



Universidad Carlos III de Madrid
Escuela Politécnica Superior

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA

Departamento de Ingeniería Mecánica

PROYECTO FIN DE CARRERA

**“SIMULACIÓN VIRTUAL DE UNA
SUSPENSIÓN MULTIBRAZO EN
ENTORNO VRML”**

Autor:

D. Alexander Kevin García Martínez

Tutores:

Dra. Dña. Beatriz López Boada

Dra. Dña. María Jesús López Boada

Febrero 2011

AGRADECIMIENTOS

A mis tutoras de proyecto Beatriz López Boada y María Jesús López Boada, por su tiempo, dedicación y ayuda en el desarrollo de este proyecto.

A todos mis compañeros y amigos de universidad, especialmente a Alberto, Javi, Diego y David, sin olvidarme de Mesa, con el que he compartido mucho tiempo en la elaboración del proyecto, el cual nos ha hecho vivir muchas vivencias que han fortalecido nuestra amistad. A todos ellos les agradezco todos los buenos momentos que hemos vivido juntos y toda la ayuda que me han prestado a lo largo de la carrera.

A todas aquellas personas que me han prestado su ayuda a lo largo de mi ciclo universitario, en especial, a Ana, quien no solo me ha mostrado su apoyo en esta etapa si no que me ha servido de ejemplo a seguir, y Mario, quien me ha servido de gran ayuda a la hora de llevar a cabo el presente proyecto y demuestra que los amigos de la infancia siempre que se les necesite estarán a tu lado.

A mis amigos de toda la vida, Ernesto, Adrián, Miguel y Alejandro, quienes siempre me han apoyado en todas las cosas que he llevado a cabo y me demuestran día a día lo que es la amistad, gracias de verdad.

A Iris, una de las personas más importantes en mi vida, por estar siempre ahí y creer en mi hiciera lo que hiciera y fuera el momento que fuese. Gracias.

A mi hermanita Jéssica, por estar siempre a mi lado en los buenos y en los malos momentos. Yo siempre estaré al tuyo.

Por último, me gustaría darles las gracias a mis padres, a quienes les debo todo, no tengo palabras suficientes para describirlo. Por ello me gustaría dedicarles este proyecto fin de carrera a ellos.

GRACIAS.



ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1.- OBJETIVO DEL PROYECTO	3
1.2.- CONTENIDO DEL PROYECTO.....	4
CAPÍTULO 2: EL SISTEMA DE SUSPENSIÓN	5
2.1.- CONCEPTO Y NECESIDAD DE LA SUSPENSIÓN	6
2.1.1.- CONCEPTO DE MASA NO SUSPENDIDA	7
2.1.2.- FUNCIONES DE LA SUSPENSIÓN	8
2.2.- CONCEPTO Y NECESIDAD DE LA AMORTIGUACIÓN.....	9
2.3.- COMPONENTES DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN.....	11
2.3.1.- ELEMENTOS ELÁSTICOS	11
2.3.1.1.- MUELLE HELICOIDAL	11
2.3.1.2.- ELEMENTOS NEUMÁTICOS.....	13
2.3.1.3.- BALLESTAS.....	14
2.3.1.4.- BARRAS DE TORSIÓN	16
2.3.1.5.- BARRAS ESTABILIZADORAS	18
2.3.1.6.- ELASTÓMEROS.....	18
2.3.2.- AMORTIGUADORES	18
2.3.2.1.- HIDRÁULICOS.....	19
2.3.2.2.- DE GAS.....	22
2.3.2.3.- MECÁNICOS	23
2.3.3.- ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	23
2.3.3.1.- TRAPÉCIOS	23
2.3.3.2.- BRAZOS.....	25
2.3.3.3.- TIRANTES.....	25
2.3.3.4.- MANGUETAS	25
2.3.3.5.- RÓTULAS, ARTICULACIONES Y SILENTBLOCKS.....	26
2.4.- CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE SISTEMAS DE SUSPENSIÓN.....	27
2.4.1.- SEGÚN EL SISTEMA DE CONTROL.....	28
2.4.1.1.- SUSPENSIÓN PASIVA.....	28
2.4.1.2.- SUSPENSIÓN ACTIVA.....	29

2.4.1.3.- SUSPENSIÓN SEMIACTIVA.....	30
2.4.2.- SEGÚN LA GEOMETRÍA.....	32
2.4.2.1.- SUSPENSIONES RÍGIDAS	32
2.4.2.2.- SUSPENSIONES INDEPENDIENTES.....	36
2.5.- SISTEMA DE SUSPENSIÓN INDEPENDIENTE TIPO MULTIBRAZO .	43
CAPÍTULO 3: LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN APLICADAS A LA ENSEÑANZA	47
3.1.- LA ENSEÑANZA A TRAVÉS DE INTERNET	52
3.2.- APLICACIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL Y VRML EN LA ENSEÑANZA.....	53
CAPÍTULO 4: MODELADO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN MEDIANTE SOLID EDGE.....	57
4.1.- INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS CAD	58
4.2.- SOLID EDGE	63
4.3.- MODELADO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN MULTIBRAZO MEDIANTE SOLID EDGE.....	65
4.3.1.- UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA.....	65
4.3.2.- DISEÑO DE LAS PIEZAS DE LA SUSPENSIÓN.....	67
4.3.2.1.- OPERACIONES PRINCIPALES.....	68
4.3.2.2.- PROCESO DE DISEÑO	69
4.3.3.- PIEZAS DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN	73
CAPÍTULO 5: LA REALIDAD VIRTUAL	86
5.1.- HISTORIA	88
5.2.- TIPOS DE REALIDAD VIRTUAL	90
5.2.1.- SISTEMAS INMERSIVOS	90
5.2.2.- SISTEMAS SEMI-INMERSIVOS	91
5.2.3.- SISTEMAS NO INMERSIVOS.....	92
5.3.- EQUIPOS UTILIZADOS EN LA REALIDAD VIRTUAL.....	92
5.3.1.- PARA VISIÓN	92
5.3.2.- EQUIPOS EMPLEADOS PARA INTERACTUAR.....	94

5.3.3.- EQUIPOS EMPLEADOS PARA AUDICIÓN.....	94
5.4.- APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL.....	95
5.4.1.- REALIDAD VIRTUAL EN LA FÍSICA	96
5.4.2.- REALIDAD VIRTUAL EN CIENCIAS DE LA TIERRA	96
5.4.2.1.- VISUALIZACIÓN DE FENÓMENOS VOLCÁNICOS.....	96
5.4.2.2.- MODELADO DE RELIEVES TOPOGRÁFICOS.....	97
5.4.3.- REALIDAD VIRTUAL EN LA OCEANOLOGÍA.....	98
5.4.4.- REALIDAD VIRTUAL EN LA MEDICINA	99
5.4.4.1.- TRATAMIENTO PARA EL BIENESTAR DE PACIENTES CRÓNICOS Y TERMINALES.....	99
5.4.4.2.- SIMULACIÓN DE CIRUGÍAS VIRTUALES	99
5.4.5.- REALIDAD VIRTUAL EN LA PSICOLOGÍA	100
5.4.6.- REALIDAD VIRTUAL EN EL ARTE	100
5.4.7.- REALIDAD VIRTUAL EN LA ARQUITECTURA	101
5.4.8.- REALIDAD VIRTUAL EN EL ENTRETENIMIENTO.....	102
5.4.9.- REALIDAD VIRTUAL EN LA INGENIERÍA	103
5.4.9.1.- PROCESO DE ENSAMBLADO	103
5.4.9.2.- MANIPULACIÓN REMOTA DE ROBOTS	104
5.4.9.3.- PROTOTIPOS VIRTUALES.....	105
5.4.9.4.- PROTOTIPOS DE DISEÑO DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DE POLUCIÓN.....	105
5.5.- FUTURO DE LA REALIDAD VIRTUAL	106
CAPÍTULO 6: DISEÑO VIRTUAL DE LA SUSPENSIÓN.....	107
6.1.- TEORÍA VRML.....	108
6.2.- EL TRABAJO CON VRML.....	109
6.3.- DESARROLLO DE LA SUSPENSIÓN MULTIBRAZO EN EL MUNDO VIRTUAL	113
6.3.1.- INTRODUCCIÓN DE LAS PIEZAS EN EL MUNDO VIRTUAL.....	117
6.3.2.- MOVIMIENTOS DE LA SUSPENSIÓN	123
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	128
7.1.- CONCLUSIONES	129
7.2.- TRABAJOS FUTUROS	130
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Sistema de Suspensión Multibrazo.	3
Figura 2.1: Esquema de un sistema de suspensión.....	6
Figura 2.2: Sistema de suspensión de un Jaguar XF.....	8
Figura 2.3: Concepto de fenómeno oscilante.	9
Figura 2.4: Muelles helicoidales.	12
Figura 2.5: Características constructivas de un muelle.	12
Figura 2.6: Ubicación en un vehículo industrial de un cilindro de suspensión neumático.....	14
Figura 2.7: Montaje de la ballesta.	14
Figura 2.8: Suspensión por ballesta.	15
Figura 2.9: Ballesta.	16
Figura 2.10: Barra de torsión de la suspensión trasera de Fiat Stilo.	17
Figura 2.11: Barra de torsión longitudinal.....	17
Figura 2.12: Barra de torsión transversal.	17
Figura 2.13: Suspensión delantera tipo Mcpherson del Ford Mustang.	18
Figura 2.14: Componentes del amortiguador hidráulico telescópico.	19
Figura 2.15: Expansión y compresión de un amortiguador hidráulico telescópico.	20
Figura 2.16: Esquemas completos de un amortiguador monotubo y bitubo.....	21
Figura 2.17: Componentes de un amortiguador de gas.	22
Figura 2.18: Amortiguador mecánico.	23
Figura 2.19: Trapecios de un sistema de suspensión.	24
Figura 2.20: Ubicación de un trapecio en un sistema de suspensión.....	24
Figura 2.21: Brazo instalado en una suspensión.....	25
Figura 2.22: Fotografía de una mangueta de una suspensión.	26
Figura 2.23: Rótulas utilizadas en una suspensión.	27
Figura 2.24: Fotografía de un silentblock o casquillo.	27
Figura 2.25: Esquema de una suspensión pasiva.....	29
Figura 2.26: Esquema de una suspensión activa.....	30
Figura 2.27: Esquema de una suspensión semiactiva.	31
Figura 2.28: Esquema de una suspensión de eje rígido.	32
Figura 2.29: Esquema de una suspensión independiente.....	32
Figura 2.30: Sistema de suspensión trasera de eje rígido del Ford Mustang...	33
Figura 2.31: El eje rígido instalado en un Renault Espace.....	34
Figura 2.32: Sistema de suspensión de tipo eje Dion.	35
Figura 2.33: Suspensión de tipo eje torsional.....	36
Figura 2.34: Esquema de un sistema de suspensión mcpherson.	37
Figura 2.35: Suspensión mcpherson en el eje delantero de un Mazda.....	38
Figura 2.36: Esquema de una suspensión paralelogramo deformable.	39
Figura 2.37: Suspensión paralelogramo deformable instalada en el Audi R8. .	39
Figura 2.38: Esquema de una suspensión de brazos tirados.....	40

