



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MEC. Y ELEC.
INGENIERÍA EN AERONÁUTICA**

**ANTONIO RABASA CACHÓN
MARCO ANTONIO CASTILLO DÍAZ**

**SEMINARIO DE TITULACIÓN: MODELADO, DISEÑO
CONTROL Y MANUFACTURA DE ELEMENTOS
MECÁNICOS.**

**Lic. DAVID TORRES ÁVILA.
Ing. HERNÁNDEZ GUTIERREZ ABEL.**

**TESINA: Modelado de un Sistema de Suspensión Derecha
para un Vehículo Arenero**

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD TICOMÁN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO EN AERONÁUTICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN: SEMINARIO
DEBERÁ PRESENTAR: LOS C. PASANTES:
RABASA CACHÓN ANTONIO
CASTILLO DÍAZ MARCO ANTONIO

“MODELADO DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN DERECHA PARA UN VEHÍCULO ARENERO”

GLOSARIO
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS
OBJETIVOS
JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE
GENERALIDADES
ASPECTOS TÉCNICOS
MODELADO Y DISEÑO (CATIA)
SIMULACIÓN NUMÉRICA (ANSYS)
CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO I
CAPÍTULO II
CAPÍTULO III
CAPÍTULO IV

México, DF., a 23 de octubre de 2009.

A S E S O R E S


ING. ABEL HERNÁNDEZ GUTIÉRREZ


LIC. DAVID TORRES ÁVILA



ING. M. A.
ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD TICOMÁN
DIRECCIÓN


ING. MIGUEL ÁLVAREZ MONTALVO
DIRECTOR

INDICE

Lista de tablas y figuras.	4	
Objetivo general.	5	
Objetivos específicos.	7	
Justificación y Alcance	7	
.		
CAPITULO I	Generalidades.	9
CAPITULO II	Aspectos Técnicos.	18
CAPITULO III	Modelado y Diseño (CATIA).	31
CAPITULO IV	Simulación Numérica (ANSYS).	40
Conclusiones.		55
Bibliografía.		56

• AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar le doy gracias a Dios por existir, permitiéndome llegar a concretar este gran sueño, después de tantos años de estudio y dedicación, iniciando de ahora en adelante un nuevo camino el de profesionista, y cerrando una etapa más de mi vida.

Agradezco a mis padres por estar conmigo apoyándome y brindando su amor incondicional, por sus enseñanzas y valores inculcados.

A mi hermana Gilda por estar presente en este transitar, por su cariño y amistad.

También a todos mis profesores aquellos que compartieron conmigo mis estudios y muy especialmente a los que conformaron mi educación universitaria. A todos un sincero GRACIAS.

En particular a mis asesores Ing. Juan Carlos Torres Ávila, Lic. Davis Torres Ávila y al Ing. Abel Hernández Gutiérrez por su apoyo, facilitando así este camino.

Y muy especialmente agradezco a esta institución, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL que ha sido formador durante muchos años de innumerables estudiantes que ahora son grandes profesionistas en diferentes áreas.

- ***Lista de tablas y figuras.***

Figura 1: Coche tipo buggy modelado en CATIA.

Figura 2: Coche tipo buggy real.

Figura3: Automóvil de vapor de Cugnot versión de 1771.

Figura 4: Automóvil moderno jeep cherokee

Figura 5: Muestra uno de los primeros automóviles movidos por motor de combustión.

Figura 6: Muestra un auto con dirección controlada por volante y palancas.

Figura 7: Modelo de un eje rígido.

Figura 8: Modelo moderno de eje rígido con un tren trasero para un turismo con tracción delantera.

Figura 9: Una suspensión de tipo De Dion.

Figura 10: Esquema de una suspensión de eje oscilante.

Figura11: Despiece de una suspensión Mc. Pherson.

Figura 12: Despiece de una suspensión 'falsa' Mc. Pherson.

Figura 13: Planos de la suspensión derecha así como, del tubo pivote y el lower shock.

Figura 14: Planos de ensamble tipo 'C'.

Figura 15: Tubo de brazo para suspensión modelado en CATIA.

Figura 16: Tubo pivote modelado en CATIA.

Figura 17: Lower shock modelado en CATIA.

Figura 18: Placa modalada en CATIA.

Figura19: Placa para ensamble modelada en CATIA.

Figura 20: Ensamble 'C' modelado en CATIA.

Figura 21: Ensamble final de la suspensión derecha.

Figura 22: Tipo de análisis a seleccionar ANSYS Inc.

Figura 23: Modelados de la suspensión derecha en ANSYS Inc.

Figura 24: Apoyos y fuerzas aplicadas en ANSYS Inc.

Figura 25: Mayas y esfuerzos de desplazamientos en ANSYS Inc.

- **Lista de Tablas.**

Tabla 1: Densidad de materiales, módulos de elasticidad, coeficientes de poisson.

- **OBJETIVO GENERAL**

Realizaremos un coche de tipo arenero o tipo buggy, viendo y estudiando cada uno de los sistemas con que se compone.

Empezamos con su cálculo seguido de su diseño o modelado en CATIA, también realizaremos sus pruebas mecánicas y de estructuras así como su simulación numérica en ANSYS hasta llegar a su manufactura.



Fig.1.



Fig.2.

- **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Estudiaremos en particular la suspensión delantera derecha de nuestro vehículo tipo arenero.

Tenemos que estudiar las cargas y fuerzas generadas por la dinámica del vehículo y posición de estas. Parte importante del cálculo va a estar enfocado a los acoples o soportes de los dispositivos al chasis que se observaron como piezas críticas. Es muy importante tener contacto con el chasis así como también con la dirección y los frenos ya que todos estos van a un mismo punto llamado masa. También tenemos que tener en cuenta el tipo de material y todas las fuerzas externas que se generen ya que la suspensión no cuenta con ninguna protección, y considerando que nuestro coche es diseñado para un terreno sinuoso.

- **JUSTIFICACIÓN.**

Este estudio se realiza por varios motivos, unos de ellos es para ver el diseño de un coche tipo arenero o buggy, haremos un estudio completo de estructuras (de suspensión) todos estos sistemas primero se van a modelar en un programa llamado CATIA una vez modelados se dispone a ver el control de dichos elementos o sistemas así como sus pruebas o simulaciones numéricas (ANSYS), así llegando por último a la manufactura aquí se tiene que ver todo lo anterior junto con diferentes factores como son, materiales, soldaduras, etc. Todo esto con el fin de probar nuestro coche tipo arenero.

- **ALCANCE.**

En este proyecto se analizará y comprenderá el funcionamiento del vehículo tipo arenero tanto dinámicamente como estructuralmente, para llegar a una conclusión y en base a ella hacer mejoras a cada sistema.

Una de las limitaciones de este proyecto son las donaciones ya que nosotros pedimos a las empresas materiales como son: tubos, llantas, rines, motor, etc. Todo esto para poder fabricar o hacer la manufactura de los diferentes sistemas de nuestro vehículo tipo arenero.

CAPITULO I GENERALIDADES.

• INTRODUCCIÓN

La suspensión de un automóvil tiene como objetivo el absorber las desigualdades del terreno sobre el que se desplaza, a la vez que mantiene las ruedas en contacto con el pavimento, proporcionando a los pasajeros un adecuado confort y seguridad en marcha y protegiendo la carga y las piezas del automóvil, también evitar una inclinación excesiva de la carrocería durante los virajes, inclinación excesiva en la parte delantera durante el frenado.

Las características del manejo de un automóvil dependen del chasis y del diseño de la suspensión. En un extremo se encuentra la suspensión diseñada para proporcionar un suave desplazamiento encontrado en automóviles de lujo, en el otro extremo se encuentra la suspensión diseñada para proporcionar un desplazamiento firme y tenso como la suspensión de un automóvil de carreras.

La gran mayoría de automóviles de motor poseen suspensiones que proporcionan un desplazamiento entre los discos extremos.

En el diseño de la suspensión del automóvil la diferencia entre el peso amortiguado y el no-amortiguado es importante. El peso amortiguado es la totalidad del peso que se soporta por los muelles del automóvil, lo cual incluye la carrocería, estructura, motor, componentes de transmisión y todos lo que estos contienen.

En este trabajo de titulación se diseñara y construirá el sistema de suspensión delantera derecha de los vehículos tipo buggy.

La suspensión a analizar corresponde a un vehículo todo terreno con chasis de acero y motor de combustión interna.

Otro factor importante a considerar en el diseño y construcción es el costo. Por tal motivo se ha tenido en cuenta la disposición de materiales ya sea mediante donaciones o comprar a un bajo costo que en ambos casos es el de nuestra suspensión.

En el diseño de la suspensión se han tomado los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Aeronáutica así como en el seminario de titulación y ocupando en la práctica la más modernas herramientas computacionales que existen actualmente, que permiten desarrollar piezas y partes con una mayor confiabilidad.

Con este proyecto se intenta diseñar, partiendo desde cero, un brazo de suspensión delantero que nos permita poder estar en cualquier tipo de terreno con la seguridad de que no sufra ningún daño.

- **Historia del automóvil.**

La historia del automóvil empieza con los vehículos autopropulsados por vapor del siglo XVIII, siendo en 1885 cuando se crea el primer motor de combustión interna con gasolina. Se divide en una serie de etapas marcadas por los principales hitos tecnológicos.

Primera Etapa

Nicholas-Joseph Cugnot (1725-1804), mecánico, ingeniero militar, escritor e inventor francés, dio el gran paso, al construir un automóvil de vapor (Fig.3), diseñado inicialmente para arrastrar piezas de artillería. El Fardier, como lo llamó Cugnot, comenzó a circular por las calles de París en 1769. Se trataba de un triciclo que montaba sobre la rueda delantera una caldera y un motor de dos cilindros verticales y 50 litros de desplazamiento; la rueda delantera resultaba tractora y directriz a la vez, trabajando los dos cilindros directamente sobre ella. En 1770 construyó un segundo modelo, mayor que el primero, y que podía arrastrar 4.5 toneladas a una velocidad de 4 Km./h. Con esta versión se produjo el que podría considerarse 'el primer accidente automovilístico' de la historia, al resultar imposible el correcto manejo del monumental vehículo, que acabó chocando contra una pared que se derrumbó fruto del percance. Todavía tuvo tiempo Cugnot de construir una tercera versión en 1771, que se conserva expuesta en la actualidad en el Museo Nacional de la Técnica de París.



Fig.3

En 1784 William Murdoch construyó un modelo de carro a vapor y en 1801 Richard Trevithick condujo un vehículo en Camborne (Reino Unido. En estos primeros vehículos se desarrollaron innovaciones como los frenos de mano, las velocidades y el volante.)

En 1815 Josef Bozek, construyó un auto con motor propulsado con aceite. Walter Hancock, En 1838, Robert Davidson construyó una locomotora eléctrica que alcanzó 6 km por hora. Entre 1832 y 1839 Robert Anderson inventó el primer auto propulsado por células eléctricas no recargables.

El belga Etienne Lenoir hizo funcionar un coche con motor de combustión interna alrededor de 1860, propulsado por gas de carbón.

Alrededor de 1870, en Viena, el inventor Siegfried Marcus hizo funcionar motor de combustión interna a base de gasolina, conocido como el "Primer coche de Marcus". En 1883, Marcus patentó un sistema de ignición de bajo voltaje que se implantó en modelos subsiguientes.

Es comúnmente aceptado que los primeros automóviles con gasolina fueron casi simultáneamente desarrollados por ingenieros alemanes trabajando independientemente: Karl Benz construyó su primer modelo en 1885 en Mannheim. Benz lo patentó el 29 de enero de 1886 y empezó a producirlo en 1888. Poco después, Gottlieb Daimler y Wilhelm Maybach, de Stuttgart, diseñaron su propio automóvil en 1889.

Segunda Etapa.

En 1900, la producción masiva de automóviles había ya empezado en Francia y Estados Unidos. Las primeras compañías creadas para fabricar automóviles fueron las francesas Panhard et Levassor (1889), y Peugeot (1891). En 1908, Henry Ford comenzó a producir automóviles en una cadena de montaje, sistema totalmente innovador que le permitió alcanzar cifras de fabricación hasta entonces impensables.

En 1888, Bertha Benz viajó 80 km desde Mannheim hasta Pforzheim (Alemania) para demostrar el potencial del invento de su marido.

Así conforme pasaron los años las empresas fueron creciendo debido a las necesidades de los consumidores y por tal motivo se empezaron a crear diferentes tipos de automóviles. Tales como los que tenemos en la actualidad. Caracterizada por el desarrollo de motores más seguros y eficientes y menos contaminantes.



