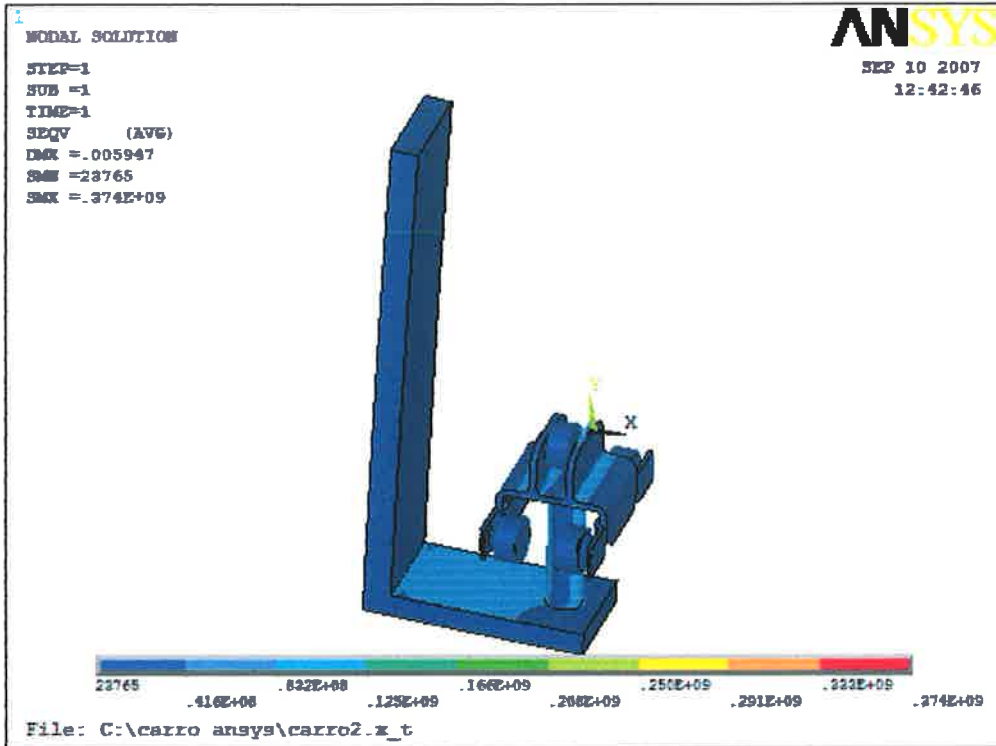


Image3 : Displacement - Nodal Magnitude

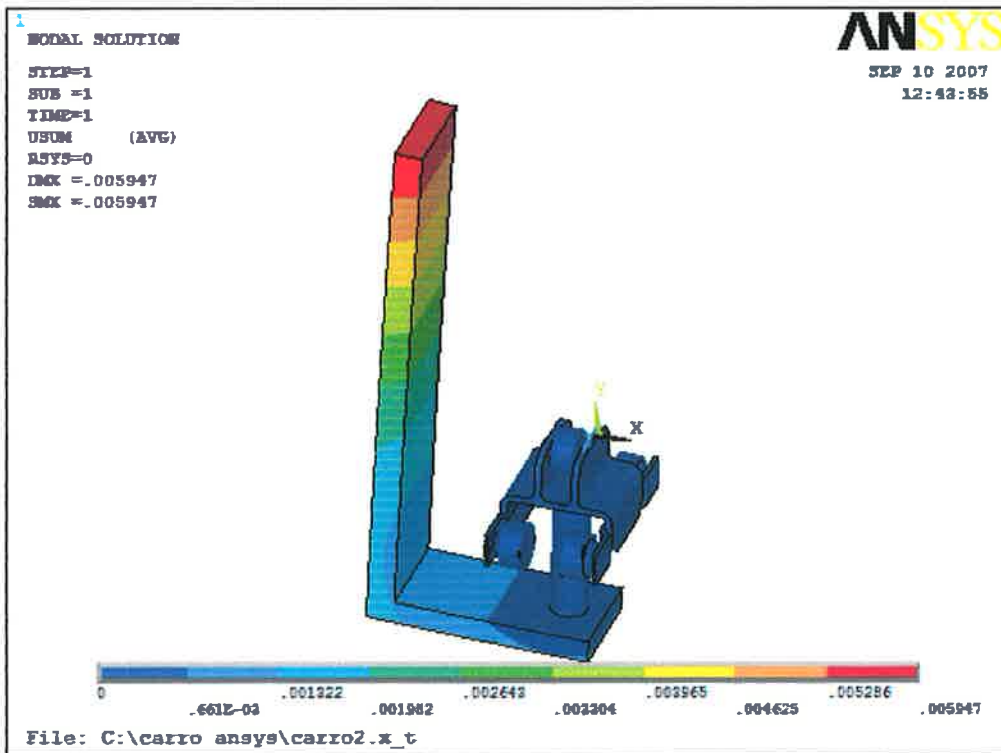
Los resultados que proporcionó el análisis en ANSYS son:



carro Image 1



carro Image 2



carro Image 3

carro Table 1

Modulus of elasticity X-Direction	6.9e+010
Major Poisson's ratio Z-Plane	0.3
Minor Poisson's ratio Z-Plane	0.3
Density	2700

carro Table 2

Entity	Number Defined
SOLID92	194246
Nodes	295708

carro Table 3

	Number of Constraints
Node	6144
Areas	24

	Number of Forces
Node	707

	Number of Body Loads
Elements	6851

Temperature	Value
Uniform	0
Reference	0

Conclusiones

De acuerdo a los contratiempos presentados durante el desarrollo del presente proyecto, se concluye que para diseñar un modelo para cualquier análisis, en este caso estructural, se debe tener precaución al momento de ir ensamblando, para evitar precisamente conflictos con el software utilizado.

Basándose en los estudios obtenidos por el COSMOSWorks, en específico en el análisis de esfuerzos máximo y mínimo, mostrado en la Fig. 23 se afirma que es necesario rediseñar la estructura del carro, debido a que el estudio se hizo con una carga muy inferior a la que se desea soportar, y éste no lo toleró; por lo tanto, a la fecha, no se cumplió con el objetivo de diseñar el robot para las líneas de transmisión, sin embargo éste análisis nos permite hacer los cambios necesarios para lograr cumplir los objetivos establecidos.

Realizando una comparación entre solvers de COSMOSWorks de SolidWorks®, Scenario for structures de Unigraphics y ANSYS se demuestra congruencia en resultados de 98%.

Comentario: En la manera que se definan las relaciones entre componentes, se obtiene una diferencia en la resistencia. Esto puede ser demostrado en los análisis anteriores de COSMOSWorks y Scenario for structures, en el primero se han colocado *mates* de posición que dan relación de unión entre dos piezas, a diferencia del segundo en el que se han unido todos los componentes despreciando las interacciones de los ejes y caras de contacto.

Bibliografía

Manual IronCAD

Manual SolidWorks

Shigley, Joseph E. y Mischke, Charles R, (2004). Diseño en Ingeniería Mecánica. McGraw-Hill, México, D.F.

Baumeister, Theodore, Avallone, Eugene A, Baumeister III, Theodore, (1992). Marks Manual del Ingeniero Mecánico. McGraw-Hill, Octava Edición, México, D.F.

CATALOGO YUK 2004, Cadenas de Rodillos con Aletas / SERIE B

Páginas web:

www.pobcoplastics.com/pg_24

www.martinsprocket.com/sprocket

www.solidworks.es

www.ansys.com

www.grupossc.com/es/analisis/unigraphics/index