Figura 2.39: Suspensión multibrazo vista desde dos puntos de vista.	41
Figura 2.40: Sistema de suspensión multibrazo de un Audi.	42
Figura 2.41: Eje trasero Seat León.	43
Figura 2.42: Eje trasero Seat León.	43
Figura 2.43: Eje trasero Seat León.	44
Figura 2.44: Eje trasero Seat León.	44
Figura 2.45: Resorte y Amortiguador.	45
Figura 2.46: Mangueta.	45
Figura 2.47: Sistema de Suspensión Multibrazo.	46
Figura 4.1: Ventana inicial de Solid Edge.	65
Figura 4.2: Entorno Solid Edge	66
Figura 4.3: Herramientas para la creación del boceto.	69
Figura 4.4: Brazo de sujeción del resorte.	70
Figura 4.5: Creación Brazo de sujeción del resorte I.	70
Figura 4.6: Creación Brazo de sujeción del resorte II.	71
Figura 4.7: Creación Brazo de sujeción del resorte III.	71
Figura 4.8: Creación Brazo de sujeción del resorte IV(a).	72
Figura 4.9: Creación Brazo de sujeción del resorte IV(b).	72
Figura 4.10: Creación Brazo de sujeción del resorte V.	72
Figura 4.11: Creación Brazo de sujeción del resorte.	73
Figura 4.12: Neumático.	74
Figura 4.13: Llanta.	74
Figura 4.14: Tornillo Neumático.	74
Figura 4.15: Conjunto Neumático Llanta.	75
Figura 4.16: Disco de Freno.	75
Figura 4.17: Pinza de Freno.	76
Figura 4.18: Pieza de unión con la llanta.	76
Figura 4.19: Rodamiento.	76
Figura 4.20: Conjunto Freno de Disco.	77
Figura 4.21: Brazo Recto.	77
Figura 4.22: Brazo Curvo.	78
Figura 4.23: Mangueta.	78
Figura 4.24: Resorte.	78
Figura 4.25: Brazo Sujeción Resorte.	79
Figura 4.26: Silentblock.	79
Figura 4.27: Tornillos y tuerca.	80
Figura 4.28: Tapas.	80
Figura 4.29: Unión Amortiguador - Chasis.	80
Figura 4.30: Tubos Amortiguador.	81
Figura 4.31: Recubrimientos Amortiguador.	81
Figura 4.32: Conjunto Suspensión (1).	81
Figura 4.33: Conjunto Suspensión (2) / Amortiguador.	82
Figura 4.34: Conjunto Suspensión.	82
Figura 4.35: Conjunto Total desde diferente vistas.	83

Figura 4.36: Conjunto Sistema de Suspensión Multibrazo.....	84
Figura 4.37: Sistema de Suspensión Multibrazo.	84
Figura 4.38: Conjunto Sistema de Suspensión Multibrazo.....	85
Figura 5.1: Realidad virtual inmersiva.	91
Figura 5.2: Realidad virtual semi-inmersiva.....	91
Figura 5.3: Realidad virtual no inmersiva.	92
Figura 5.4: Casco estereoscópico.	93
Figura 5.5: Guante virtual.	94
Figura 5.6: Convoltrón.	95
Figura 5.7: Fluido de partículas.	96
Figura 5.8: Simulación de una erupción volcánica.	97
Figura 5.9: Modelado de relieve topográfico.	98
Figura 5.10: Realidad virtual oceánica.	98
Figura 5.11: Realidad virtual en la cirugía.	99
Figura 5.12: Foto real de un museo.	101
Figura 5.13: Realidad virtual del museo.	101
Figura 5.14: Edificio virtual creado en VRML.	102
Figura 5.15: Realidad virtual en los videojuegos.	103
Figura 5.16: Proceso de ensamblado.....	104
Figura 5.17: Robot de manipulación.....	105
Figura 6.1: Vistas del conjunto Mangueta.	114
Figura 6.2: Amortiguador (I).	114
Figura 6.3: Amortiguador (II).	114
Figura 6.4: Resorte.....	115
Figura 6.5: Brazo Resorte.	115
Figura 6.6: Brazo curvo.	115
Figura 6.7: Brazo recto.	116
Figura 6.8: Vistas del conjunto Neumático.	116
Figura 6.9: Conjunto Total.	117
Figura 6.10: Movimiento de la Suspensión (I).	126
Figura 6.11: Movimiento de la Suspensión (II).	126
Figura 6.12: Movimiento de la Suspensión (III).	126
Figura 6.13: Movimiento de la Suspensión (IV).	127
Figura 6.14: Movimiento de la Suspensión (V).	127

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN

Desde que se inventaron los primeros medios de transporte, se ha intentado hacerlos cada vez más seguros y cómodos para los pasajeros. Uno de los sistemas más eficaces que consiguen ambas cosas es el sistema de suspensión de los vehículos.

El sistema de suspensión tiene la característica de afectar tanto a la seguridad de marcha del propio vehículo, como a la comodidad de sus ocupantes. Este es el motivo de que todos los fabricantes dediquen grandes inversiones a la mejora de los elementos que componen el sistema de suspensión, como a la búsqueda de otros sistemas.

Debido a la importancia de estos sistemas, la industria automovilística utiliza herramientas informáticas para llevar a cabo el diseño, simulación y modelado de sistemas mecánicos, hasta el punto de no imaginarse cómo sería esta industria sin los programas de diseño asistido por ordenador. En las últimas décadas gracias al gran desarrollo producido por los ordenadores, las herramientas informáticas han experimentado un gran avance, siendo de gran utilidad en el sector.

Al referirse al ámbito de la enseñanza, debemos hacer hincapié en Las Nuevas Tecnologías, las cuales aportan un nuevo reto al sistema educativo, que consiste en pasar de un modelo unidireccional de formación, donde, por lo general, los saberes recaen en el profesor o en los libros de texto, a modelos más abiertos y flexibles, donde la información situada en grandes bases de datos, tiende a ser compartida entre diversos alumnos.

En concreto, la Realidad Virtual se puede definir como una tecnología especialmente adecuada para la enseñanza, debido a su facilidad para captar la atención de los estudiantes mediante la inmersión del alumno en mundos virtuales relacionados con cualquier rama del aprendizaje. Lo que puede ayudar en la enseñanza de los contenidos de cualquier materia.

Gracias a las herramientas que ofrecen los programas de diseño por ordenador, así como el avance que existe en la realidad virtual, se ha podido simular un prototipo de suspensión multibrazo en movimiento que permite observar su comportamiento. De este modo se ve y se comprende cómo actúa

el sistema de suspensión de un coche pudiendo ser una herramienta complementaria a la enseñanza o formación.

1.1.- OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es realizar el movimiento del sistema de suspensión independiente tipo multibrazo de un vehículo (Figura 1.1), mediante técnicas virtuales.

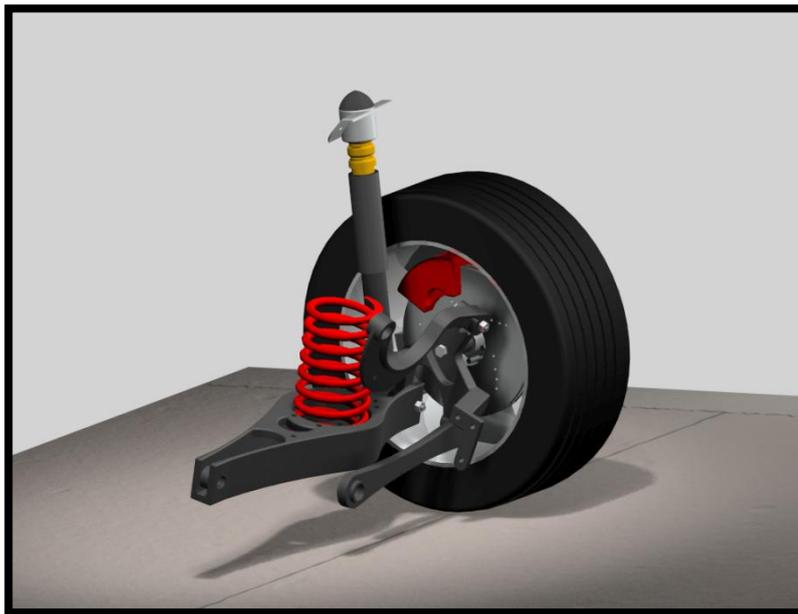


Figura 1.1: Sistema de Suspensión Multibrazo.

Gracias a esto se pretende facilitar la comprensión del comportamiento de estos elementos de seguridad pasiva, así como motivar y atraer la atención de los estudiantes a través de gráficos tridimensionales de calidad y del alto grado de interactividad ofrecida por los sistemas virtuales.

Para ello, se integran las herramientas de diseño asistido por ordenador en 3D, como el programa *Solid Edge*, con las que se diseñarán las piezas de la suspensión, con las simulaciones virtuales mediante el sistema VRML, el cual permite, con una simple conexión a Internet, la construcción de esos espacios virtuales de los que se habla.

1.2.- CONTENIDO DEL PROYECTO

En este apartado se realiza una breve descripción del contenido de cada uno de los capítulos de este proyecto, con la intención de explicar la lógica de su organización.

El proyecto se ha dividido en ocho capítulos, el primero de los cuales es esta INTRODUCCIÓN en la que se explica de forma general el tema del proyecto así como los objetivos planteados.

En el segundo capítulo, EL SISTEMA DE SUSPENSIÓN, se define en qué consiste un sistema de suspensión, sus partes, los diferentes tipos que hay y su funcionamiento, haciendo más hincapié en el sistema de suspensión que concierne a este proyecto.

En el capítulo tercero, LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN APLICADAS A LA ENSEÑANZA, se trata de dar una visión sobre el estado actual de la inmersión de las nuevas tecnologías en los diferentes campos de la enseñanza.

En el cuarto capítulo, MODELADO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN MEDIANTE SOLID EDGE, se inicia con una explicación de una manera genérica de los principales sistemas de diseño asistido por ordenador (CAD) y más concretamente *Solid Edge*, para luego presentar una descripción de cómo se han creado las piezas que componen la suspensión objeto de este proyecto.

En el quinto capítulo, LA REALIDAD VIRTUAL, se hace una descripción detallada de en qué consiste la Realidad Virtual y sus diferentes usos dentro de la enseñanza.

El capítulo sexto, DISEÑO VIRTUAL DE LA SUSPENSIÓN, en su primera parte desarrolla el funcionamiento del lenguaje VRML, para luego presentar la metodología y la programación del mismo para la creación de los mundos virtuales objeto de este proyecto.

El séptimo capítulo, CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS, presenta las conclusiones a las que se ha llegado durante la realización del proyecto.