Fig.4

- **Evolución Histórica de los Sistemas de Suspensión.**

La historia de las suspensiones es tan antigua como la de los carruajes egipcios, por ejemplo, una forma primitiva de muelle se utilizó en el carro de guerra del faraón egipcio Tutankhamon hacia 1350 a.C. El piso estaba formado por tiras de cuero entrecruzadas, que seguramente absorberían parte de la incómoda marcha.

Más adelante, en la edad media, viajar sobre ruedas resultaba incómodo y lento, por lo que los vehículos de pasajeros eran escasos, los pobres iban a pie y los pudientes montaban a caballo o mulas. Solo la realeza o damas de alcurnia, o los que no podían montar a caballo a causa de la edad o de enfermedad, se permitían el lujo de viajar en un carro cubierto, muy almohadillado pero lento y sin suspensión.

Para maniobrar un carruaje, el eje delantero giraba sobre un pivote central, lo cual, además de poco seguro, reducía el radio de giro. La solución más eficaz consistía en colocar las ruedas delanteras en un dispositivo, separado y giratorio, hasta que el austriaco Georg Lenkensperger introdujo su sistema de dirección en el siglo XIX. Este permitía que las ruedas delanteras girasen solidarias en los extremos de un eje fijo, este sistema se usa aún en las suspensiones de eje rígido. Los muelles metálicos más antiguos fueron los de ballesta, inventados para los carruajes del siglo XVI, pero no adoptados extensamente hasta mediados del siglo XVIII. La ballesta consta de una serie de láminas o flejes estrechos y ligeramente

curvos, de igual anchura pero distinta longitud, sujetos con láminas más cortas en el centro. Los extremos curvos de los flejes más largos se articulaban con los bordes de la carrocería del vehículo, y el centro de la ballesta, que es la parte más gruesa, iba unido al eje de la rueda. Con esto se conseguía un arco flexible, capaz de absorber las oscilaciones. Las ballestas se usan todavía en los camiones y en algunos automóviles de eje rígido.

Desde la remota antigüedad se sabía que los materiales elásticos resisten tanto a la torsión como a la flexión. Uno de los primeros usos del caucho, descubiertos a principios del siglo XIX, fue precisamente para sustituir los muelles. En 1826, el inglés H. C. Lacy patentó unos cubos de caucho para reemplazar los muelles de acero que se usaban en los coches particulares, y en 1845 se empezaron a usar amortiguadores de caucho en los topes de los vagones ferroviarios.

Los muelles helicoidales, aparecidos a mediados del siglo XVIII; son probablemente los más usados, especialmente en sillones y colchones. Hacia 1950, la compañía francesa Citroën introdujo la suspensión hidráulica, en la que amortiguadores hidroneumáticos utilizan un fluido y gas nitrógeno para absorber las sacudidas.

Los sistemas de suspensión utilizados en los primeros vehículos estaban integrados por ejes rígidos (dos en total), en los que las ruedas estaban unidas rígidamente entre sí en la parte delantera o trasera de los mismos. De hecho, como el automóvil descende del carruaje de caballos, los primeros constructores transfirieron la técnica de la suspensión de los carruajes a los coches. Estas técnicas preveían dos ejes rígidos unidos a la caja del vehículo mediante ballestas longitudinales o transversales. Las ruedas estaban forradas de hierro y faltaban los amortiguadores verdaderos. No obstante, el razonamiento de las hojas de las ballestas entre sí facilitaba un cierto amortiguamiento.

El estado de las carreteras, la escasa adherencia ofrecida por las ruedas y la limitada velocidad (consecuencia de los dos primeros factores, más que de la potencia de los motores) no exigieron las sofisticaciones alcanzadas por otros órganos del vehículo en los primeros años del siglo XX. A pesar de que las primeras suspensiones independientes aparecieron alrededor de 1903, la gran masa de los constructores se orientó hacia soluciones estándar (en general, ejes rígidos con ballestas y asentamiento con notable ángulo de caída (positivo delantero)), que se mantuvieron en vigor hasta los años 30's, cuando no tuvieron ya una justificación clara.

La primera gran revolución, sobre todo respecto al confort de marcha, fue el neumático, que obligó a una puesta al día de las suspensiones alrededor de 1920, cuando se introdujo el tipo balón. Los 100 años de evolución de las suspensiones del automóvil se pueden dividir en tres fases, cada una caracterizada por una fisonomía particular.

De 1885 a 1920: El paso del diseño de los carruajes hacia técnicas más adecuadas, por principios de construcción y por prestaciones, a un vehículo de motor. Los esquemas de construcción permanecieron, aunque fueron innumerables los intentos de otras soluciones. La Fig.5 muestra uno de los primeros automóviles movidos por motor de combustión. El sistema de suspensión era similar al utilizado en los carruajes tirados por caballos.



Fig.5

Nótese en la Fig.5, que la suspensión solo consistía de muelles elípticos, y el sistema de dirección era solo un manubrio unido al eje delantero, con la cual el conductor hacia girar ambas ruedas. El inconveniente era que la dirección era muy inestable y el radio resultaba amplio.

Con la constante búsqueda de mejoras en los automóviles, el sistema de dirección se mejoró y se empezaron a usar volantes y sistemas de palancas que permitían una dirección mejor controlada aunque un poco dura. Los sistemas de suspensión solo variaron un poco, ya que el uso de muelles elípticos y en forma de "c" continuaron en uso. La Fig.6 muestra un auto con dirección controlada por volante y palancas. Nótese el uso de muelles elípticos y el sistema de ruedas directrices, pivotadas en forma independiente sobre un eje rígido.



Fig.6

De 1920 a 1955: Búsqueda de soluciones con prestaciones presentes y una estabilidad, que hacía poco, se había convertido en una exigencia fundamental. En este periodo fue cuando se produjo la progresiva diferenciación de los esquemas de las suspensiones en función del tipo de coche (posesión del motor, tipo de propulsión, condiciones de carga, etc.) en el sector de los coches de prestigio y de competencia se produjo el desarrollo de esquemas nuevos, más complejos, en busca del confort y las prestaciones más sofisticadas.

Desde 1955 a los años setenta: Adopción de soluciones ya formuladas teóricamente y consideradas de nuevo con esquemas de construcción adecuados a grandes series (menos costo, mayor fiabilidad, menos mantenimiento). Con mismos objetivos se actuó en busca de soluciones nuevas. También se propusieron algunos esquemas antiguos originales, como el de Dion, el tipo a Rover, de las suspensiones intercomunicadas, etc. Desde el punto de vista propagandístico, las soluciones de reclamo encuentran justificación en las tecnologías que permiten ahora una notable reducción de los costos, siendo utilizadas en coches de prestigio, o bien ante la necesidad de ofrecerlas al público, que todavía es atraído por la complejidad técnica.

Desde el punto de vista funcional, es necesario subrayar que en cierto esquema de suspensión difícilmente tiene de por sí, unas dotes de estabilidad y de confort superiores a cualquier otro tipo, en el sentido de que el diseño de aplicación de cada esquema y otros numerosos factores (asentamiento, elasticidad, amortiguadores y, sobre todo, la geometría) pueden modificar completamente el comportamiento. Por ejemplo, una buena suspensión de puente rígido puede comportarse mejor, en cuanto a estabilidad, que una sofisticada pero mal realizada suspensión De Dion.

• Importancia de las masas Suspendidas

Un elemento muy importante que está por encima de la investigación cinemática y dinámica de las suspensiones, es el representado por la relación que existe entre las masas suspendidas y la son suspendidas que posee el vehículo, cuando más ligeros son todos los elementos relacionados con contacto con el terreno (neumáticos, frenos, órganos de elasticidad, y parte de los amortiguadores) respecto a la carga que gravita sobre cada rueda (chasis, carrocería motor, transmisión, pasajeros), tanto menores resultan los rebotes del neumático sobre la superficie del camino, y se debe tener presente que, cuanto más tiempo está el neumático en contacto con el suelo, respecto al tiempo que no lo está, más aumenta su adherencia al piso y por lo tanto se tiene un mejor control del carro.

En los carros de turismo, en comparación con los coches de competencia, se puede decir que debe ofrecer sobre todo confort y seguridad de marcha en todas las posiciones y terrenos, además de una dirección rigurosamente precisa. En las curvas exige una notable estabilidad, mientras que la adherencia en la carretera puede ser limitada a aceleraciones laterales de 0.6-0.7g, y una conducción ligera y no fatigable, cualidades ligadas a los parámetros característicos de suspensiones en cambio, en un coche de carreras exige una gran adherencia en todas las posiciones, gran velocidad en las curvas y elevadas aceleraciones laterales (con valores del orden de 1.45-1.6g), además de una gran posición de conducción, aunque el coche resulte duro rígido y poco confortable. Todo esto se consigue con suspensiones de rotulas esféricas o articulaciones metálicas, gran rigidez de los elementos de las suspensiones y del bastidor un mecanismo de la dirección muy sencillo, y una barra estabilizadora muy eficaz y muy rígida.

Poe lo que respecta al desplazamiento o viaje total de las suspensiones (en la rueda), en los coches de turismo, es de 150 a 200 mm; en los de carreras, se baja a 100 mm o menos y en los de todo terreno de serie, puede variar desde 15mm hasta 600 mm, y en algunos de estos, hasta 800mm, en carros de exhibición con suspensión modificadas.

CAPITULO II ASPECTOS TÉCNICOS.

- **Tipo de Suspensiones.**

Suspensión Rígida.

La suspensión rígida es una suspensión que tiene unidas las ruedas mediante un eje rígido de forma que la suspensión es conjunta. Presenta el inconveniente de que al estar unidas ambas ruedas, las vibraciones producidas por la acción de las irregularidades del pavimento, se transmiten de un lado al otro del eje. Además el peso de las masas no suspendidas aumenta notablemente debido al peso del eje rígido y al peso del grupo cónico diferencial en los vehículos de tracción trasera. En estos últimos el grupo cónico sube y baja en las oscilaciones como parte integradora del eje rígido. Como principal ventaja, los ejes rígidos destacan por su sencillez de diseño y no producen vibraciones significativas en los parámetros de la rueda como caída, avance, etc. El principal uso de esta disposición de suspensión se realiza sobre todo en vehículos industriales, autobuses y camiones. En la actualidad también se usan en algunos turismos en los ejes traseros ya sean propulsores o no.

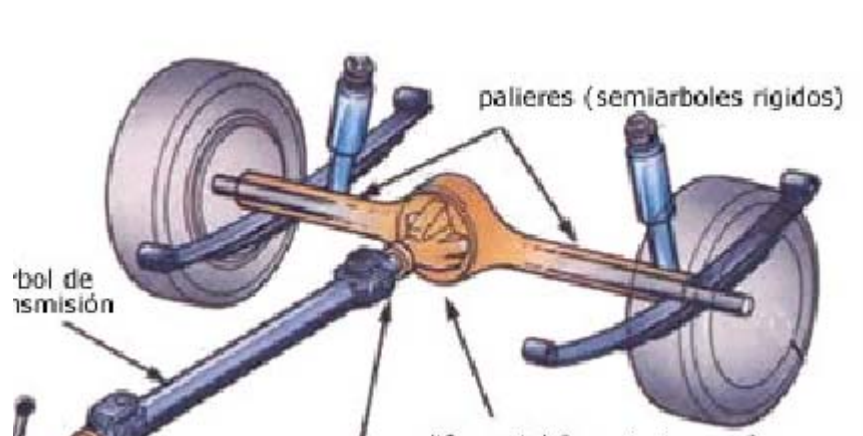


Fig.7

En la Fig.7 se muestra un modelo de eje rígido actuando de eje propulsor. En estos casos el eje rígido está constituido por una caja que contiene el mecanismo diferencial y por los tubos que contienen los palieres.

El eje rígido en este caso se apoya contra el bastidor mediante dos ballestas que hacen de elemento elástico transmitiendo las oscilaciones. Completan el conjunto los amortiguadores telescópicos.

En la Fig.8 se muestra un moderno modelo de eje rígido de un tren trasero para un turismo con tracción delantera. Los principales componentes son el eje

rígido que va unido a los cubos de las ruedas mediante una mangueta atornillada al eje y un juego de rodamientos que permiten el giro de la rueda. Sobre el eje rígido se apoyan los dos conjuntos muelle-amortiguador que por si extraemos superior se anclan al chasis transmitiendo y amortiguando las oscilaciones. Esta suspensión no presenta rigidez longitudinal de forma que el eje rígido lleva incorporadas cuatro barras longitudinales formando un paralelogramo de Watt que mantiene al eje en su posición longitudinal. Además para estabilizar eje y generar un único centro de balanceo de la suspensión, se añade un barra transversal que esta unida al eje A y a la carrocería B. A esta barra transversal se le conoce con el nombre de barra Panhard. Tanto las barras longitudinales como la barra Panhard dispone de articulaciones elásticas con el eje y con la carrocería para permitir realizar a la suspensión su función de amortiguación vertical.