CAPÍTULO 2:

EL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

2.1.- CONCEPTO Y NECESIDAD DE LA SUSPENSIÓN

La palabra suspensión, aplicada en Automoción, define la situación en que se encuentran uno o más cuerpos (componentes del vehículo) respecto de otro principal, que es el propio vehículo en sí. En particular, cuando se habla de suspensión en un vehículo, se hace referencia al hecho de que sus ruedas y ciertos componentes anexos a las mismas están suspendidos del resto del vehículo. También se puede afirmar, en sentido contrario, tal y como se considera, que la carrocería va suspendida de las ruedas y sus elementos anexos. Es decir, que no van unidos de forma rígida al mismo, sino que permiten movimientos relativos entre ellos. Así, cuando una rueda en conjunto con sus elementos anexos y el resto de vehículo (carrocería) se alejan entre sí, se dice que la suspensión está trabajando a extensión. Por el contrario, cuando la rueda y la carrocería se acercan entre sí, es porque la suspensión está trabajando a compresión. En la figura 2.1, que se muestra a continuación, se observa de un modo esquemático como es un sistema de suspensión [1].

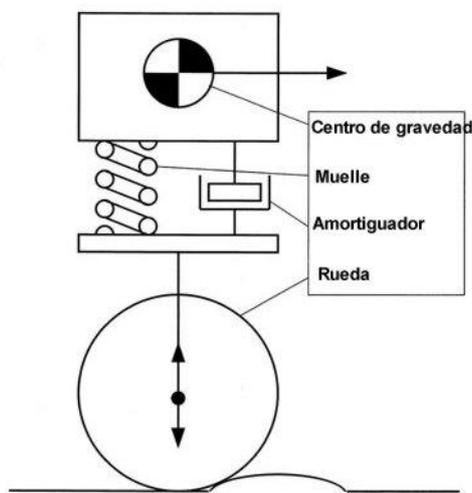


Figura 2.1: Esquema de un sistema de suspensión.

Para evitar que la fuerza de la gravedad provoque el acercamiento máximo entre la rueda y la carrocería se intercala entre ambos componentes un elemento elástico, como puede ser un muelle, que es el sistema más empleado, aunque no el único, de tal manera que su resistencia a la deformación mantenga a la carrocería “**en suspensión**”. La idea básica es que

el elemento elástico permita a la rueda recuperar su posición original, tras su movimiento de compresión, es decir, forzar el movimiento de extensión.

Al mismo tiempo, dicho elemento elástico debe permitir a la rueda un cierto movimiento de extensión desde su posición original de reposo, para así poder absorber accidentes del terreno tales como baches u ondulaciones. Por el contrario, la suspensión trabajará a compresión ante la presencia de resaltes u otro tipo de accidentes similares. En la práctica se combinan ambos tipos de movimientos, dado el carácter oscilatorio de los elementos elásticos, por lo que a un movimiento de extensión le sigue uno de compresión y viceversa, hasta recuperar su posición de reposo. Se considera que un elemento elástico es de tarado blando, cuando la fuerza a ejercer para deformarlo no es muy alta, sobre todo si se compara con otro de tarado duro, el cual requiere de un mayor esfuerzo para ser deformado.

2.1.1.- CONCEPTO DE MASA NO SUSPENDIDA

En el automóvil, tal y como se ha comentado anteriormente, se considera que la carrocería está suspendida de las ruedas, de tal forma que a éstas últimas (con sus elementos anexos) se las denomina masa no suspendida. Así por tanto, se considera como tales a las ruedas, las manguetas, los bujes, los elementos de suspensión, frenos..., y en general, todo lo que oscila con las ruedas en los movimientos de aproximación y alejamiento entre éstas y la carrocería. Por otra parte, al resto del vehículo (generalizado como carrocería) se le denomina masa suspendida. Inexorablemente, se cumple que cuanto menor sea el peso de las masas no suspendidas, mejor será el funcionamiento del sistema de suspensión.

En la figura 2.2 se muestra la distribución de los elementos que conforman la masa no suspendida en un sistema de suspensión de un automóvil, así como su disposición en el propio vehículo.



Figura 2.2: Sistema de suspensión de un Jaguar XF.

2.1.2.- FUNCIONES DE LA SUSPENSIÓN

En cuanto a la necesidad de la suspensión en un vehículo, ésta viene dada por las tres funciones que desarrolla, las cuales se citan a continuación:

- Función de mejora del confort: la primera función que cumple el sistema de suspensión es la de evitar, en la medida de lo posible, que las irregularidades del terreno por el que el vehículo circula se transmitan al mismo, mejorando de este modo la comodidad de los ocupantes, al tiempo que se optimiza la marcha del propio vehículo, al impedir que repercutan en el mismo las citadas irregularidades del terreno.
- Función de protección del propio vehículo: al impedir que se transmitan las irregularidades del terreno se consigue que la estructura de la carrocería no se resienta. Por ello, es posible diseñarla de una forma mucho menos resistente, y por tanto más liviana.
- Función estabilizadora: esta función se lleva a cabo al absorber gran parte de la fuerza centrífuga que se genera durante los cambios de dirección, evitando, mediante la deformación de los elementos elásticos, que dicha fuerza se transmita íntegramente a las ruedas. Esto permite descargar trabajo a los neumáticos, elevando el límite de adherencia y evitando balanceos. En esta labor se ve respaldada por un elemento auxiliar, no siempre presente, denominado barra estabilizadora. Esta función se contrapone con la mejora del confort, ya que ambas dependen del grado de dureza o tarado dispuesto en los elementos

Las ruedas, en sus movimientos oscilantes, perderían el contacto con el pavimento, lo cual traería consigo las siguientes desventajas:

- Falta de direccionalidad.
- Incremento de las distancias de frenada.
- Además, la comodidad se vería resentida, dados los continuos vaivenes a que se verían sometidos los ocupantes.

De lo anterior se deduce la necesidad de disponer un sistema que frene las citadas oscilaciones. Ello se ve resuelto con el empleo de los llamados amortiguadores, de los que se suelen montar uno por rueda (algún vehículo lleva dos por rueda en algún eje), de forma próxima o conjunta al elemento elástico, según la disposición empleada.

Por tanto, el sistema de amortiguación cumple la función de evitar las oscilaciones, que por su propia naturaleza, así como por la inercia del vehículo, ejerce el elemento elástico encargado del sistema de suspensión, cuando se ve sometido a una flexión. Actúa pues como un transformador de energía, recogiendo la energía cinética generada en los movimientos propios de la suspensión, y transformándola en calor. Bajo este principio de funcionamiento trabajan todos los amortiguadores, independientemente del tipo que sean.

Según los experimentos llevados a cabo por especialistas, el umbral de la comodidad en un vehículo está en torno a 60 oscilaciones por minuto, o lo que es lo mismo, una oscilación por segundo. Por debajo de esa cifra aparece en los ocupantes la sensación de mareo, e incluso vértigo. Por encima de la misma, las oscilaciones provocan reacciones de excitación en el sistema nervioso. Para ello, el tarado del amortiguador debe estar en consonancia con las características del muelle, y éste a su vez con el peso que soporta el vehículo, así como con las prestaciones que desarrolle. En general, un tarado duro de muelle (o cualquier otro tipo de elemento elástico), precisa de un tarado duro de amortiguador, dado que las oscilaciones son de mayor frecuencia.

2.3.- COMPONENTES DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Los componentes que conforman un sistema de suspensión se dividen en elementos elásticos, amortiguadores y elementos estructurales. A continuación se explica cada uno de ellos más a fondo [1, 3, 4].

2.3.1.- ELEMENTOS ELÁSTICOS

Es el componente, con cuya deformación se permiten los movimientos relativos entre la rueda y la carrocería, al tiempo que evita que ésta se quede permanentemente en la posición de máxima compresión, por efecto del peso del vehículo. Absorbe también la energía producida por los impactos generados por las irregularidades del terreno, así como por la fuerza centrífuga que surge al abordar el vehículo una curva. Dicha energía es devuelta posteriormente en el movimiento de extensión, al recuperar las ruedas su posición inicial. Por el contrario, el peso que gravita sobre las ruedas, hace que éstas recuperen su posición inicial cuando se realiza un movimiento de extensión.

2.3.1.1.- MUELLE HELICOIDAL

Está formado por un hilo de acero, cuyo diámetro oscila entre 8 y 20 mm en automóviles de turismo, el cual se dispone enrollado en espiral, en torno a un eje imaginario y teórico, trabajando pues a torsión. A pesar de ser un hilo único, en su vista lateral se aprecia su disposición en espiras. En los extremos se dispone de forma aplanada, para facilitar su asentamiento en sus respectivos alojamientos. Las características del muelle, de las cuales la más importante es la dureza, que es la resistencia a ser deformado, vienen dadas por los siguientes factores:

- Longitud.
- Diámetro de las espiras.
- Coeficiente elástico del acero empleado en su fabricación.
- Gradiente.
- Diámetro del hilo.

En la figura 2.4 se aprecia como en el extremo de las espiras de los muelles, tanto en la zona superior como en la inferior, se hacen planas para tener un buen asiento. Por otro lado, en la figura 2.5 se muestran las características principales para la construcción de un muelle.

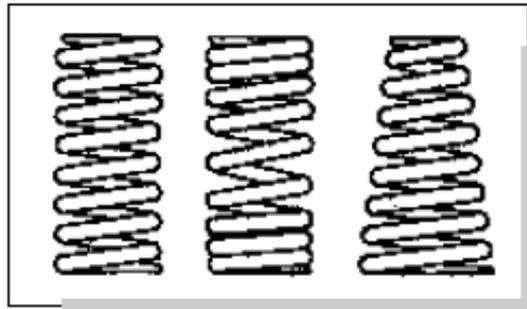


Figura 2.4: Muelles helicoidales.

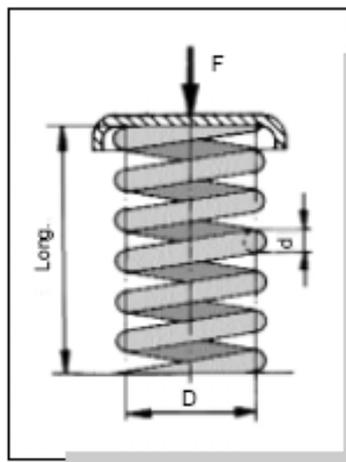


Figura 2.5: Características constructivas de un muelle.

En función de todos los factores citados, se establece la curva característica de cada muelle, la cual relaciona su recorrido con la fuerza a ejercer para efectuar dicho recorrido. Dicha curva es siempre una línea recta, lo cual no siempre satisface los requisitos exigidos al muelle para officiar como elemento elástico, por cuanto su grado de dureza es excesivo en la primera parte del recorrido y blando en la última, optándose siempre por una solución de compromiso. Para una misma carga soportada, un muelle blando se deformará mucho más que uno cuyo tarado sea más duro. De igual forma, para una misma deformación o recorrido, siempre será mayor la fuerza a ejercer sobre un muelle duro respecto a uno blando.

Los muelles presentan una serie de ventajas como elementos elásticos, las cuales se citan a continuación:

- Gran facilidad de ubicación, ya que pueden ir montados en posición horizontal, vertical e inclinada, lo cual les hace muy útiles para su empleo en sistemas independientes.
- Idoneidad para su empleo en el tren delantero, al no condicionar el giro de las ruedas directrices en su orientación.
- También poseen una gran sencillez constructiva, lo cual repercute en su ligereza y efectividad.
- Por el contrario, adolecen de falta de rigidez transversal, lo cual obliga a disponer elementos de guiado de la rueda en sus movimientos oscilatorios.

2.3.1.2.- ELEMENTOS NEUMÁTICOS

Formados por unas cápsulas herméticas de caucho con estructura metálica rellenas de gas a presión, generalmente aire en los sistemas empleados en vehículos industriales, y nitrógeno en los sistemas hidroneumáticos. Presentan múltiples ventajas como pueden ser:

- Facilidad de variar su grado de dureza, al modificarse la presión del aire contenido en su interior, de tal forma que a mayor presión, más dureza.
- Curva de flexibilidad variable y progresiva, ya que el aire, cuanto más comprimido, más esfuerzo requiere realizar para seguir comprimiéndolo, aumentando por tanto su tarado en la parte final del recorrido. Su eficacia en este aspecto está muy por encima de la de cualquier muelle de paso o diámetro de espiras variable (un tipo de muelle helicoidal).

En la figura 2.6 se muestra la ubicación de un cilindro de una suspensión neumática en un vehículo industrial.



Figura 2.6: Ubicación en un vehículo industrial de un cilindro de suspensión neumático.

2.3.1.3.- BALLESTAS

Están formadas por una serie de hojas o láminas de acero (ocasionalmente fibra) con propiedades elásticas, dispuestas con longitud decreciente a partir de la hoja principal, denominada hoja maestra. Su forma posee cierta curvatura en forma semielíptica, si bien tienden a montarse cada vez más las de hojas planas. Las ballestas convencionales van sujetas a la carrocería o chasis por medio de la citada hoja maestra, para lo cual ésta posee en los extremos unas fijaciones circulares formadas por la prolongación de la propia hoja. En las mismas, se disponen unos bulones, montados sobre casquillos de bronce o silentblocks, que permiten la pivotación del conjunto, al flexionar la hoja como consecuencia de la absorción de alguna carga o irregularidad. Para compensar las variaciones de longitud que experimenta la hoja maestra al deformarse, en uno de los extremos se dispone una fijación articulada denominada gemela. En la figura 2.7 se representa los distintos elementos para el montaje de una ballesta.

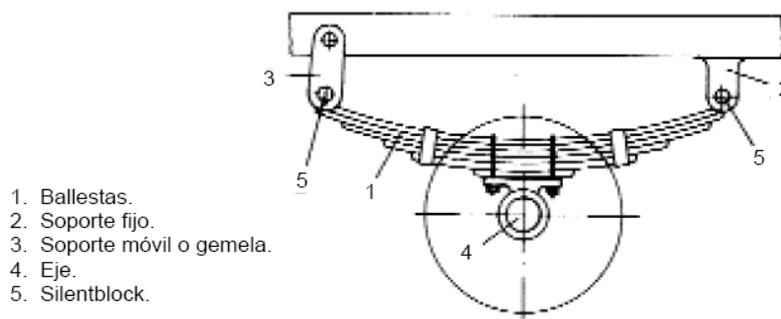


Figura 2.7: Montaje de la ballesta.

En su parte inferior, sobre la hoja más pequeña, va apoyado el eje que une ambas ruedas, realizándose la fijación mediante dos abrazaderas ubicadas a ambos lados del citado eje, y atornilladas en sus extremos al mismo (o a un soporte solidario a él), las cuales mantienen unidas todas las hojas, permitiendo no obstante el deslizamiento entre las mismas al deformarse. Estas abrazaderas son conocidas como abarcones. En otros casos, es la ballesta la que se ubica por debajo del eje, siendo por lo demás la fijación similar. También se pueden disponer en posición invertida, de tal forma que la hoja maestra va ubicada en la parte inferior, situándose la hoja de menor longitud en la parte superior.

A su vez, por su parte central, van unidas por un perno pasante que une todas las hojas en sentido perpendicular a las mismas, el cual recibe el nombre de capuchino. En la figura 2.8 se muestra la ubicación de la ballesta sobre el vehículo y los elementos sobre los que está montado.

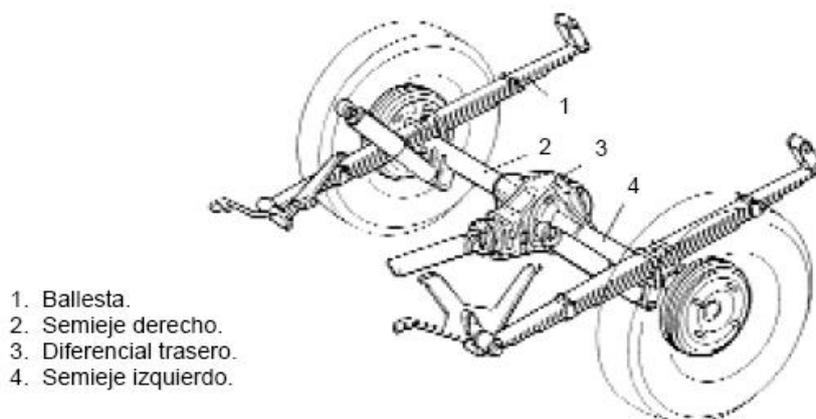


Figura 2.8: Suspensión por ballesta.

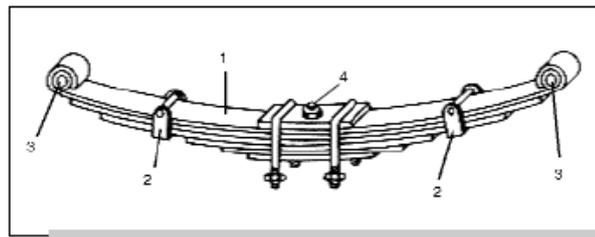
Por tanto, las ballestas basan su elasticidad en la del propio acero de las hojas que las conforman, para lo cual éstas sufren deformaciones en sentido perpendicular a su eje longitudinal.

Las ballestas presentan en general una serie de aptitudes como elementos elásticos, las cuales se citan a continuación:

- Sólo se deforman en un sentido (vertical), lo cual permite prescindir de elementos de guiado, siendo las propias ballestas las que cumplen la citada función de guiado y sujeción del eje.

- Por otra parte, son económicas y fáciles de fabricar, permitiendo además ser reparadas, al admitir la posibilidad de sustituir la hoja u hojas dañadas, así como volver a dar curvatura a las mismas.
- Por el mismo motivo, puede modificarse su tarado, añadiendo o quitando hojas.
- Destacar también, que el rozamiento entre las hojas, dota al conjunto de un cierto efecto amortiguante.
- Como inconvenientes, señalar su pesadez y necesidad de mantenimiento periódico, ya que es necesario engrasar las hojas para evitar su oxidación y agarrotamiento.
- Asimismo, por su disposición constructiva, no permite grandes recorridos de suspensión.

En la figura 2.9, se observa cómo es una ballesta.



Ballesta.

Figura 2.9: Ballesta.

2.3.1.4.- BARRAS DE TORSIÓN

En este sistema de suspensión, la elasticidad se consigue mediante la torsión de una barra de sección circular, sujeta en uno de sus extremos al chasis o carrocería, y solidaria en el otro extremo a un brazo de suspensión giratorio. Así, al estar el otro extremo del brazo de suspensión unido a la rueda, las irregularidades del terreno hacen que la misma se aproxime al eje o a la carrocería, produciéndose un movimiento de traslación en la rueda, en torno al eje de pivotamiento del brazo de suspensión. Dado que dicho brazo es solidario a un extremo de la barra de torsión y que ésta está fijada a la carrocería por su otro extremo, la citada barra se retuerce, revira o torsiona. Por su propia elasticidad, cuando cesa la fuerza que la mantiene revirada, la rueda recupera su posición original, al igual que ocurre con los otros tipos de

elementos elásticos. En la figura 2.10 se observa un ejemplo de la utilización de una barra de torsión en un sistema de suspensión.



Figura 2.10: Barra de torsión de la suspensión trasera de Fiat Stilo.

En unos casos, las barras se disponen de forma concéntrica a sus ejes de giro, mientras que en otro realizan un cierto movimiento de traslación en el lado rueda, que se suma al de torsión, dada la disposición excéntrica de las barras respecto al eje de giro de los brazos.

La disposición de las barras de torsión puede darse de dos maneras diferentes:

- Según como se muestra en la figura 2.11, paralelo al eje longitudinal del vehículo.

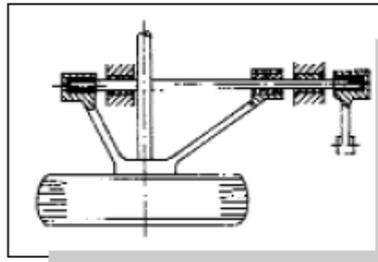


Figura 2.11: Barra de torsión longitudinal.

- De forma transversal al eje longitudinal del vehículo (Figura 2.12).

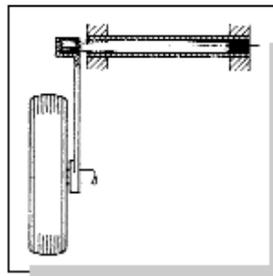


Figura 2.12: Barra de torsión transversal.

2.3.1.5.- BARRAS ESTABILIZADORAS

Su principio de funcionamiento es similar al de las barras de torsión, si bien presenta modificaciones en cuanto a su disposición, así como en sus aplicaciones. En principio no es un elemento del sistema de suspensión propiamente dicho, aunque absorbe la fuerza centrífuga que se genera en las curvas, si bien su funcionamiento interfiere en el mismo, debiéndose conjugar el tarado de los elementos elásticos, con la acción de la barra estabilizadora. En la figura 2.13 se enseña la ubicación de la barra estabilizadora en una suspensión delantera Mcpherson.



Figura 2.13: Suspensión delantera tipo Mcpherson del Ford Mustang.

2.3.1.6.- ELASTÓMEROS

Sistema poco utilizado en turismos y vehículos pesados, empleándose tan sólo en algún ciclomotor económico y en algunas horquillas delanteras de bicicletas de montaña. Su inclusión en este apartado está justificada, porque los topes utilizados en los amortiguadores para evitar el contacto entre superficies metálicas, cuando se llega al tope en compresión, cumplen parcialmente la función de elementos elásticos.

2.3.2.- AMORTIGUADORES

Es necesario absorber las oscilaciones generadas por la propia naturaleza de los elementos elásticos utilizados en el sistema de suspensión. Para ello se disponen los amortiguadores, los cuales transforman la energía cinética en calorífica, utilizándose para ello diversos sistemas.

Los amortiguadores se pueden agrupar dentro de las variantes que se describen a continuación.

2.3.2.1.- HIDRÁULICOS

Su funcionamiento está basado en la retención producida al hacer pasar un líquido de viscosidad determinada por uno o más conductos de pequeño diámetro. El citado líquido resulta ser un aceite de tipo mineral (aunque también se utiliza el sintético en modelos de rango superior) con aditivos antiespumantes. Estos aceites deben poseer un alto índice de viscosidad (capacidad de conservar el grado de viscosidad al variar la temperatura), de tal forma que ésta influya lo menos posible en su grado de viscosidad, ya que cuanto más bajo sea éste menos será el efecto de frenado en el amortiguador. A su vez, existen diversos tipos:

- Telescópicos: son, con diferencia, los más empleados. En ellos se dispone un cilindro lleno de aceite, por cuyo interior se desliza un pistón solidario a un vástago. El vástago va fijado a la carrocería y el cilindro a la rueda, a través del elemento de suspensión. Ocasionalmente se invierte esta disposición. El conjunto formado por el cilindro, el émbolo y su vástago, constituyen la unidad telescópica. Dicho émbolo dispone de unos orificios, controlados por válvulas unidireccionales, de tal forma que a compresión, el aceite sólo pasa por uno de los orificios (o más si son del mismo tipo), mientras que a extensión, el aceite pasa por un orificio u orificios de distinto tipo.