Fig.8

Suspensión Semirígida

Estas suspensiones son en realidad de eje rígido por lo que algunas publicaciones incluyen a este tipo de suspensiones dentro de las suspensiones rígidas. La diferencia principal con las anteriores estriba en que las ruedas están unidas entre sí como el eje rígido pero transmitiendo de una forma parcial las oscilaciones que reciben de las irregularidades del pavimento. En cualquier caso la suspensión en ningún momento es independiente.

En la Fig.9 se muestra una suspensión de este tipo. Concretamente una suspensión con eje De Dion. En ella las ruedas van unidas mediante soportes articulados (1) al diferencial (2), que en la suspensión con eje De Dion es parte de la masa suspendida, es decir, va anclado al bastidor del automóvil. Bajo este aspecto se transmite el giro a las ruedas a través de dos semiejes como en las suspensiones independientes. A su vez ambas ruedas están unidas entre sí mediante una travesía o tubo De Dion (3) que las anclas de forma rígida permitiendo a la suspensión deslizamientos longitudinales. Este sistema tiene la ventaja, frente al eje rígido, de que se disminuye la masa no suspendida debido al poco peso de la travesía del eje De Dion y al anclaje del grupo diferencial al bastidor y mantiene los parámetros de la rueda prácticamente constantes como los ejes rígidos gracias al anclaje rígido de la travesía. La suspensión posee además elementos elásticos de tipo muelle helicoidal (4) y suele ir acompañada de brazos longitudinales que limitan los desplazamientos longitudinales.

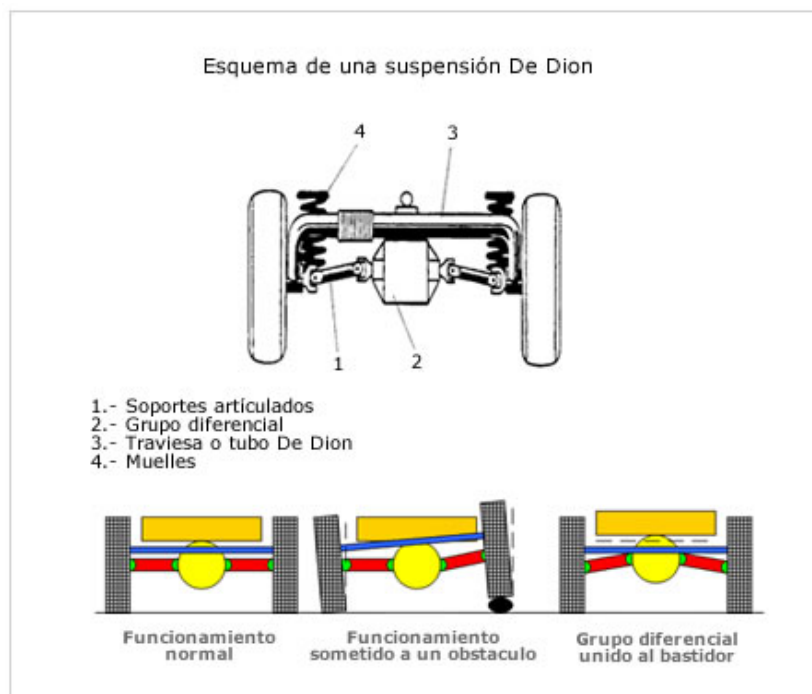


Fig.9

Suspensión Independiente.

La tendencia actual es la suspensión independiente a las 4 ruedas pues es la más óptima desde el punto de vista de confort y estabilidad al reducir de forma independiente las oscilaciones generadas por el pavimento sien transmitirlas de una rueda a otra del mismo eje. La principal ventaja añadida de la suspensión independiente es que posee menor peso no suspendido que otros tipos de suspensión por lo que las acciones transmitidas al chasis son de menor magnitud. El diseño de este tipo de suspensión deberá de garantizar que las variaciones de caída de rueda y ancho de ruedas en las ruedas directrices deberán de ser pequeñas para conseguir una dirección segura de vehículo. Por lo contrario para cargas elevadas esta suspensión puede presentar problemas. Actualmente este tipo de suspensión ese el único que se utiliza para las ruedas directrices.

El número de modelos de suspensión independiente es muy amplio y además posee numerosas variantes. Los principales tipos de suspensión de tipo independiente son:

Suspensión de eje Oscilante.

La peculiaridad de este sistema que se muestra en la Fig.10 es que el elemento de rodadura (1) y el semieje (2) son solidarios (salvo el giro de la rueda), de forma que el conjunto oscila alrededor de una articulación (3) próxima al plano medio longitudinal del vehículo. Este tipo de suspensión no se puede usar como eje directriz puesto que en el movimiento oscilatorio de los semiejes se altera notablemente la caída de las ruedas en las curvas. Completan el sistema de suspensión dos conjuntos muelle-amortiguador telescópico (4).

Una variante de seste sistema es el realizado mediante un eje oscilante pero de una sola articulación.

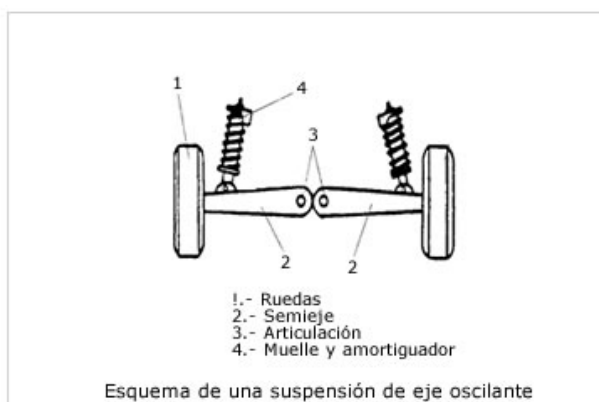


Fig.10

Una variante de este sistema es el realizado mediante un eje oscilante pero de una sola articulación. La ventaja que presenta es que el pivote de giro esta a menor altura que en el eje oscilante de dos articulaciones. El mecanismo diferencial oscila con uno de los palieres, mientras que el otro, se mueve a treves de una articulación, que permite a su vez un desplazamiento de tipo axial en al árbol de transmisión. El sistema también cuenta con dos conjuntos muelle-amortiguador telescópico.

Suspensión Mc. Pherson.

El sistema de suspensión independiente Mc. Pherson es uno de los más utilizados en el tren delantero aunque se puede montar igualmente en el trasero. Este sistema ha tenido mucho éxito, sobre todo en vehículos más modestos, por su sencillez de fabricación y mantenimiento, el costo de producción y el poco espacio que ocupa.

La Fig.11 muestra un modelo detallado de una suspensión Mc. Pherson con brazo inferior y barra estabilizadora.

La mangueta (1) de la rueda va unida al cubo (2) permitiendo el giro de este mediante un rodamiento (3). A su vez la mangueta va unida al bastidor a través de dos elementos característicos de toda suspensión Mc. Pherson:

*El brazo inferior (4) que va unido a la mangueta (1) mediante una unión elástica (A) (rotula) y unido al bastidor mediante un casquillo (B).

*El conjunto muelle-helicoidal amortiguador. El amortiguador (5) va anclado de forma fija a la parte superior de la mangueta (1) y el muelle (6) es concéntrico al amortiguador y está sujeto mediante dos copelas superior (C) e inferior (D). El amortiguador esta unido al bastidor por su parte superior mediante un cojinete de agujas (7) y una placa de fijación (8). En las ruedas delanteras se hace necesaria la existencia de este cojinete axial ya que el amortiguador al ser solidario a la mangueta gira con esta al actuar la dirección.



Fig.11

La suspensión tipo Mc. Pherson forma un mecanismo de tipo triángulo articulado formado por el brazo inferior, el conjunto muelle-amortiguador y el propio chasis. El lado de triángulo que corresponde al muelle-amortiguador es de compresión libre por lo que solo tiene un único grado de libertad: La tracción o compresión de los elementos elásticos y amortiguador. Al transmitirse a través del muelle-amortiguador todos los esfuerzos al chasis, es necesario un dimensionado más rígido de la carrocería en la zona de apoyo de la placa de fijación.

Como elementos complementarios a esta suspensión se encuentra la barra estabilizadora (9) unida al brazo inferior (4) mediante una bieleta (10) y el bastidor mediante un casquillo (E), y en este caso un tirante de avance (11).

Actualmente existen múltiples variantes en cuanto a la sustitución del tirante inferior (4) que pueden ser realizadas por un triángulo inferior, doble bieleta transversal con tirante longitudinal etc. A estos últimos sistemas también se les ha denominado "falsa Mc. Pherson", aunque en cualquier caso todas ellas utilizan el amortiguador como elemento de guía u mantiene la estructura de triángulo articulado.

La suspensión clásica Mc. Pherson dispone de la barra estabilizadora como tirante longitudinal, mientras que las denominadas "falsa Mc. Pherson" ya absorben los esfuerzos longitudinales con la propia disposición del anclaje del elemento que sustituye al brazo inferior.

En la Fig.12 se muestra un esquema Mc. Pherson donde se ha sustituido el brazo inferior por un triángulo (1) que va unido a la mangueta (2) mediante una rótula (A) y la cuna del motor (3) mediante dos casquillos (C y D). El resto de los componentes es similar al de una Mc. Pherson convencional.

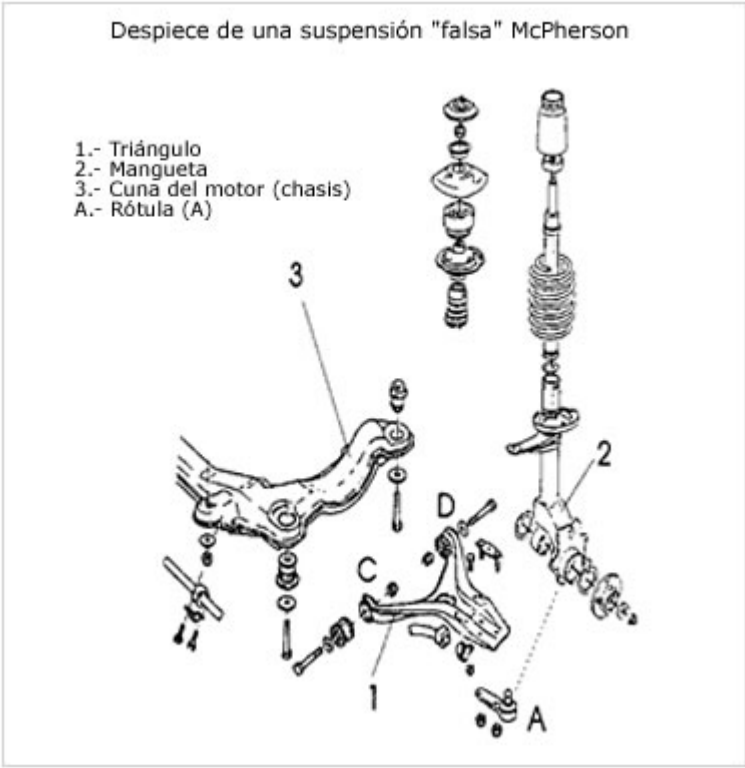


Fig.12

- **Clasificación de los automóviles todo terreno según su uso**

Artículo 1: Clasificación.

Categorías y Grupos

Los vehículos utilizados en rallyes todo terreno se dividirán en las siguientes categorías y grupos:

Categoría I: - Grupo T2: Vehículos Todo Terreno de serie.

Categoría II: - Grupo T1: Vehículos Todo Terreno modificados.

Categoría III: - Grupo T4: Camiones Todo Terreno.

Clases por cilindrada

Los vehículos se dividirán en las siguientes clases en función de su cilindrada:

1. Hasta 500 cm³
2. Más de 500 cm³ a 600 cm³
3. Más de 600 cm³ a 700 cm³
4. Más de 700 cm³ a 850 cm³
5. Más de 850 cm³ a 1000 cm³
6. Más de 1000 cm³ a 1150 cm³
7. Más de 1150 cm³ a 1400 cm³
8. Más de 1400 cm³ a 1600 cm³
9. Más de 1600 cm³ a 2000 cm³
10. Más de 2000 cm³ a 2500 cm³
11. Más de 2500 cm³ a 3000 cm³
12. Más de 3000 cm³ a 3500 cm³
13. Más de 3500 cm³ a 4000 cm³
14. Más de 4000 cm³ a 4500 cm³
15. Más de 4500 cm³ a 5000 cm³
16. Más de 5000 cm³ a 5.500 cm³
17. Más de 5.500 cm³ a 6000 cm³
18. Más de 6000 cm³

Salvo disposiciones contrarias, eventualmente impuestas por la FIA para una categoría de pruebas determinada, los organizadores no están obligados a incluir todas las clases arriba mencionadas en los Reglamentos Particulares y, además, son libres de agrupar dos o más clases consecutivas, de acuerdo con las circunstancias particulares de sus pruebas.

Ninguna clase podrá ser subdividida.

ARTÍCULO 2: Definiciones

Generalidades

Vehículos de Producción en Serie (Categoría I):

Vehículos de los que se ha comprobado, a instancias del constructor, la fabricación en serie de un cierto número de ejemplares idénticos (ver definición de esta palabra más adelante) en un cierto período de tiempo, y que están destinados a la venta normal al público (ver esta expresión).

Los vehículos deberán venderse de acuerdo con la ficha de homologación. Estos vehículos tendrán seis ruedas como máximo y cuatro ruedas motrices como mínimo.

Vehículos de Competición (Categoría II):

Vehículos contruidos a la unidad y destinados exclusivamente a la competición.

2.1.3) Camiones (Categoría III):

Se considerarán camiones aquellos vehículos con un peso en carga superior a 3.500 kg, con un máximo de ocho ruedas y un mínimo de cuatro ruedas motrices.

Componentes mecánicos:

Todos aquellos necesarios para la propulsión, suspensión, dirección y frenado, así como todos los accesorios, móviles o no, que son necesarios para su funcionamiento normal.

Vehículos idénticos:

Vehículos pertenecientes a una misma serie de fabricación y que tienen los mismos componentes mecánicos y el mismo chasis (incluso aunque este chasis pudiera ser una parte integrante de la carrocería en una construcción monocasco).

Modelo de vehículo:

Vehículos pertenecientes a una serie de fabricación que se distinguen por una concepción y una línea exterior de la carrocería determinadas, y por una misma ejecución mecánica del motor y de la transmisión a las ruedas con la misma distancia entre ejes y la

misma cilindrada.

Venta normal:

Significa la distribución de los vehículos a los clientes individuales a través del servicio comercial del constructor.

Homologación:

Es la certificación oficial hecha por la FIA de que un modelo de automóvil o camión, determinado está construido en serie suficiente para ser clasificado en Vehículos Todo Terreno de Serie (Grupo T2) o Camiones Todo Terreno (Grupo T4), del presente reglamento.

La solicitud de homologación debe enviarse a la FIA por la ADN del país de construcción del vehículo y dará lugar al establecimiento de una ficha de homologación (ver a continuación). Deberá estar hecha de acuerdo con el reglamento especial llamado "Reglamento de Homologación", establecido por la FIA. Toda homologación de un modelo construido en serie caducará a los 7 años del cese definitivo de la fabricación en serie de dicho modelo (producción anual inferior al 10% del mínimo de producción del grupo considerado).

Fichas de homologación:

Todo modelo de vehículo o camión homologado por la FIA será objeto de una ficha descriptiva llamada ficha de homologación en la que estarán todas las características que permitan identificar a dicho modelo.

Esta ficha define la serie tal y como la indica el fabricante.

Según el grupo en el que el participante compita, los límites de las modificaciones autorizadas en competiciones internacionales con relación a esta serie, están indicadas en el Anexo J.

La presentación de las fichas en las verificaciones y/o antes de la salida podrá ser exigida por los organizadores que están en el derecho de rehusar la participación del concursante en caso de no presentación.

La ficha de homologación debe estar obligatoriamente impresa:

- En papel estampado o con marca de agua de la FIA
- O en papel estampado o con marca de agua de una ADN únicamente en el caso en el que el constructor sea de la misma nacionalidad que la ADN.

Si la fecha de entrada en vigor de una ficha de homologación se

sitúa durante una prueba, esta ficha será válida para esta prueba durante toda su duración.

En el caso de que durante la verificación de un modelo de vehículo o de camión con su ficha de homologación apareciera cualquier duda, los comisarios técnicos deberán recurrir al manual de mantenimiento editado para el uso de los concesionarios de la marca, o bien, al catálogo general en el que aparece el listado de piezas de recambio.

En el caso de que esta documentación no fuera suficientemente precisa, será posible efectuar verificaciones directas por comparación con una pieza idéntica, disponible en un concesionario o en un vehículo de serie del mismo tipo.

Es deber del concursante proveerse de la ficha de homologación de su vehículo en su ADN.

Descripción: Una ficha se compone de lo siguiente:

- 1) Una ficha base describiendo el modelo base.
- 2) En los casos que corresponda, un cierto número de hojas suplementarias describiendo las extensiones de homologación, que pueden ser “variantes”, “erratas” o “evoluciones”.

a - Variantes (VF, VP, VO)

Son variantes de suministro (VF) (dos fabricantes diferentes suministran al constructor una misma pieza, y el cliente no tiene la posibilidad de elegir), o variantes de producción (VP) (entregadas bajo pedido y disponibles en los concesionarios), u opciones (VO) (entregadas bajo pedido específico).

b - Erratas (ER)

Sustituyen y cancelan una información errónea incluida anteriormente en una ficha por el fabricante.

C - Evolución de tipo (ET)

Caracterizan a las modificaciones aportadas de forma definitiva al modelo base (abandono total de la fabricación del modelo en su forma original).

Utilización:

1) Variantes (VF, VO)

El concursante podrá utilizar a su conveniencia cualquier variante o parte de una variante, a condición de que todos los datos técnicos del vehículo así concebido estén conformes con los que se describen en la ficha de homologación aplicable al vehículo, o expresamente autorizados en el Anexo J.

Por ejemplo el montaje de una pinza de freno definida en una ficha variante, sólo es posible si las dimensiones de las pastillas, etc., así obtenidas están indicadas en una ficha aplicable al vehículo de que se trate.

2) Evolución de tipo (ET)

El vehículo debe corresponder a un estado de evolución determinado (independientemente de su fecha real de salida de la fábrica), y por consiguiente una evolución ha de ser aplicada íntegramente o no serlo en absoluto.

Además, a partir del momento en que el concursante haya elegido una evolución concreta, todas las anteriores han de ser igualmente aplicadas, salvo si existe incompatibilidad entre ellas:

Por ejemplo, si dos evoluciones en los frenos se han precedido sucesivamente, se utilizará solamente la que corresponda por la fecha al estado de evolución del vehículo.

Dimensiones

Perímetro del vehículo visto desde arriba:

Como se presenta el vehículo en la parrilla de salida para la prueba en cuestión (aplicable a los Grupos T1 y T2).

Suspensión Mac Pherson:

Todo sistema de suspensión en el que un elemento telescópico, no proporcionando necesariamente la función de amortiguación y/o suspensión, pero incorporando el vástago, está fijado en su parte superior sobre un solo punto de anclaje solidario con la carrocería (o el chasis) y pivota en su parte inferior sobre un brazo transversal asegurando el guiado transversal y longitudinal, o sobre un único brazo transversal mantenido longitudinalmente por una barra estabilizadora o una bieleta de triangulación.

CAPITULO III MODELADO Y DISEÑO (CATIA)

• Introducción

Utilizado habitualmente en el contexto de las artes aplicadas, ingeniería, arquitectura y otras disciplinas creativas, diseño se define como el proceso previo de configuración mental, "pre-figuración", en la búsqueda de una solución en cualquier campo.

Etimológicamente derivado del término italiano *disegno* dibujo, designio, signare, signado "lo por venir", el porvenir visión representada gráficamente del futuro, *lo hecho* es la obra, *lo por hacer* es el proyecto, *el acto de diseñar como prefiguración* es el proceso previo en la búsqueda de una solución o conjunto de las mismas. Plasmar el pensamiento de la solución mediante esbozos, dibujos, bocetos o esquemas trazados en cualquiera de los soportes, durante o posteriores a un proceso de observación de alternativas o investigación.

El acto intuitivo de diseñar podría llamarse creatividad como acto de creación o innovación si el objeto no existe, o es una modificación de lo existente inspiración abstracción, síntesis, ordenación y transformación.

El diseñador

Referente a la profesión (empírica) mediante la praxis profesional o académica de quién diseña, actúa y proyecta objetos funcionales, herramientas ergonómicas, mobiliario, accesorios útiles, vestimenta, espacios físicos o virtuales webs, multimedia, información, señales, mensajes no verbales síñicos, simbólicos y sistemas, ordena elementos gráficos e imágenes, clasifica tipologías, crea o modifica tipografías. Su campo de actuación tiene relación con la industria, el comercio y todas las actividades culturales, su perfil y educación puede tener orientación técnica en la ingeniería de procesos industriales o constructivos (arquitectura de interiores), en relación con las disciplinas humanísticas en los campos de actuación de la comunicación audiovisual, las artes gráficas, la publicidad, el mercadeo (*marketing*) o la gestión de productos, el diseño de los mismos o sus contenedores (*packaging*) embalajes, etiquetas, envases y en las mismas empresas industriales o comerciales en departamentos de investigación y desarrollo de nuevos productos o comunicación corporativa con el diseñador. La mayor parte del dibujo técnico se realiza hoy con ordenadores o computadoras, ya que es más fácil modificar un dibujo sobre la pantalla que sobre el papel. Las computadoras también hacen más eficientes los procesos de diseño y fabricación. Por ejemplo, si las especificaciones de una pequeña pieza de una máquina se

modifican en el ordenador, éste puede calcular cómo afectan los cambios al resto de la máquina antes de proceder a su fabricación.

CATIA

CATIA (Computer Aided Three Dimensional Interactive Application) es un programa de CAD/CAM/CAE comercial realizado por Dassault Systemes, Francia. El programa está desarrollado para proporcionar apoyo desde la concepción del diseño (CAD) hasta la producción (CAM) y el análisis (CAE) de productos. Actualmente se está trabajando en la versión V5, que en éstos últimos años ha sustituido a la versión CATIA V4 basada en AIX, y también disponible para Solaris, IRIX y HP-UX, debido a la posibilidad de trabajar sobre Microsoft Windows.

Provee una arquitectura abierta para el desarrollo de aplicaciones o para personalizar el programa. Los APIs se pueden programar en Visual Basic y C++. Estos APIs se llaman CAA2 (o CAA V5).

Programa inicialmente desarrollado para servir en la industria aeronáutica, se ha hecho un gran hincapié en el manejo de superficies complejas. CATIA también es ampliamente usado en la industria del automóvil para el diseño y desarrollo de componentes de carrocería. Concretamente empresas como el Grupo VW (Volkswagen, Audi, SEAT y Škoda), BMW, Renault, Peugeot, Daimler AG, Chrysler, Smart y Porsche hacen un amplio uso del programa. La industria de la construcción también ha incorporado el uso del software para desarrollar edificios de gran complejidad formal; el museo de la fundación Guggenheim en Bilbao, España, es un hito arquitectónico que ejemplifica el uso de esta tecnología.

Los paquetes de actualización y versiones se denominan según lo siguiente:

Vx - Indica la versión del programa. Actualmente versión 5, que cambió radicalmente la interfaz de usuario respecto a V4.

Rxx - Indica el release del programa. Actualmente Release 19. Suele ser actualizado en periodos cortos de tiempo (no más de un año) y suelen aportar cambios en funcionamiento de algunas herramientas, otras nuevas y algunas que se intercambian entre los diferentes módulos del programa.

SPx - Indica el service pack del programa. Actualmente SP 2. Como en cualquier software, los service pack, se encargan de corregir errores y modificar comportamientos incorrectos, vistos en el testeo de la versión.

- **DISEÑO**

BRAZOS DE SUSPENSIÓN

Para fabricar los brazos de suspensión o lo que es lo mismo las cunas de los ejes necesitaremos una plancha de acero plana o mesa de trabajo. Las dimensiones de esta plancha deben tener al menos 600 mm x 250 mm.

Lo primero es fabricar los extremos de los brazos de las suspensiones delanteras en flatbar de 32 x 8 y deben ser tubulares y soldados de manera similar a la de los planos.

Después según el dibujo de la pagina 20, en el que tienes que construir un soporte para la fabricación de los brazos de suspensión delantera, se soldan los largueros de los brazos.