En las figuras 2.14 y 2.15 se presentan amortiguadores telescópicos, mostrando sus componentes y sus movimientos.

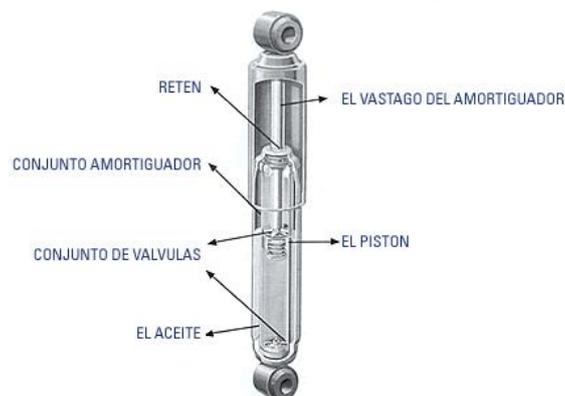


Figura 2.14: Componentes del amortiguador hidráulico telescópico.

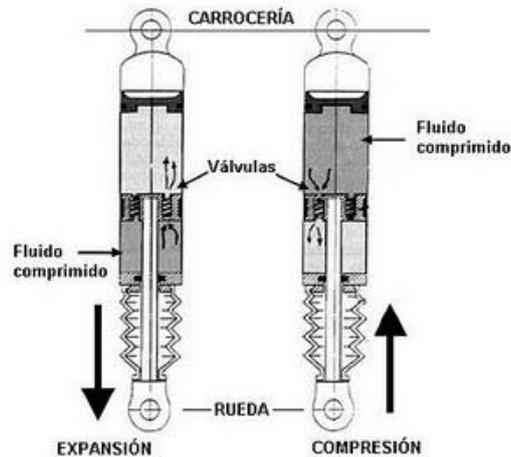


Figura 2.15: Expansión y compresión de un amortiguador hidráulico telescópico.

El empleo de las válvulas unidireccionales permite disponer orificios de distinto diámetro para extensión y compresión, lo cual tiene la ventaja de poder independizar el tarado o efecto de retención en ambas circunstancias. Aproximadamente, el efecto de retención a compresión viene a ser la mitad del que se dispone a extensión. A este tipo de amortiguadores, por otra parte los más empleados, se les denomina de doble efecto. A los que solo disponen de retención a extensión se les denomina de simple efecto, disponiendo para ello de una válvula de grandes dimensiones que apenas ralentiza el paso del aceite a compresión. Son muy pocos utilizados hoy en día. Para conseguir la estanqueidad en el émbolo se recurre a un retén, que se ve auxiliado en su función por el propio aceite.

A los amortiguadores que emplean una disposición de dos cámaras separadas por el émbolo deslizante se les denomina monotubo. Por otro lado, se encuentran los denominados amortiguadores bitubo, los cuales tienen como principal diferencia con los amortiguadores de un solo tubo, la presencia de una tercera cámara o cámara exterior. Esta tercera cámara se dispone alrededor de la inferior, concéntrica con la misma, rodeándola, y comunicándose ambas mediante unas válvulas unidireccionales. Lo que consigue esta cámara exterior es que durante la compresión, al ser mayor el volumen desalojado por la cámara inferior, por no contar con la presencia del vástago que limita su sección, el

aceite que no puede pasar a la cámara superior, por ser menor el volumen desalojado, pasa a la cámara exterior. Durante la extensión, el proceso se invierte, llenándose la cámara inferior con el aceite procedente de las otras dos cámaras. La figura 2.16 muestra los esquemas de un amortiguador monotubo y un amortiguador bitubo.

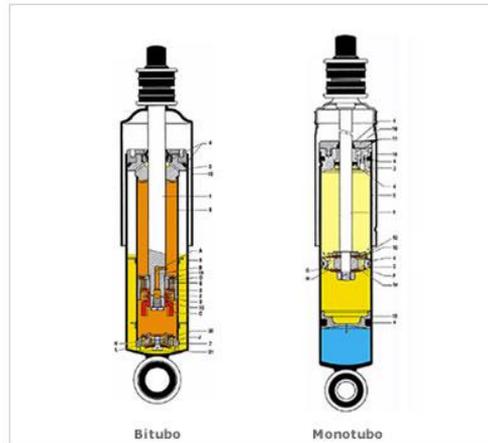


Figura 2.16: Esquemas completos de un amortiguador monotubo y bitubo.

El logro de poner una tercera cámara es el de solventar el problema que presentan los amortiguadores monotubo, en los cuales existen dos cámaras a ambos lados del embolo, pero con la salvedad de que las variaciones de volumen no se producen por igual a ambos lados.

- Giratorios: en este caso las cámaras en las que se producen las variaciones de volumen, aprovechadas para utilizar el paso de aceite entre ambas, generando un efecto de frenado o ralentización en el mismo, se disponen en un soporte de forma circular, de tal manera que cada cámara posee forma semicircular. Entre ambas cámaras, se disponen unas válvulas unidireccionales con tarados específicos (distintos entre sí en compresión y extensión). La circulación del aceite entre ambas cámaras se lleva a cabo forzada por unas paletas giratorias, ubicadas una en cada cámara, estando unido el elemento giratorio que las acciona al elemento de suspensión que oscila con la rueda.
- De balancín: sistema muy poco empleado, en el que se dispone una palanca o balancín solidaria a la rueda a través del correspondiente elemento de suspensión, la cual acciona con su extremo un émbolo, que

se desplaza hacia sendas cámaras ubicadas a ambos lados de la citada palanca, y por tanto del émbolo. Cada cámara trabaja en un sentido, disponiéndose una para extensión y otra para compresión. En los extremos de cada cámara se disponen las válvulas por las que pasa el aceite.

2.3.2.2.- DE GAS

Es una variante de los amortiguadores hidráulicos, con similar disposición y principio de funcionamiento, diseñados a partir de los de tipo telescópico monotubo. Las diferencias comienzan con la disposición de un émbolo flotante en la cámara inferior, en el extremo opuesto al émbolo deslizante. Al otro lado del émbolo flotante, y separado de la cámara inferior y del aceite del mismo, se dispone un depósito de gas (generalmente nitrógeno).

La figura 2.17 muestra el esquema de un amortiguador de gas con sus diferentes componentes.

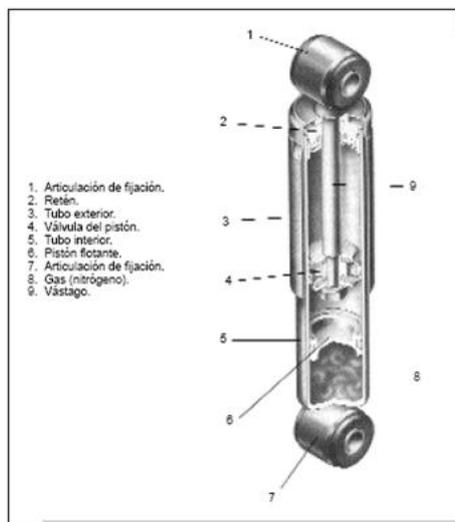


Figura 2.17: Componentes de un amortiguador de gas.

Este tipo de amortiguadores presentan las siguientes ventajas:

- Absorbe las variaciones de volumen en la cámara inferior, resultantes de los distintos volúmenes desalojados por el émbolo.
- Al encontrarse el aceite sometido a presión, se evita la formación de burbujas, las cuales traen consigo comportamientos irregulares, ya que

el aire que las forma pasa con mucha mayor facilidad por las válvulas ubicadas en el émbolo deslizante.

2.3.2.3.- MECÁNICOS

Muy poco utilizados hoy en día, su agrupación obedece más a la diferenciación con los de tipo hidráulico, que al hecho de que su funcionamiento esté relacionado entre ambas variantes:

- De fricción: en los que la energía cinética se transforma en calorífica, mediante el rozamiento directo entre dos superficies.
- De inercia: su funcionamiento está basado en producir un efecto oscilante, más o menos similar al generado por la suspensión, pero de sentido opuesto, de tal forma que lo anule.

La figura 2.18 muestra como son los amortiguadores de tipo mecánico.



Figura 2.18: Amortiguador mecánico.

2.3.3.- ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Estos elementos sirven de sujeción y guiado a la rueda en su desplazamiento, posibilitando el funcionamiento de la suspensión y la amortiguación, e interrelacionándolos con los restantes dispositivos de tracción y dirección. A continuación se describen los más importantes.

2.3.3.1.- TRAPECIOS

Sirven de soporte y fijación a la mangueta, a la cual van unidos a través de una rótula. A su vez, la citada mangueta soporta la rueda y sus elementos

anexos. Por tanto, sirven de guía en sus recorridos oscilantes, al conjunto mangueta-rueda. Según el sistema de suspensión empleado se pueden disponer uno o dos por rueda. Son solidarios a uno de los extremos del muelle y del amortiguador. La fijación y pivotamiento de los trapecios a la carrocería se efectúa a través de dos articulaciones, bien directamente, o bien a través de la cuna o subchasis, realizándose siempre, en cualquier caso, a través de silentblocks.

Las figuras 2.19 y 2.20 enseñan como son y donde se ubican los trapecios de un sistema de suspensión.



Figura 2.19: Trapecios de un sistema de suspensión.



Figura 2.20: Ubicación de un trapecio en un sistema de suspensión.

2.3.3.2.- BRAZOS

Cumplen una función parecida a la de los trapecios, diferenciándose de los mismos en su arquitectura, ya que sólo poseen un punto de anclaje a la carrocería. Cuando se utilizan en el eje delantero, se disponen en sentido transversal, pivotando así sobre un eje longitudinal. Por otro lado, si los situamos en el eje trasero pueden disponerse de forma longitudinal, pivotando sobre el eje transversal. Esta disposición recibe el nombre de brazos tirados. En el eje trasero también se pueden disponer de forma oblicua, formando parte de los sistemas multibrazo, en donde de su inclinación dependen las variaciones que experimente la geometría de la rueda y sus ángulos.

La figura 2.21 presenta la ubicación de un brazo instalado en una suspensión.



Figura 2.21: Brazo instalado en una suspensión.

2.3.3.3.- TIRANTES

Son un complemento a ciertos elementos de suspensión, con los que no se consigue un guiado y sujeción lo suficientemente efectivo de la rueda. Con su disposición se evitan alteraciones en la geometría de la misma y sus ángulos. En concreto, se montan conjuntamente con los brazos cuando éstos se disponen transversalmente, sobre todo en el eje delantero. También sirven de complemento a los sistemas multibrazo, sobre todo cuando se disponen en el eje trasero y sus ruedas son motrices.