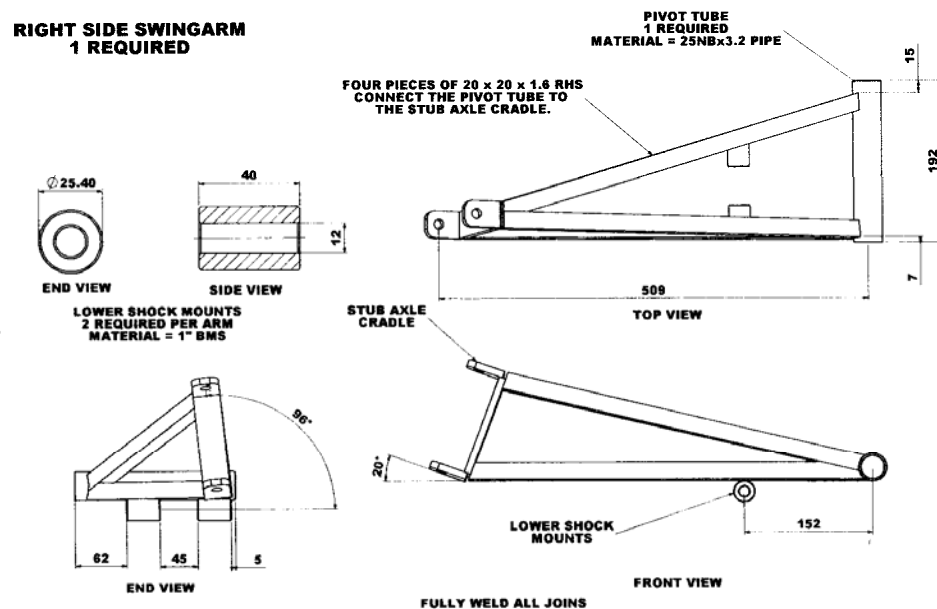


Fig.13

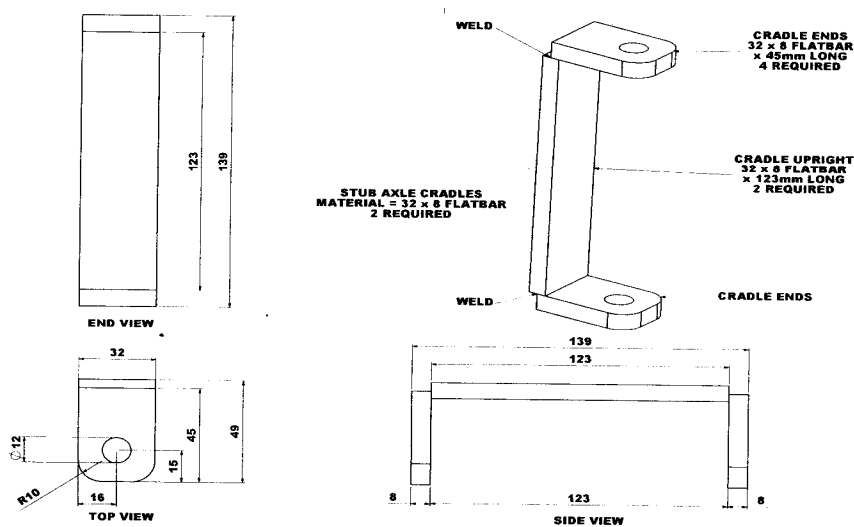


Fig.14

Una vez ya con los planos de fabricación proseguimos a modelarlo en CATIA, pero para eso primero debemos modelar pieza por pieza como se muestra en las siguientes figuras.

A continuación voy a detallar los pasos que se siguieron para el modelado y ensamble de la suspensión derecha.

Modelado.

El primer paso a realizar es modelar en CATIA los brazos de la suspensión, estos se modelan en base a los planos de construcción y como ya sabemos los cuatro brazos de suspensión tienen las mismas dimensiones, solo nos basta con modelar uno solo, ya que CATIA nos da la opción de poder utilizar ese mismo brazo las veces que nosotros queramos para nuestro ensamble final.

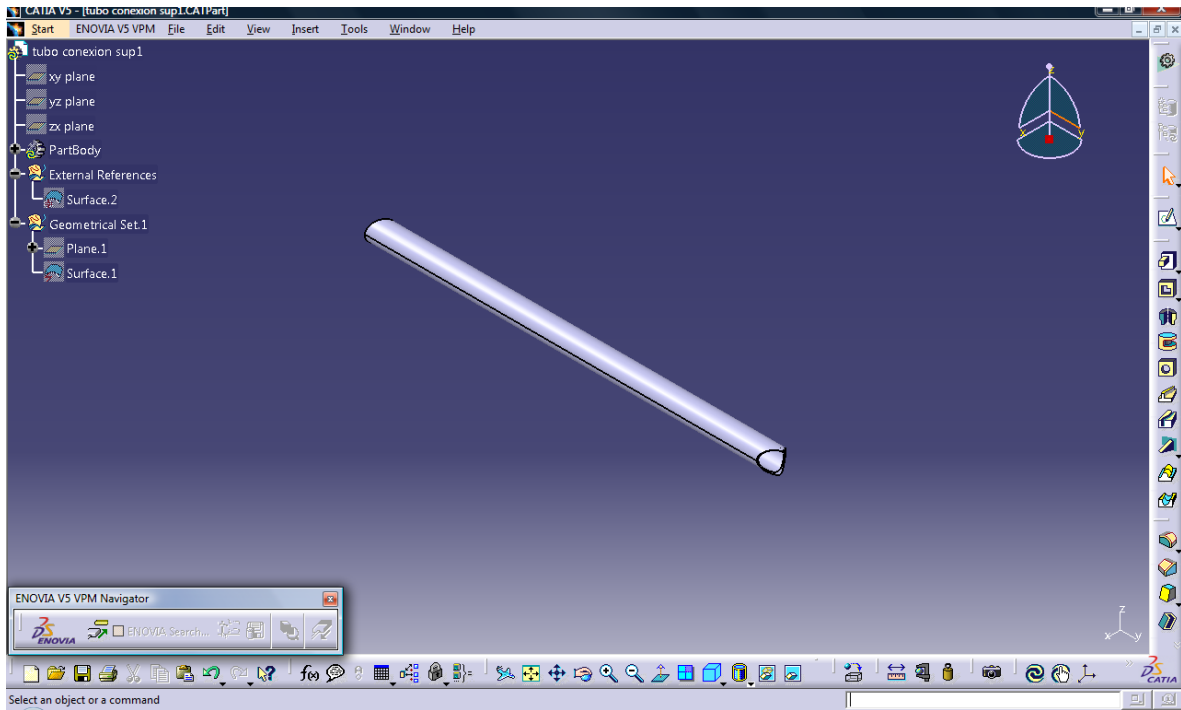


Fig.15

Una vez ya habiendo modelado los brazos de la suspensión, se prosigue a modelar el tubo pivote. Este tiene otras dimensiones así como otras características por lo tanto debemos de igual manera apegarnos a los planos de construcción ya que al final todos estos tubos van a ser ensamblados.

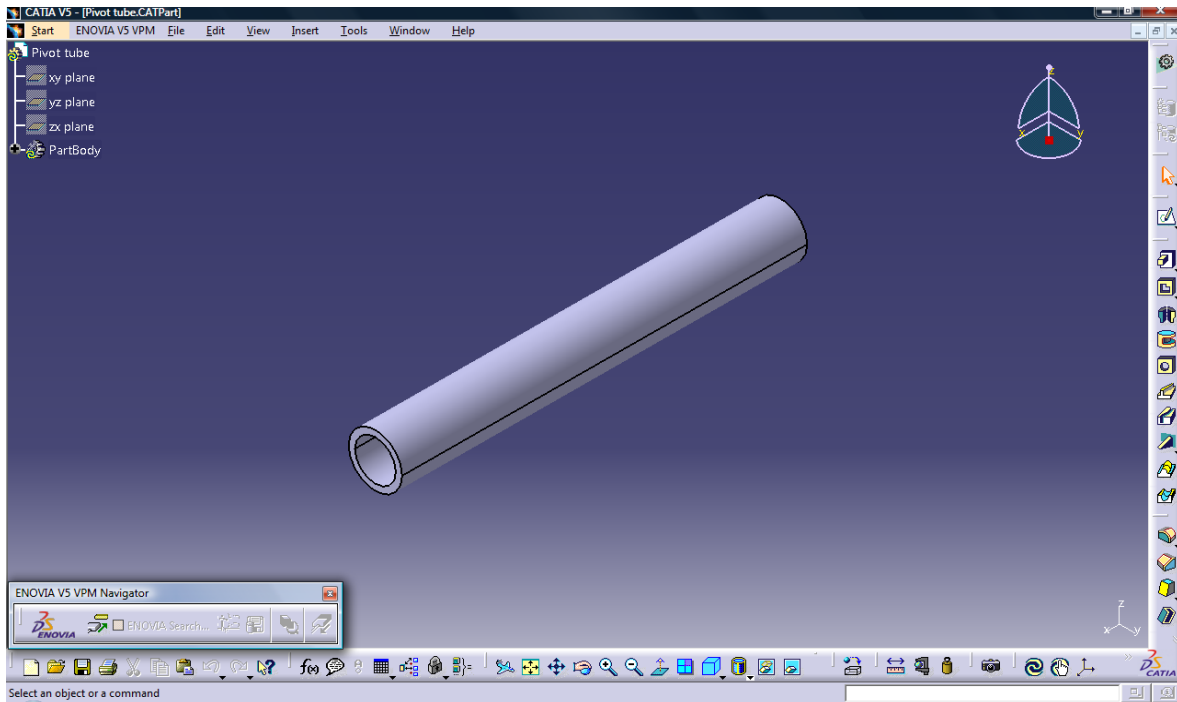


Fig.16

Seguiremos modelando un tubo con un espesor mucho mayor que los anteriores con el fin de soportar mayores esfuerzos ya que en esta parte de la suspensión es donde se ensambla el amortiguador. Y de igual manera que en el primer paso solo se modelara un tubo.

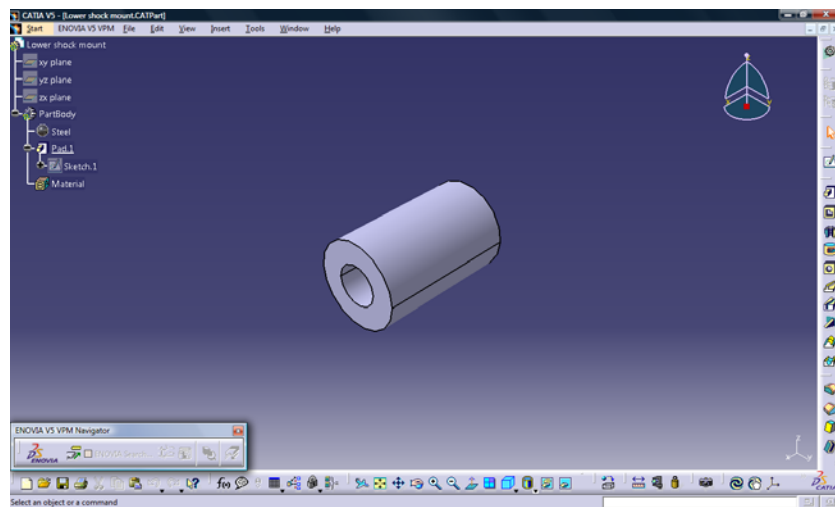


Fig.17

Este paso es importante ya que se modelara una placa en la cual se van a soldar los brazos de suspensión junto con las masas.

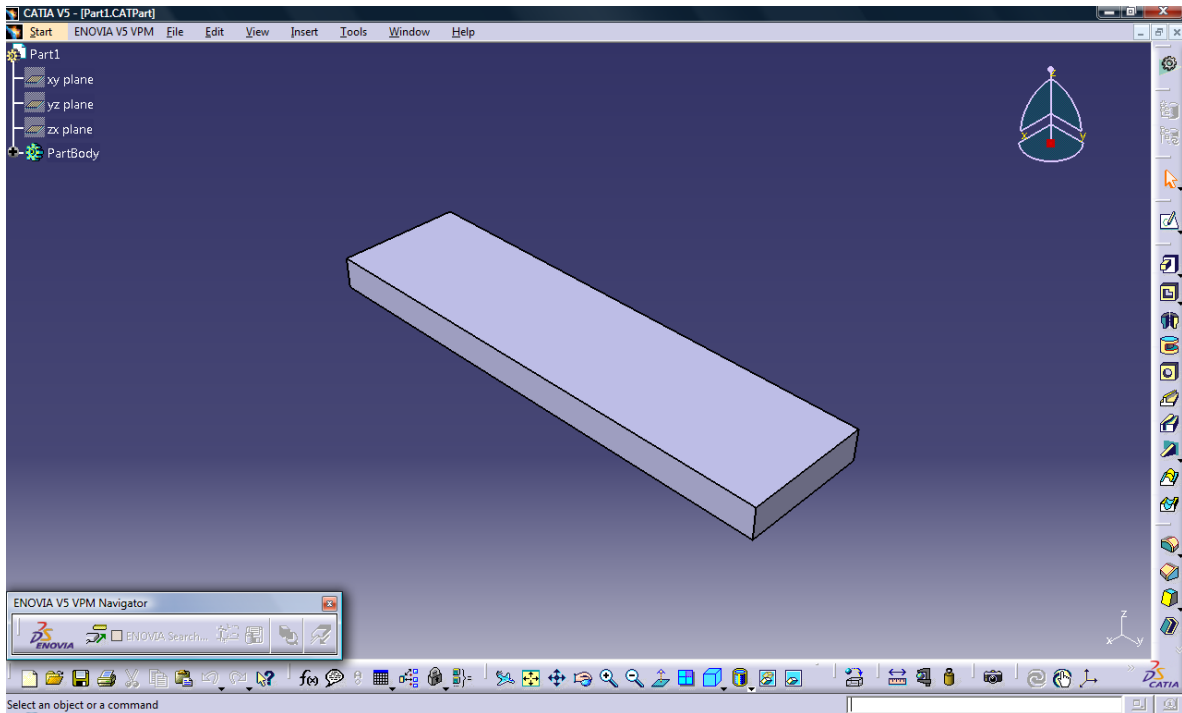


Fig.18

Por último se modela una placa la cual va soldada con la anterior, para después proseguir con el ensamble.

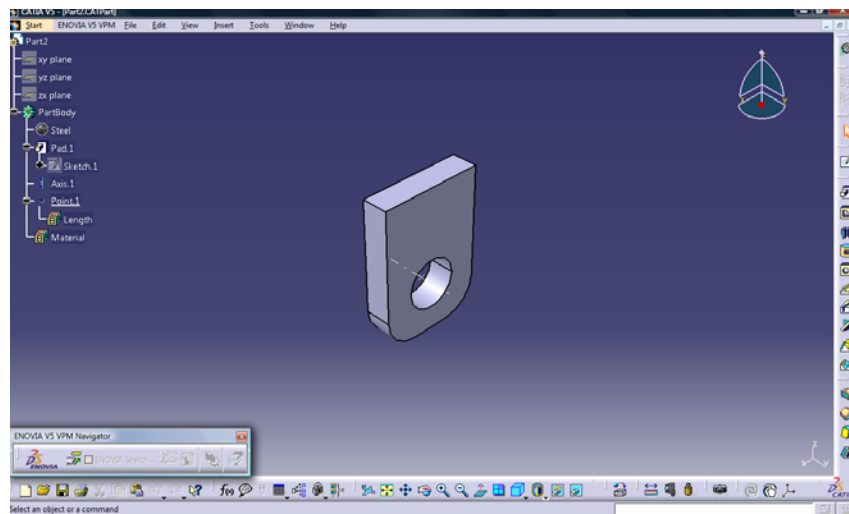


Fig.19

ENSAMBLE

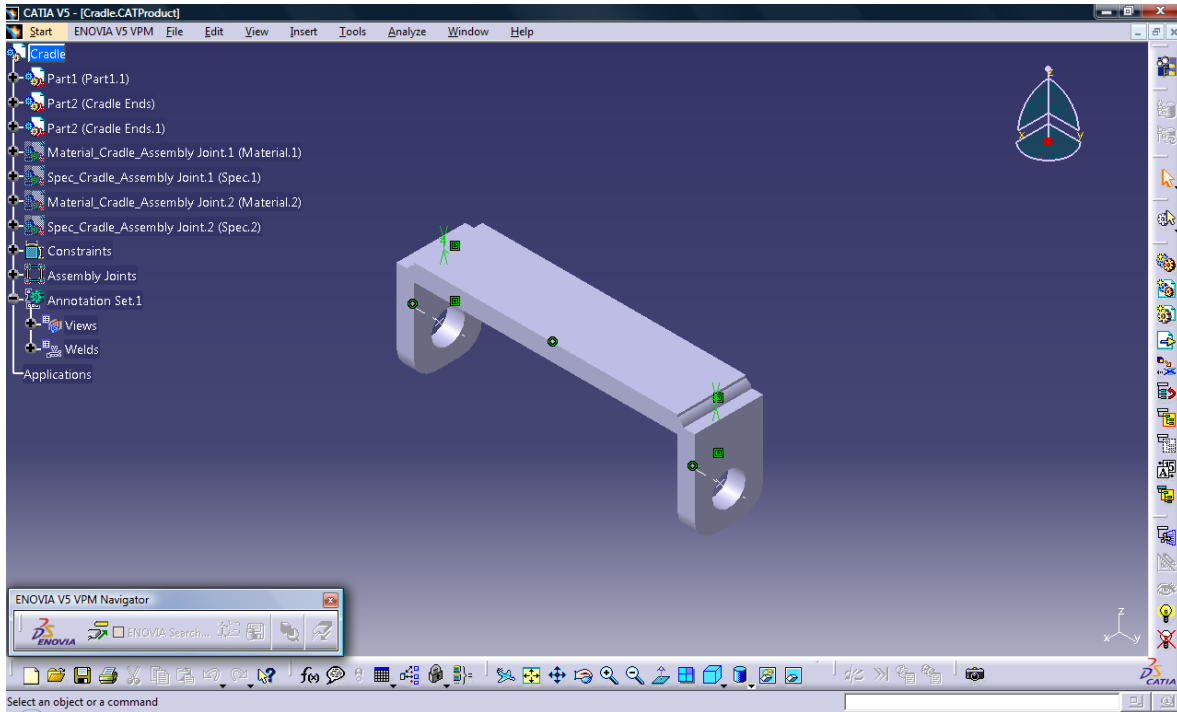


Fig. 20

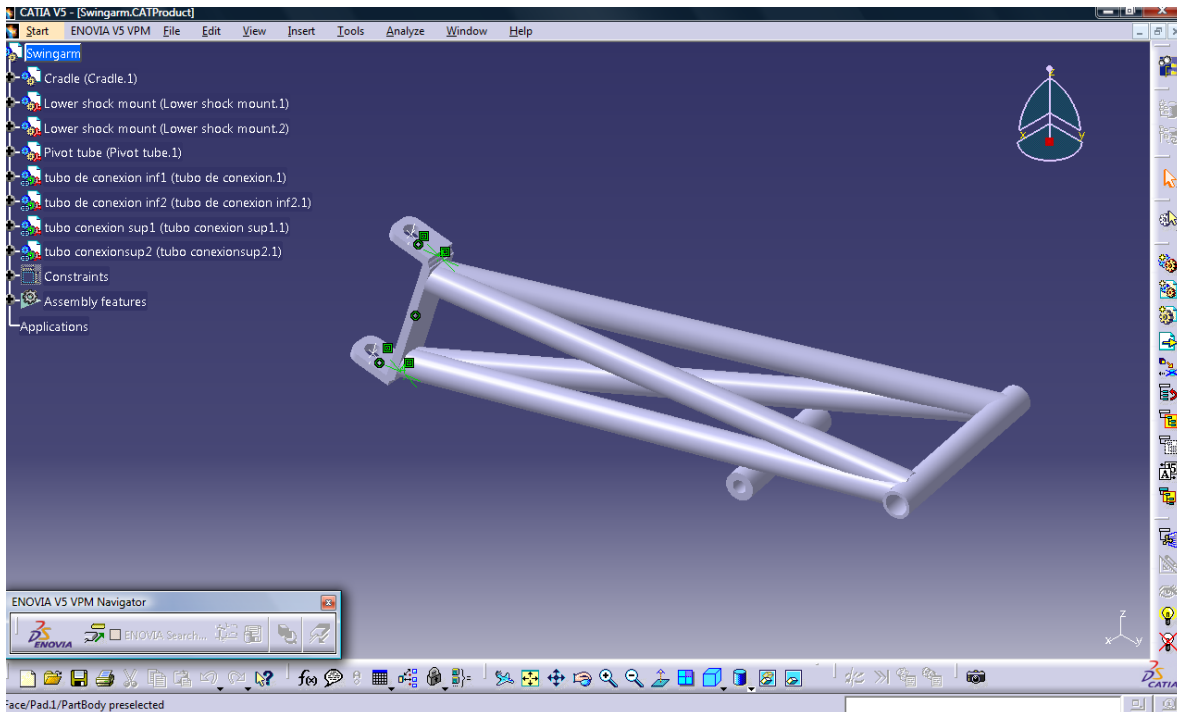


Fig.21

CAPITULO IV SIMULACIÓN NUMÉRICA (ANSYS)

- **Simulación numérica (ANSYS)**

Descripción del software ANSYS

ANSYS, Inc. Fue fundada en 1970 (Swanson Analysis Systems, Inc.) utilizando aproximadamente 1700 empleados. La mayoría con experiencia en elemento finito y dinámica de fluido computacional.

ANSYS desarrolla, comercializa y presta soporte a la ingeniería a través de software de simulación para predecir cómo funcionará y reaccionará determinado producto bajo un entorno real. ANSYS continuamente desarrolla tecnología enfocada en la simulación y a través del tiempo ha adquirido otro software para ofrecer un paquete de aplicaciones que pueden ser unificadas para los problemas más complejos. Además presta soporte a la industria.

ANSYS, Ins. Es un software de simulación ingenieril. Está desarrollado para funcionar bajo la teoría de elemento finito para estructuras y volúmenes finitos para fluidos.

Este paquete de diseño y cálculo, su procedimiento de análisis se basa en el método de elemento finito. La combinación entre este Método y el desarrollo de la computación ha venido a dar como resultado una poderosa herramienta de análisis. El Método del Elemento Finito ya se había estado desarrollando desde los 50s, pero su avance prácticamente se detuvo debido al proceso matemático tan laborioso. Actualmente este proceso lo lleva a cabo la computadora. Es fácil imaginar lo útil que es este método junto con la computadora, por ejemplo el invertir una matriz de 60 x 60, que nos podría llevar meses en resolverla a mano, la computadora hace esto en segundos.

El Método de Elemento Finito se basa principalmente en análisis matricial y su uso ha alcanzado las áreas de transferencia de calor, mecánica de fluidos, estructuras, etc. Problemas que no hace mucho eran intratables por su complejidad y que ahora con este método son resueltos rutinariamente dentro del análisis estructural podemos resolver estructuras reticulares como vigas, marcos, armaduras, columnas, y estructuras continuas como placas. Así también se pueden llevar a cabo análisis dinámicos.

El número de ecuaciones algebraicas a resolver está dado por el número de grados de libertad y el cual nos da el número de incógnitas, estas pueden ser generadas y resueltas por una computadora digital. Actualmente, para problemas pequeños de más o menos de 300 incógnitas, se puede usar una computadora personal. Para problemas moderados, de 20,000 a 30,000 ecuaciones, se usa una estación de trabajo o una súper minicomputadora; arriba de 100,000 incógnitas será necesario una central de más de 200,000 incógnitas, una supercomputadora. Todos estos sistemas dan acceso a una buena muestra gráfica.

Los resultados por este método son raramente exactos, sin embargo, los errores disminuyen procesando más ecuaciones y los resultados son demasiado precisos para propósitos de ingeniería y son obtenidos a un costo razonable.

Todos los programas basados en el método de elemento finito, presentan un funcionamiento basado en tres herramientas principales llamados módulos: pre-procesador (creación de geometría y mallado), procesador y post-procesador. Tanto el pre-procesador como el post-procesador están previstos de una interfaz gráfica. Este procesador de elemento finito para la solución de problemas mecánicos incluye: análisis de estructuras dinámicas y estáticas (ambas para problemas lineales y no-lineales).

ENSAMBLE DE ELEMENTOS

Un importante concepto en la conectividad del elemento, esto es la lista de la numeración global de los nodos. Los datos de conectividad del elemento definen la topología de la malla (inicial), la cual es usada por el ensamble del sistema de ecuaciones algebraicas. De esta forma, para cada elemento, es necesario dar entrada en algún orden consistente del número de nodos que están asociados con el elemento en particular.

TIPOS DE ELEMENTOS FINITOS

Los tipos de elementos finitos más comunes están clasificados de la siguiente manera:

Elemento barra- este es el elemento más común dentro de la familia de los elementos finitos. Cuando se combina con elementos del mismo tipo, describen estructuras como las armaduras y marcos. Cuando se combina con elementos de otro tipo como los elementos de placa, forman estructuras atiazadas.

Elemento placa- los elementos finitos básicos son las placas delgadas cargadas en su propio plano (la condición de esfuerzo plano) y podemos tener elementos triangulares y cuadriláteros. Muchas otras formas geométricas son factibles en esta clase de elementos, pero generalmente solo sirven para propósitos especiales. Se les conoce como elementos básicos dentro del desarrollo del elemento finito, no solo por su uso en un amplio rango de análisis de diseño práctico, sino también por su prioridad en el desarrollo del análisis del elemento finito.

Elementos sólidos- los elementos sólidos son la generalización tridimensional de los elementos en esfuerzo plano. el tetraedro y el hexaedro son las formas más comunes de los elementos tridimensionales y son esenciales para modelos

analíticos de problemas de mecánica de sólidos y rocas y de estructuras para plantas nucleares.