2.3.3.4.- MANGUETAS

A ellas se fijan, directa o indirectamente, la mayoría de los elementos de los sistemas de suspensión y dirección, así como la rueda. Se fabrican en

acero con excelentes cualidades mecánicas, dado que debe aunar una gran rigidez, para transmitir sin interferencia los esfuerzos que soporta, con cierta flexibilidad, que evite roturas por exceso de fragilidad, así como una gran resistencia a la fatiga.

En la figura 2.22 se muestra como es en realidad una mangueta.



Figura 2.22: Fotografía de una mangueta de una suspensión.

La rueda va fijada a través del buje, que es el elemento giratorio al que también se fija el disco o tambor de freno. Dicho buje, cuando está dispuesto en el eje motriz, dispone de un estriado en el que engrana el extremo del palier, a través del cual se transmite el movimiento del motor desde el diferencial. El buje está unido a la mangueta a través de rodamientos de bolas, montándose generalmente dos por rueda.

2.3.3.5.- RÓTULAS, ARTICULACIONES Y SILENTBLOCKS

Debido a las oscilaciones producidas por el sistema de suspensión, así como a la propia orientación de las ruedas en sus movimientos directrices, es preciso unir los distintos componentes de los sistemas de dirección y suspensión, mediante articulaciones que permitan absorber dichas oscilaciones, sin interferir en la transmisión del movimiento.

El elemento más usado es la rótula, que permite girar y variar la posición angular. Por otro lado, cuando no es necesario variar la posición angular y solo se precisa de giro, se utilizan los casquillos y/o silentblocks. Éstos últimos poseen un aislamiento de goma entre los componentes a unir, para así evitar la transmisión de ruidos y vibraciones, al tiempo que se dota de elasticidad a la articulación.

En las figuras 2.23 y 2.24, se pueden ver como son las rótulas y los silentblocks.



Figura 2.23: Rótulas utilizadas en una suspensión.



Figura 2.24: Fotografía de un silentblock o casquillo.

2.4.- CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE SISTEMAS DE SUSPENSIÓN

Existen muchos criterios para la clasificación de los sistemas de suspensión, debido a que se pueden clasificar según la geometría, del elemento amortiguador, de los componentes que forman la amortiguación... [1, 4, 5].

En este proyecto se hace referencia a dos tipos de clasificaciones. En primer lugar la clasificación atiende a los diferentes elementos de amortiguación que se pueden instalar en las distintas configuraciones geométricas existentes. En segundo lugar la clasificación atiende a la capacidad que tienen las ruedas opuestas de girar con independencia una de

otra, esta clasificación hace referencia al tipo de construcción geométrica o estructural.

2.4.1.- SEGÚN EL SISTEMA DE CONTROL

Actualmente en la industria de la automoción existen tres suspensiones diferentes según su comportamiento frente a las irregularidades del terreno, éstas son las suspensiones pasivas, activas y las semiactivas. A continuación se explican las diferencias entre los tres modelos existentes.

2.4.1.1.- SUSPENSIÓN PASIVA

Hasta ahora los elementos del sistema de suspensión descritos (excepto los muelles neumáticos) son elementos tradicionales. Los sistemas de suspensión que están compuestos tan sólo por estos elementos se denominan sistemas pasivos. A día de hoy, son los más comunes debido en gran parte a su menor coste. El gran inconveniente de estos sistemas es el logro de un compromiso adecuado entre seguridad y confort.

El confort exige que el sistema de suspensión aumente su flexibilidad y así absorba las vibraciones que transmite el firme. Esto tiene un efecto negativo en la estabilidad del vehículo. La suspensión muy flexible (blanda) genera un alto balanceo y desplazamiento en la masa suspendida. Como consecuencia se hace difícil el control del vehículo y disminuye la seguridad.

En el caso de que se busque el mayor control posible del vehículo y la máxima seguridad, se necesitará una suspensión rígida que, por un lado, logrará que las ruedas estén el mayor tiempo posible en contacto con la calzada pero, por otro, hará que las irregularidades del firme se propaguen hasta los pasajeros disminuyendo el confort. En la figura 2.25 se muestra el esquema de una suspensión pasiva.

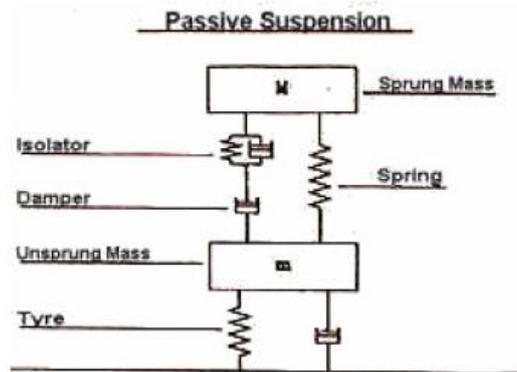


Figura 2.25: Esquema de una suspensión pasiva.

2.4.1.2.- SUSPENSIÓN ACTIVA

La suspensión activa surge como una respuesta a la necesidad para desarrollar vehículos seguros y capaces de combinar grandes niveles de confort, control y maniobrabilidad. La capacidad de controlar el reparto de carga entre el eje delantero y trasero permite una mejor maniobrabilidad del vehículo.

Una suspensión de tipo activo es capaz de almacenar, disipar e introducir energía en el sistema, de forma que se ajusta continuamente a las condiciones cambiantes de la carretera. De esta forma consigue ampliar los parámetros de diseño cambiando las características de la suspensión de un modo continuo.

Los sistemas de suspensión activa disponen de un ordenador que indica a un dispositivo ubicado en cada rueda exactamente cuándo, de qué modo, a cuánta distancia y a qué velocidad debe moverse. Los movimientos de la rueda ya no están sujetos a interacciones aleatorias entre la carretera y los distintos elementos que forman el sistema de suspensión, muelle, amortiguador y barras antivuelco. El ordenador que toma estas decisiones utiliza una red de sensores para medir, por ejemplo, la velocidad del vehículo, las aceleraciones longitudinales y laterales, las fuerzas y aceleraciones que actúan sobre cada rueda. El ordenador, a continuación, ordena a la rueda que se mueva del modo idóneo para las circunstancias que van surgiendo.

La principal ventaja de la suspensión activa frente a la suspensión pasiva es que se consigue un control de cada rueda independiente. Gracias a este control se consigue mayor adherencia del vehículo al terreno, con lo que se aumenta la seguridad en la conducción permitiendo un reposicionamiento de la carrocería casi perfecto.

La principal desventaja de la suspensión activa es su elevado coste, principalmente en el control de las altas frecuencias, cuya implementación a día de hoy resulta demasiado cara.

En la figura 2.26 se muestra un esquema simplificado del funcionamiento de una suspensión activa.

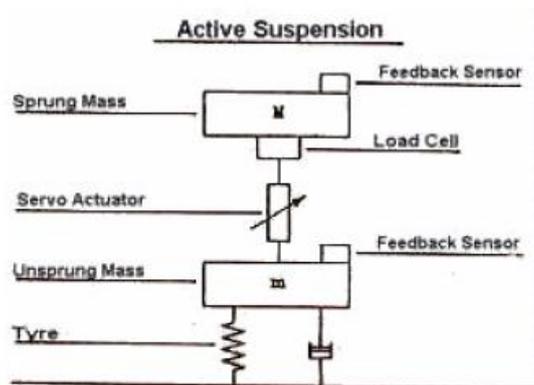


Figura 2.26: Esquema de una suspensión activa.

2.4.1.3.- SUSPENSIÓN SEMIACTIVA

La suspensión semiactiva fue propuesta en la década de los 70 para solucionar los problemas de sobrecoste que presentaban las suspensiones activas. Estas suspensiones incorporan elementos activos para controlar las bajas frecuencias y pasivos para las altas frecuencias, consiguiendo optimizar el comportamiento del vehículo ante las irregularidades del terreno.

El elemento activo en las suspensiones semiactivas es generalmente el amortiguador, el cual se controla modificando su constante de amortiguamiento mediante electroválvulas, sistemas hidroneumáticos, electrónicos o magnéticos.

Las principales ventajas de la suspensión semiactiva son:

- Una marcha ajustable, optimizada para obtener el mayor rendimiento en la conducción y el confort.
- La posibilidad de seleccionar la firmeza de la suspensión.
- La suspensión se ajustará automáticamente según las condiciones de la carretera.
- El mismo dimensionado comparado con los sistemas de suspensión tradicionales.

En la figura 2.27 se observa el esquema de funcionamiento de una suspensión semiactiva en un automóvil.

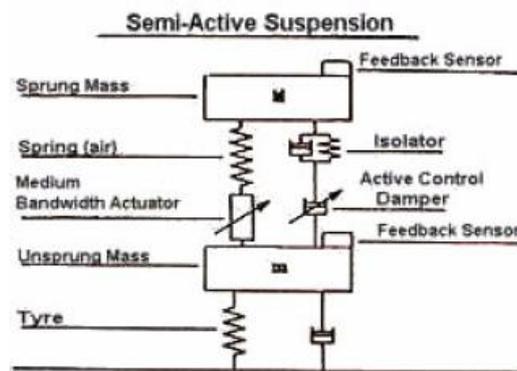


Figura 2.27: Esquema de una suspensión semiactiva.

En los primeros sistemas de amortiguación de tipo semiactivo se utilizaban amortiguadores hidráulicos, los cuales disponen de válvulas solenoides que cambian el diámetro de sus pasos permanentes, variando de esta manera el caudal del fluido.

El inconveniente que presentan estos tipos de amortiguadores es que tienen un tiempo de respuesta (aprox. 100÷200 ms) superior al tiempo de muestreo del controlador por lo que la fuerza de control generada es diferente a la fuerza de control deseada.

Para solucionar este problema, muchos investigadores están centrando su atención en sistemas de suspensión semiactiva basados en fluidos inteligentes cuyos tiempos de respuesta son rápidos como son los fluidos electroreológicos y los magnetorreológicos (inferior a 25 ms).

2.4.2.- SEGÚN LA GEOMETRÍA

Las suspensiones se pueden agrupar según la geometría en dos grandes conjuntos. Por un lado, las llamadas suspensiones independientes, permiten oscilar a las ruedas de cada eje por separado, permitiéndose así adaptar a las diferentes condiciones del pavimento. Por otro lado, se encuentran las suspensiones de eje rígido y sus diversas variantes, las cuales hacen que cuando una rueda oscile por efecto de la suspensión, su compañera del mismo eje lo haga a la par que ella. En las figuras 2.28 y 2.29 se observan los esquemas de los dos tipos de suspensiones ya citados.

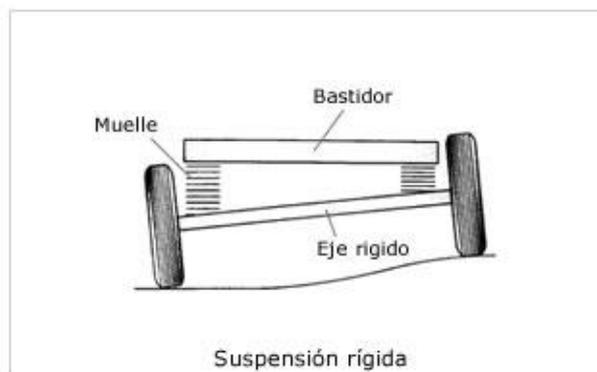


Figura 2.28: Esquema de una suspensión de eje rígido.