Sólidos axisimetricos- uno de los campos de aplicación más importantes dentro del método del elemento finito es el análisis con sólidos axisimetricos. Una gran variedad de problemas de ingeniería caen en esta categoría incluyendo tanques de acero y de concreto, recipientes de contenido nuclear, rotores, pistones, flechas y escapes de cohetes. En estos elementos tanto la carga como la geometría, usualmente son axisimetricos.

Placa plana en flexión –son usados no solo entre sí, si no también junto con cascarones y miembros de pared delgada. Las formas geométricas son análogas a las de los elementos en esfuerzo plano, con mayor énfasis también en las formas triangulares y cuadriláteras.

ELEMENTO FINITO EN LA DINAMICA ESTRUCTURAL

Si la frecuencia aplicada a una estructura es aproximadamente menor que 1/3 de la frecuencia natural de vibración más baja de la estructura, el efecto de la inercia puede despreciarse y el problema es cuasi-estático, esto quiere decir que la ecuación $F=KD$ es suficientemente exacta. La inercia viene a ser importante si las frecuencias de excitación son mayores, o si la estructura vibra libremente.

La matriz de masa explica la inercia y es una representación de la masa de una estructura ya sea en forma discreta o en forma continua. El efecto del amortiguamiento esta expresado en la matriz de amortiguamiento.

La excitación y la respuesta están caracterizadas por las bajas frecuencias y escalas de tiempo grandes solo una pequeña parte de los modos de vibración de un modelo necesitan ser usados. Usualmente se comparara la frecuencia natural de la estructura con la frecuencia de excitación buscando que estas frecuencias estén bien separadas para evitar la resonancia.

Los métodos en los que interviene la variación del tiempo, se les conoce como métodos en la historia del tiempo y los más importantes son los métodos modales y métodos de integración directa.

El estudio de la vibración y fatigas de altos ciclos en elementos de maquinaria y estructuras de aeronaves y análisis de estructuras bajo temblores involucran excitaciones que no tienen un patrón repetitivo por una variedad de razones y por ello no puede ser dado en una expresión analítica su magnitud como una función del tiempo, tales excitaciones son llamada aleatorias.

La solución a la ecuación dinámica de un sistema lineal puede ser obtenido por medio de superposición modal. Este método requiere la determinación de las frecuencias de vibración natural y los correspondientes modos normales los cuales sirven para desacoplar el sistema. De esta forma las ecuaciones dinámicas se reducen a un conjunto de ecuaciones diferenciales independientes.

UN ANÁLISIS DE ELEMENTO FINITO TÍPICO INVOLUCRA LOS SIGUIENTES PASOS:

MODELADO

El modelado es un arte basado en la habilidad para visualizar interacciones físicas. En el modelado la dificultad principal aparece porque el usuario de la computadora no entiende la acción física y las condiciones de frontera de la estructura actual, y las limitaciones de la teoría aplicable, que vienen a ser suficientes para preparar un modelo satisfactorio.

Existen dos formas de construir una estructura, como es el caso del brazo de la suspensión: monocasco con material compuesto y tubular, con perfiles metálicos. Estos perfiles pueden ser de distintos materiales, sin embargo es recomendable que el aspecto de ligereza y resistencia se mantenga presente.

TIPO DE ANALISIS

Para asignar nuestro tipo de análisis seleccionamos Preferencias, donde se muestra una caja de dialogo que permite seleccionar la disciplina de ingeniería deseada para el contexto filtrado del menú de opciones. Por default, el menú de opciones para todas las disciplinas están mostrados. Esto hace que se demuestren todos los tipos de elementos finitos al hacer la elección

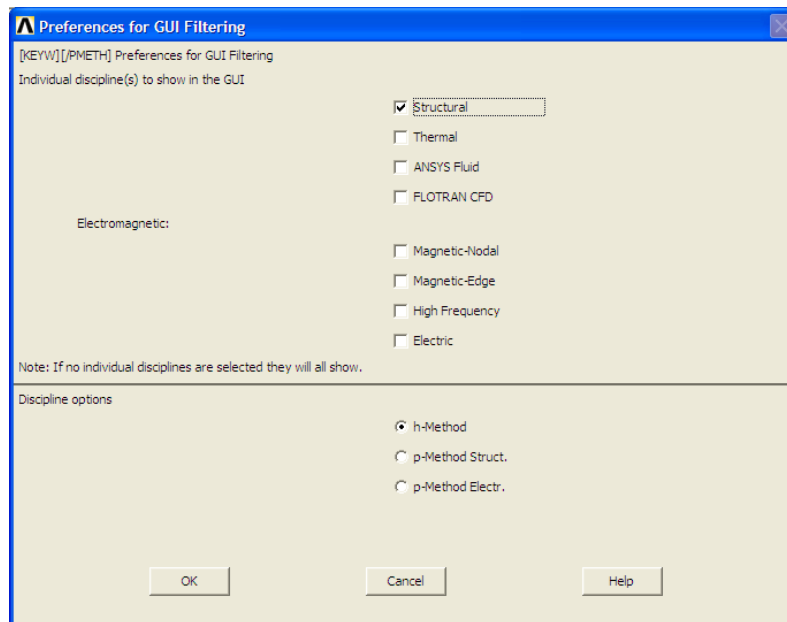
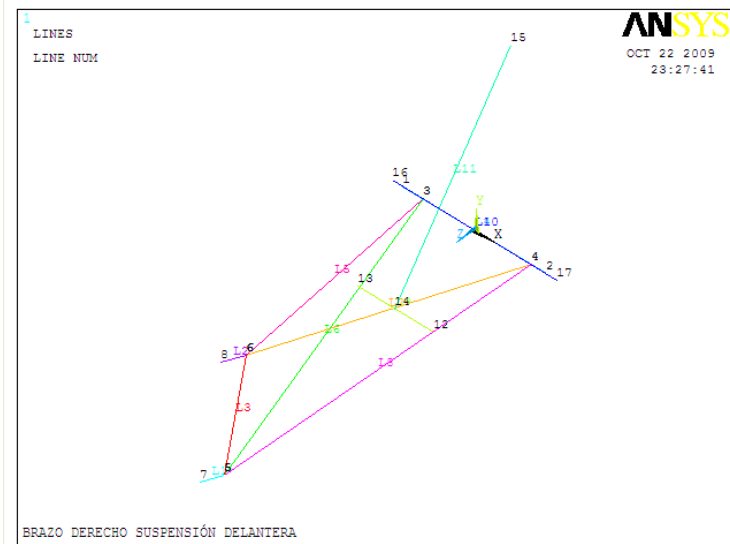
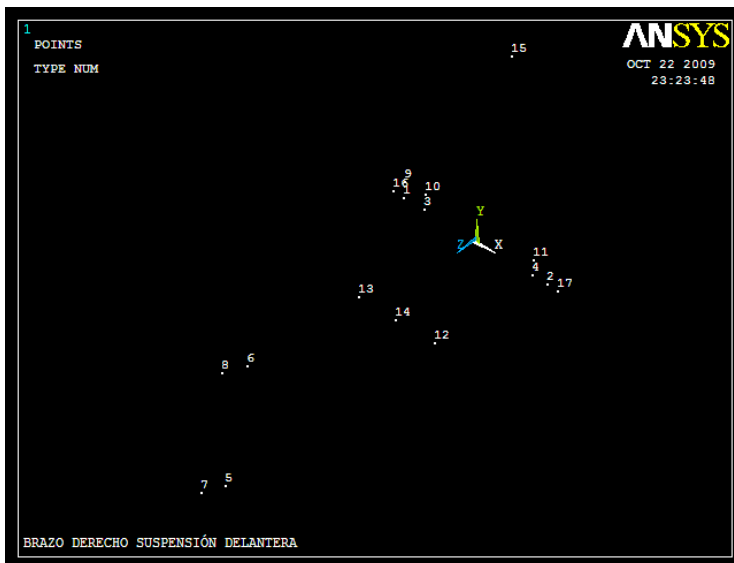
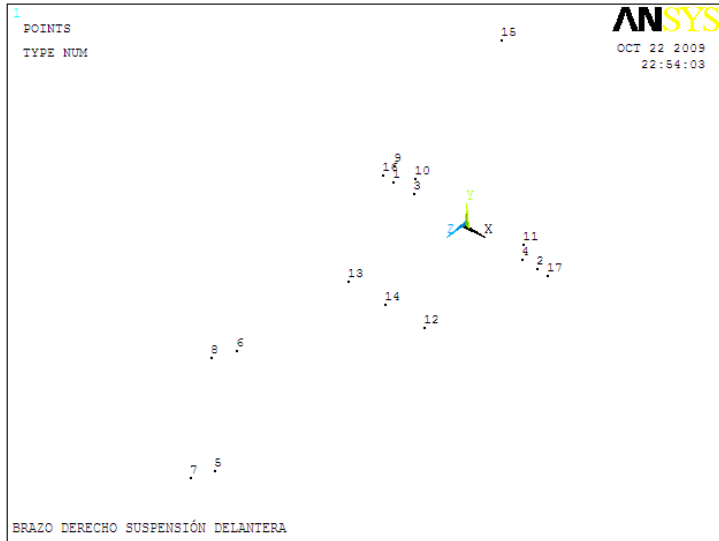
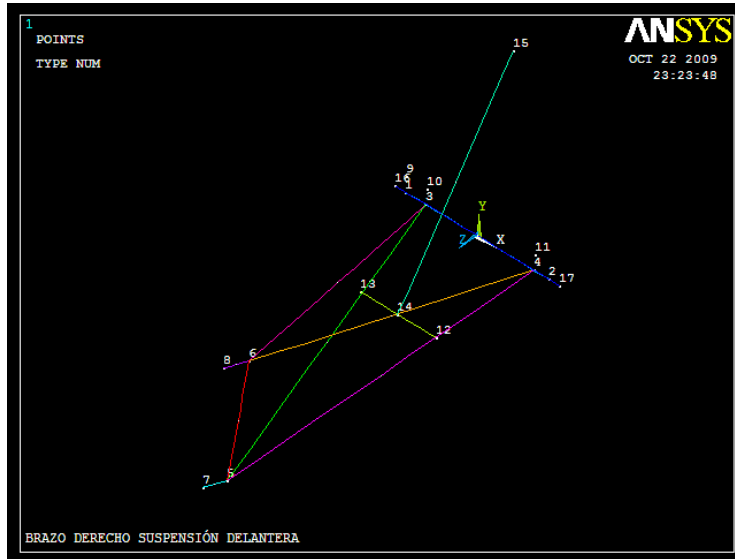


Fig. 22

A partir de esta acción procedemos a crear los puntos de nuestra estructura, los cuales se visualizan de la siguiente forma.





Figs.23

Propiedades de los materiales:

Las propiedades físicas del material tales como módulos de elasticidad o densidad son independientes de la geometría. A través de ellos no necesariamente se incluye el tipo de elemento, las propiedades del material requerido para resolver la matriz de elementos están listados para cada tipo de elemento que se convenga. Dependiendo de la aplicación, las propiedades del material puede ser lineal, no lineal y/o anisotrópico. Como con tipos de elementos y constantes reales podemos tener un conjunto de múltiples propiedades de los materiales dentro de un análisis.

Para esto se cuenta con las propiedades del hierro fundido que es el caso de nuestro material donde se muestran en la siguiente tabla.