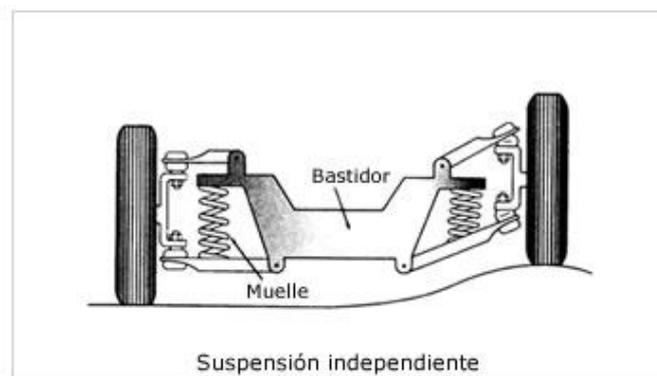


Figura 2.29: Esquema de una suspensión independiente.

2.4.2.1.- SUSPENSIONES RÍGIDAS

A continuación se presentan los tipos de suspensión rígida más importantes:

- *EJE RÍGIDO*

Esta suspensión está cada vez más en desuso, dado al masivo empleo de las suspensiones independientes en turismos, por las

grandes ventajas que proporcionan. Su empleo se reduce a los vehículos pesados, así como a algunos vehículos de todo terreno, muy especializados para su uso por terrenos difíciles, fuera de las vías asfaltadas.

Básicamente está formado por un eje transversal, construido en chapa de acero si el eje en que se monta no es motriz, o por un tubo hueco, en cuyo interior giran los palieres, en caso de que sí lo sea.

Si emplea ballestas como elemento elástico de la suspensión, no suele disponer de elementos de guiado tales como tirantes, brazos..., ya que las mismas bastan para realizar dicha función, si bien, si son de tipo parabólico, dada su menor resistencia transversal, sí suelen disponer de alguno. En caso de emplear muelles helicoidales, sí se hace necesario disponer de unos brazos de guiado y pivotamiento, cuyo anclaje a la carrocería se realiza en una posición bastante avanzada, para que así los movimientos oscilatorios de la rueda sean lo más rectilíneos posible. En vehículos pesados, cada vez se utilizan más los elementos elásticos de tipo neumático.

En la figura 2.30 se puede ver claramente como es un sistema de suspensión de eje rígido.



Figura 2.30: Sistema de suspensión trasera de eje rígido del Ford Mustang.

El eje rígido aporta algunas ventajas sobre la mayoría de los sistemas de suspensión:

- Capacidad para mantener siempre las ruedas en contacto con el suelo.

- Ofrece un perfecto guiado de los palieres cuando se emplea en el eje motriz, pudiendo prescindir del empleo de juntas de articulación en los mismos, ya sean cardan u homocinéticas.
- Robustez y sencillez.

En cambio, presenta los siguientes inconvenientes:

- Dado el elevado peso del conjunto, se incrementa el valor de las masas no suspendidas, sobre todo si el eje es motriz.
- Desaprovechamiento del espacio destinado a comportamiento de carga.
- Menor grado de confortabilidad.
- Menor estabilidad y adherencia del vehículo en curvas.

Como se comprueba, este tipo de sistema de suspensión presenta más cosas en contra que a favor, debido a ello, y como se ha citado anteriormente, cada vez se encuentra más en desuso.

La figura 2.31 muestra un ejemplo de un sistema de eje rígido de un Renault Espace.



Figura 2.31: El eje rígido instalado en un Renault Espace.

- EJE DE DION

Es una variante perfeccionada del eje rígido empleada en el eje trasero en vehículos de propulsión, cuya principal ventaja sobre el mismo estriba en la disminución de las masas no suspendidas, al independizarse del conjunto el mecanismo grupo-diferencial. Para ello, el eje rígido dispone de unos brazos de guiado, empleándose muelles como elementos elásticos. Por tanto, el conjunto grupo-diferencial va fijado a la carrocería, transmitiéndose el movimiento a los conjuntos buje-rueda a través de palieres articulados. Su uso ha quedado relegado en beneficio de los modernos sistemas multibrazo.

A continuación, la figura 2.32, enseña como es un sistema de suspensión de tipo eje Dion.

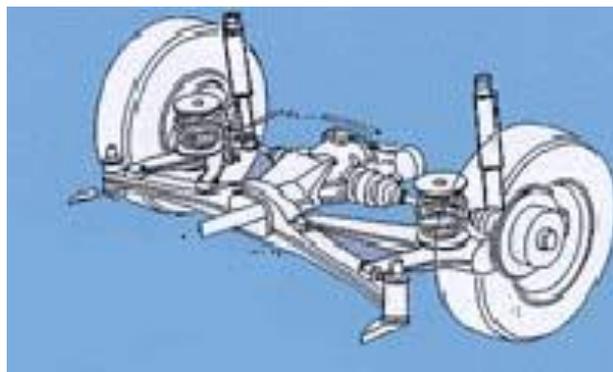


Figura 2.32: Sistema de suspensión de tipo eje Dion.

- EJE TORSIONAL

Es otra variante del eje rígido empleada en los ejes traseros no motrices (por tanto en vehículos de tracción), cuya principal ventaja estriba en su sencillez y polivalencia, ya que los defectos del sistema del que procede no son tan acusados como en el mismo. Su estructura se asemeja a la de un sistema de brazos tirados, en la que los mismos van unidos por un travesaño, en una zona muy próxima al eje de articulación, lejos por tanto del eje imaginario que une ambas ruedas. Dicho travesaño, dada su sección en “U”, presenta la particularidad de poseer cierta flexibilidad, de tal forma que permite movimientos relativos entre

ambas ruedas, a diferencia del eje rígido, en el que ambas oscilan a la vez. Por ello, también es conocido como suspensión semi-independiente. Su uso está muy extendido en vehículos de los segmentos inferiores y medios. La figura 2.33 muestra el esquema de una suspensión de eje torsional.



Figura 2.33: Suspensión de tipo eje torsional.

2.4.2.2.- SUSPENSIONES INDEPENDIENTES

Seguidamente se muestran las suspensiones independientes más destacadas:

- *MCPHERSON*

Es el sistema más empleado en turismos en el eje delantero, extendiéndose también su uso, aunque en mucha menos medida, al eje trasero. Está formado por una columna telescópica, en la que se integran conjuntamente, el muelle que oficia como elemento elástico y el amortiguador, situándose éste último dentro del primero. Su disposición es concéntrica en algunos casos, si bien la tendencia actual es que los ejes de simetría de ambos componentes no coincidan. El conjunto va fijado por su parte superior a la carrocería, ubicándose en la denominada torreta de suspensión, a la cual va fijada, disponiendo, en el caso de las ruedas delanteras, de un rodamiento de agujas dispuesto en sentido axial, para facilitar el giro del conjunto al orientarse las ruedas en su función directriz.

Por su parte inferior va fijado a la mangueta, utilizándose para ello tres sistemas distintos:

- 1) Mediante una pareja de tornillos, para lo cual el amortiguador dispone de los anclajes pertinentes.
- 2) Introduciéndose el amortiguador en el interior de la mangueta.
- 3) Mediante tornillos que lo fijan a modo de abrazadera, de tal forma que una montado, la mangueta “lo abrocha”.

La figura 2.34 muestra esquemáticamente una suspensión de tipo Mcpherson.

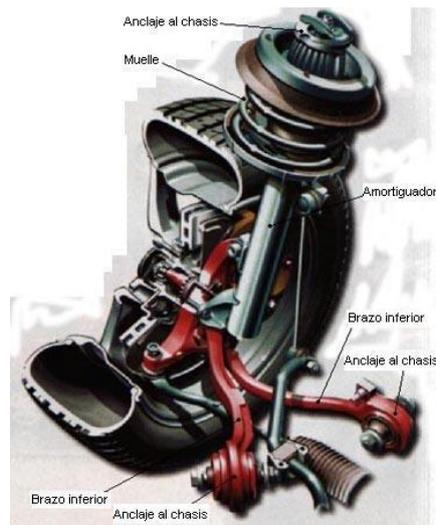


Figura 2.34: Esquema de un sistema de suspensión mcpherson.

Los conjuntos Mcpherson ofrecen las siguientes ventajas:

- Compacidad y facilidad de desmontaje y montaje como conjunto.
- Simplicidad del sistema de suspensión al eliminarse componentes, ya que la función resistente de la columna hace que sólo sea necesario disponer un trapecio, o en su defecto, un brazo y un tirante. Por ello es muy empleada en vehículos de los segmentos medio e inferior.
- Idoneidad para su utilización en el eje delantero, dada la posibilidad de giro del conjunto, a la par que la rueda directriz.
- Dada la longitud del conjunto, la distancia entre los puntos de articulación superior e inferior hace que las variaciones de la geometría de la rueda, en especial el ángulo incluido, apenas sufra variaciones durante el recorrido de suspensión, aunque esto sólo sea de aplicación

en la primera fase del citado recorrido. En cambio, para suspensiones de gran recorrido, sí existen más limitaciones a este respecto, comparándolo con otros sistemas.

La figura 2.35 muestra la disposición habitual de los elementos en los sistemas de suspensión Mcpherson.



Figura 2.35: Suspensión mcpherson en el eje delantero de un Mazda.

- *PARALELOGRAMO DEFORMABLE*

Este sistema se utiliza, casi de manera exclusiva, en el eje delantero, con el que se consigue un excelente guiado de la rueda durante su movimiento oscilatorio, sin apenas sufrir variaciones los ángulos que componen la geometría de la rueda, en especial, el más afectado en estos casos, que es el ángulo de caída.

Dispone para ello de una estructura de paralelogramo deformable, formada por dos trapecios superpuestos, con una disposición paralela entre ambos, siendo ligeramente más largo el inferior para optimizar la caída en curvas. Los dos van unidos a la mangueta a través de sendas rótulas, estableciéndose como eje de pivote el que une ambas rótulas. El elemento elástico está formado casi siempre por un muelle helicoidal, ubicado sobre cualquiera de los dos trapecios. El amortiguador puede ir separado o concéntrico con el muelle.

En las figuras 2.36 y 2.37 pueden observarse el tipo de suspensión de paralelogramo deformable.

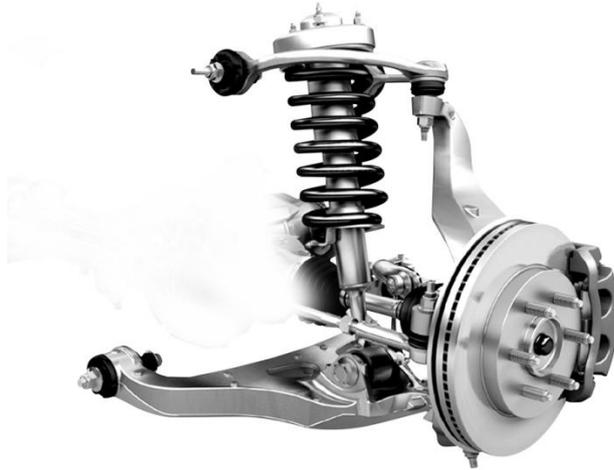


Figura 2.36: Esquema de una suspensión paralelogramo deformable.