Tabla de densidades de materiales. Tabla extractada de Referencia[2]

Material	Kg/m ³	lbm/pul ³
Aceros	7800	0.28
Aluminio y sus aleaciones	2700	0.097
Babbit, metal blanco con base estaño	7400	0.26
Babbit, metal blanco con base plomo	10100	0.37
Bronce fosforoso	8700	0.31
Bronce poroso	6400	0.23
Hierro fundido	7400	0.27
Cobre	8900	0.32
Latones	8600	0.31

Tabla de Módulos de Elasticidad. Tabla extractada de Referencia[2]

Material	GPa	Mpsi
Aceros, aleaciones bajas	196	28.4
aceros aleaciones altas	200	29.0
Aluminio y sus aleaciones	70	10.2
Babbit, metal blanco con base estaño	52	7.5
Bronce fosforoso	110	16.0
Bronce poroso	60	8.7
Hierro fundido	170	24.7
Cobre	124	18.0
Latones	100	14.5

Tabla de Coeficientes de Poisson. Tabla extractada de Referencia[2]

Material	ν
Aceros, aleaciones bajas	0.3
aceros aleaciones altas	0.3
Aluminio y sus aleaciones	0.33
Babbit, metal blanco con base estaño	--
Bronce fosforoso	0.33
Bronce poroso	0.22
Hierro fundido	0.26
Cobre	0.33
Latones	0.33

Tabla 1

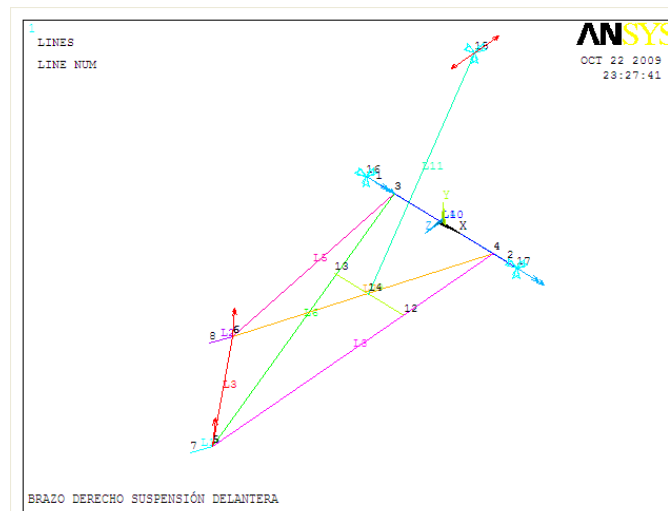
Constantes Reales:

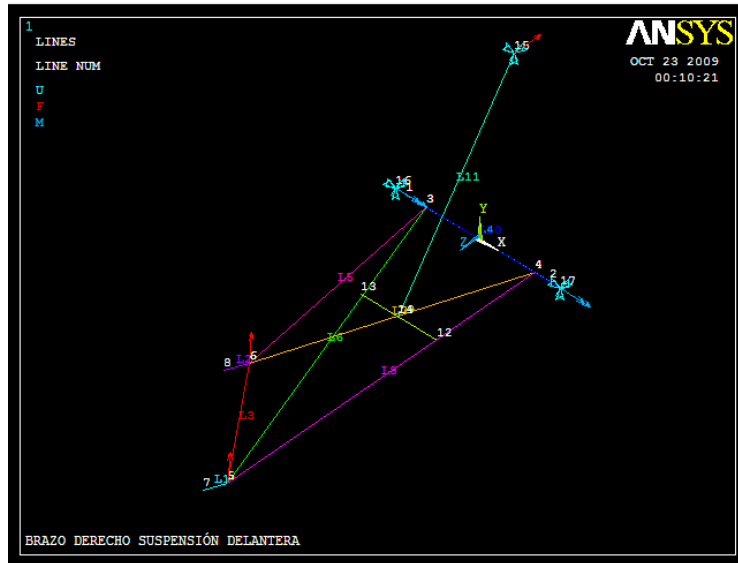
Suministrando información adicional geométrica para los tipos de elementos en cuya geometría no está completamente definida su localización de nodos. Las constantes reales típicas incluyen espesor de placas para los elementos shell y las propiedades de la sección transversal para los elementos de una viga. Todas las propiedades requeridas como entrada para un elemento particular es registrado en un conjunto de constantes reales.

Una de las cuales se aplica la ley de hooke ($F=KD$), debido a que en la estructura se articula un amortiguador.

Condiciones de frontera:

Dentro de las condiciones de frontera están tanto las condiciones de apoyo como las fuerzas o causas externas aplicadas. En ANSYS se designan como LOADS.





Figs.24

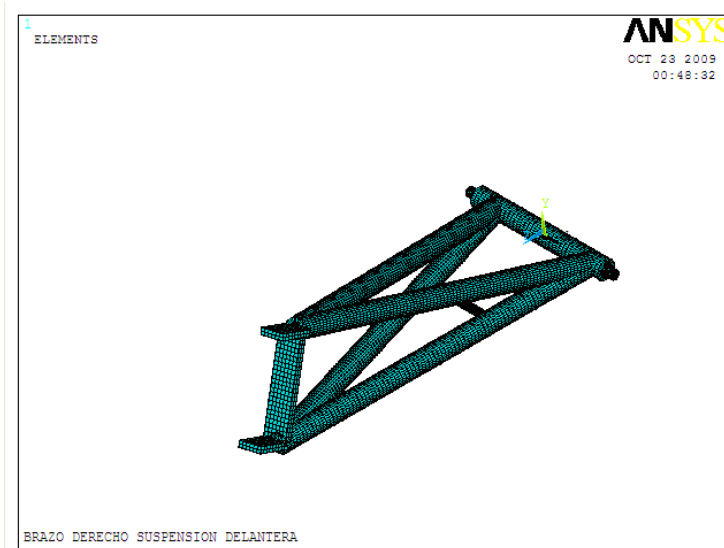
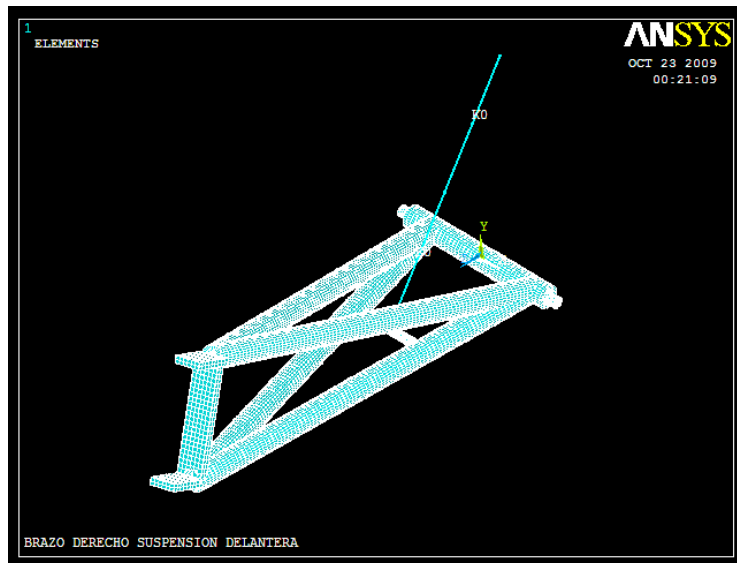
Otra dificultad es el no entendimiento del comportamiento de varios elementos las opciones y limitaciones del programa lo cual es necesario para hacer una elección inteligente de ellos. El resultado puede ser una pobre especificación del problema a resolver, una solución basada en condiciones de carga o de apoyo inapropiadas. El generador de malla automática hace que esto ocurra fácilmente al usar demasiados detalles finos.

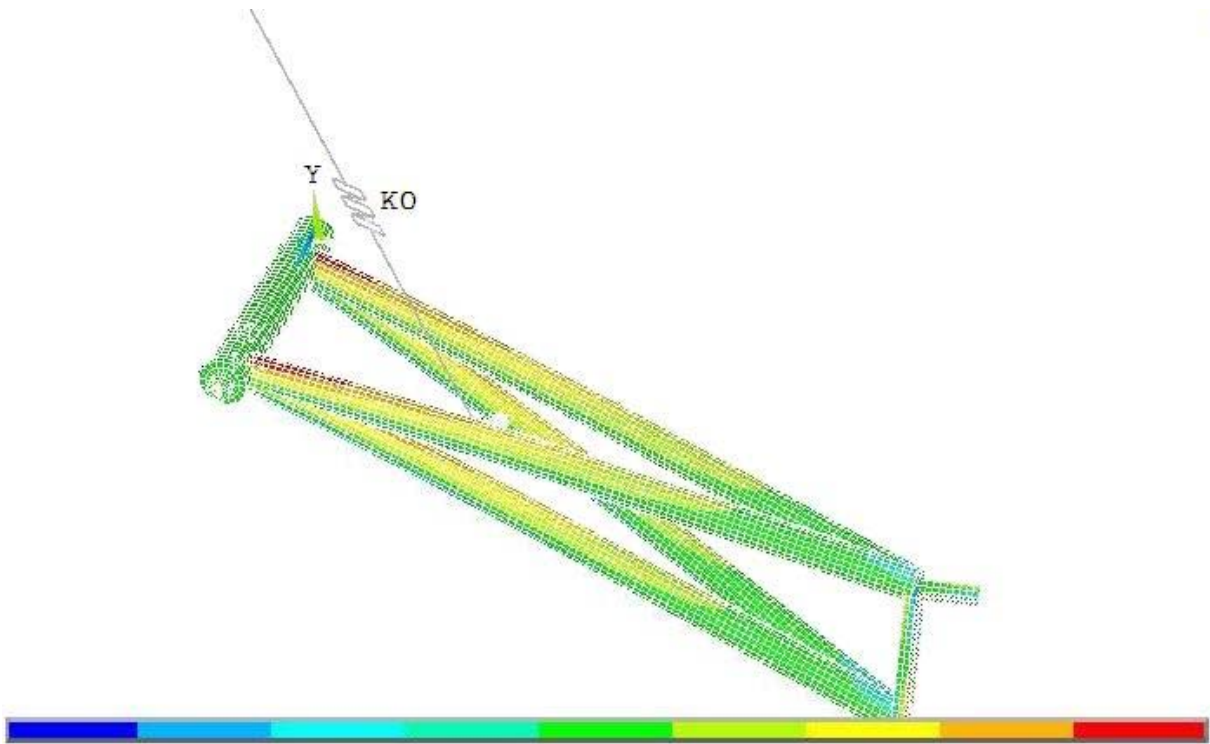
Los errores en el análisis por computadora pueden deberse a: el uso de un pobre mallado, la elección inapropiada del tipo de elemento la cedencia y el pandeo puede ser pasado por alto, las condiciones de apoyo pueden ser menospreciadas. El usuario debe recordar que una estructura no está obligada a comportarse como la computadora supone, a pesar de la expansión del programa como se observa al mostrar muchos dígitos en el resultado o como a veces se muestra en los resultados gráficos.

El rendimiento del elemento o mallas que trabaje bien en una situación puede trabajar mal en otra. El análisis debe entender cómo se comportan varios elementos en diferentes situaciones y debe entender la física del problema también que haga la elección inteligente de los elementos y la malla.

Cuando se discretiza un elemento o un medio, un analista puede elegir desde elementos simples de bajo orden tal como la barra de desplazamiento lineal, viga cuadrática, y cuadrilátero bilineal, o desde elementos de alto orden tal como los cuadráticos de lagrange y cuadriláteros de serendipiti.

Usualmente los esfuerzos son menos exactos que los desplazamientos. Una malla más fina es necesaria para análisis de esfuerzos que para desplazamientos y los esfuerzos no son considerados fidedignos si los desplazamientos son dudosos.





Figs. 25

Una vez que ya se tienen todos los parámetros para el análisis procedemos a la sección de solución en donde seleccionaremos la opción de resolver y current Is en donde se nos indicara si queremos llevar a cabo la solución y escogemos la opción Ok.

El programa comenzara la realización de la solución y a continuación aparecerá el cuadro de texto donde se indica que ha terminado de resolverlo.

Una vez realizada la solución procederemos al posprocesador en el cual podemos verificar los resultados y así escoger una opción para ver el comportamiento animado de nuestro modelo al ser sometido al análisis de esfuerzos.

En esta opción de animar los resultados hay varias animaciones o representación de los resultados por el tipo de análisis que determinamos que la mejor forma animada para nuestro modelo es en DOF solution la vista USUM.

Obtención de resultados

Una vez realizada la animación podemos verificar los resultados en un listado, escogiendo en la barra de menú la opción de list-results-nodal solution.

• CONCLUSION

Puedo concluir entonces que en el desarrollo de este proyecto, se intento introducir de manera seria y de acuerdo a los procedimientos de ingeniería vigentes conceptos y materias aprendidas en la carrera de ingeniería aeronáutica. Se utilizaron adecuadamente herramientas computacionales poderosas como, ANYS Inc. Y CATIA.

A través de estos medios se logro diseñar y especificar la suspensión, puntos a reforzar y el conjunto completo simulado antes de construir el prototipo.

Todo este trabajo concluyo satisfactoriamente con las metas y objetivos propuestos.

Se cumplió también con un objetivo de superación personal que involucra el adquirir habilidades casi profesionales en la construcción metal-mecánica y mano de obra especializada.

La experiencia adquirida en el desarrollo de este trabajo, nos indica que siempre es posible mejorar un diseño ya que cada vez que se intenta optimizar algún punto del proyecto aparece otro y no de menos importancia a analizar. Es por esta razón que en esta tesina se inatenta indagar, calcular y construir todo un sistema.

• BIBLIOGRAFÍA

- ✚ Ocaña Antonio.
Segunda Parte Tecnología del Automóvil.
CIE Inversiones Editoriales DOSSAT.
España.
2000

- ✚ J. M. Alonso Pérez
Mecánica del automóvil.
Paraninfo.
España.
2003

- ✚ Adelaido I. Matías Domínguez.
El Método Del Elemento Finito Mediante El Software ANSYS.
IPN Editoriales.
México.

- ✚ B.J. Hamrock, B. Jacobson y S.R. Schmid
Elementos de Máquinas.
McGraw Hill.
U.S.A
2000.

- ✚ www.ansys.com

- ✚ www.3ds.com/products/catia/welcome/

- ✚ students.sae.org/competitions/bajasae/