Figura 2.37: Suspensión paralelogramo deformable instalada en el Audi R8.

- *TRAPECIOS OBLICUOS*

Sistema utilizado en el eje trasero de los turismos cuando dicho eje es motriz; es decir, cuando es de propulsión trasera. En esta disposición, el eje de articulación de los trapecios se dispone formando un ángulo de unos 45° respecto a los ejes de coordenadas del vehículo. El empleo de trapecios está motivado por la necesidad de potenciar la función resistente de la suspensión, dadas las características motrices del eje trasero y los requerimientos de empuje que ha de soportar. La disposición oblicua se justifica por la atenuación de los movimientos longitudinales que originan los esfuerzos de propulsión, sobre todo en aceleraciones desde parado, ya que elimina parcialmente su componente longitudinal.

Este tipo de suspensión está en desuso, sobre todo por la masificación que ha experimentado la tracción en detrimento de la propulsión. De todos modos, este sistema se puede catalogar como el antecesor de los modernos y sofisticados sistemas multibrazo empleados actualmente en la mayoría de los turismos de propulsión.

- *BRAZOS TIRADOS*

Es prácticamente exclusivo del eje trasero, empleado tan sólo en vehículos de tracción delantera, en los que las ruedas traseras son simplemente arrastradas, cumpliendo sólo funciones de sustentación y con requerimientos de frenada mucho menores. Para ello se emplean unos brazos longitudinales de gran sección y robustez, fabricados en acero hueco, con su eje de articulación dispuesto en sentido transversal. En otros casos se disponen perfiles rectangulares de chapa. En cualquier caso, permite prescindir de cualquier otro elemento de guiado tal como un tirante, brazo... Como elemento elástico emplea muelles helicoidales o las barras de torsión, siendo especialmente indicado para estas últimas, al permitir su ubicación transversal, permitiendo prescindir de los muelles, con la consiguiente ganancia en aprovechamiento de maletero. La figura 2.38 muestra esquemáticamente la suspensión de brazos tirados.

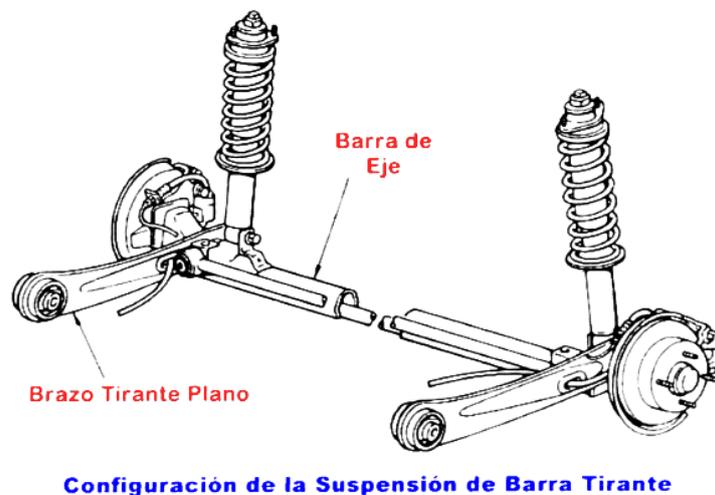


Figura 2.38: Esquema de una suspensión de brazos tirados.

- MULTIBRAZO

Es un sistema independiente empleado en el eje trasero de los modernos turismos de propulsión, que proporciona un eficaz guiado de las ruedas en sus movimientos oscilatorios, al tiempo que absorbe todas las reacciones dinámicas que se generan en las mismas, como consecuencia del gran par aplicado en ellas. Al mismo tiempo, en su guiado, varía la geometría de las ruedas, haciéndolas adoptar los ángulos más idóneos para que éstas cumplan con sus funciones. Dicha variación de ángulos va referida sobre todo a los ángulos de caída y convergencia, haciendo que disminuyan sus valores en la rueda exterior cuando el vehículo aborda una curva, para así compensar las variaciones experimentadas por los ángulos durante los movimientos oscilantes provocados por la suspensión. Se trata, en definitiva, de favorecer la uniformidad de la pisada del neumático.

Disponen de hasta cinco elementos de guiado y sujeción, entre trapecios, brazos y tirantes, formando una estructura compleja, pero muy eficaz, sin la cual se presentarían serios problemas de motricidad y estabilidad, así como de confortabilidad, dado que habría que recurrir a tarados de suspensión y amortiguación de gran firmeza, cuyas reacciones son muy secas en firmes irregulares.

En la figura 2.39 se ve, desde dos puntos de vista, un ejemplo claro de un sistema de suspensión multibrazo.

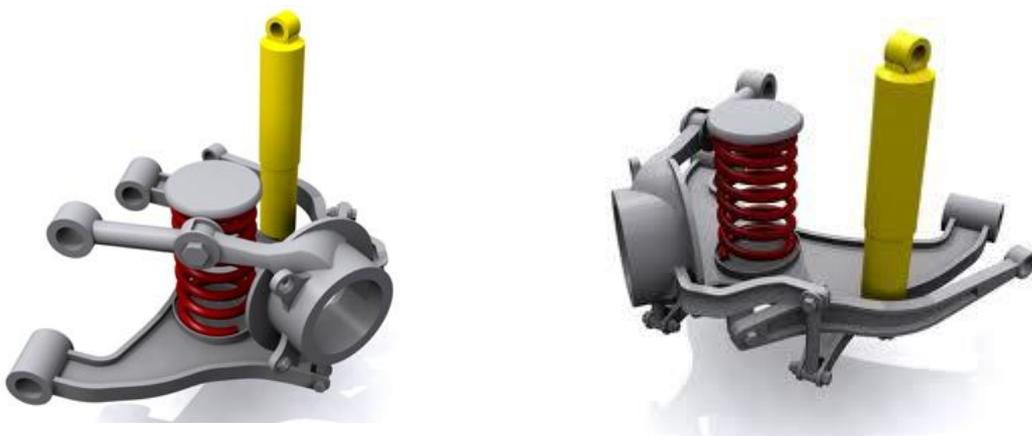


Figura 2.39: Suspensión multibrazo vista desde dos puntos de vista.

Como elementos elásticos, suelen emplear en su mayoría los muelles helicoidales, si bien cada vez está más extendido el empleo de los elementos neumáticos, al disponer éstos conjuntamente con las suspensiones de tarado variable, pilotadas electrónicamente, cuyo empleo es cada día más masivo en los segmentos superiores. La figura 2.40 muestra el sistema de suspensión multibrazo que utiliza un modelo de Audi.

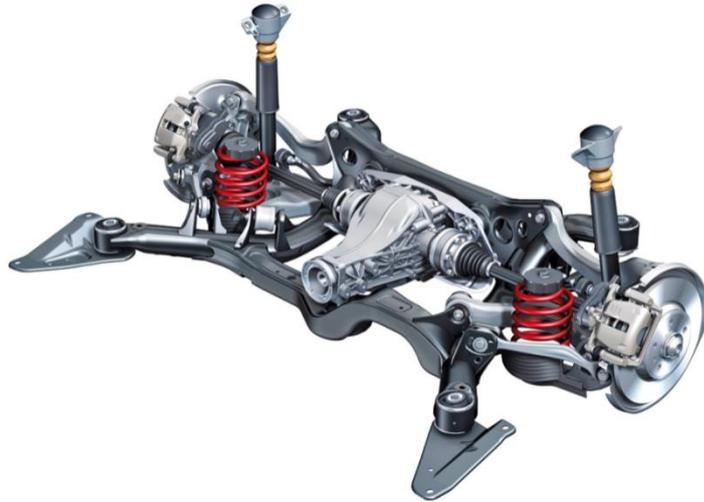


Figura 2.40: Sistema de suspensión multibrazo de un Audi.

2.5.- SISTEMA DE SUSPENSIÓN INDEPENDIENTE TIPO MULTIBRAZO

Desde la figura 2.41 hasta la figura 2.48 se presentan una serie de fotos sacadas del sistema de suspensión multibrazo (explicado en detalle en el punto 2.4.2.2) que se ha utilizado para llevar a cabo el presente proyecto. La suspensión es una suspensión multibrazo montada en el eje trasero de un Seat León.

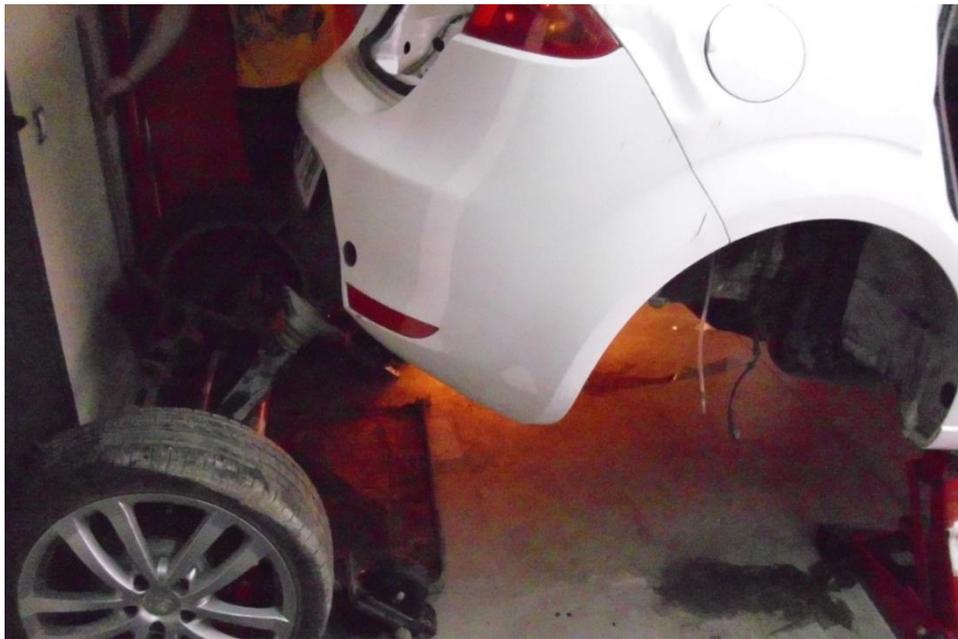


Figura 2.41: Eje trasero Seat León.



Figura 2.42: Eje trasero Seat León.



Figura 2.43: Eje trasero Seat León.



Figura 2.44: Eje trasero Seat León.



Figura 2.45: Resorte y Amortiguador.



Figura 2.46: Mangueta.



Figura 2.47: Sistema de Suspensión Multibrazo.

CAPÍTULO 3: LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN APLICADAS A LA ENSEÑANZA

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son un conjunto de servicios, redes, software y dispositivos cuyo fin es mejorar la calidad de vida de las personas de un entorno y que se integren a un sistema de información interconectado y complementario [6, 7].

Según el Informe Mundial sobre la Comunicación de la UNESCO, las tecnologías de la información y la comunicación designan un conjunto de equipos nuevos usados para crear, gestionar y difundir datos (texto, imagen, sonido). Esto abarca todo lo relacionado con las telecomunicaciones, el sector audiovisual y los sistemas informáticos, incluyendo el hardware y la manipulación del contenido gracias al software y los programas.

Las tecnologías de la información y la comunicación de la enseñanza son tecnologías de la información aplicadas al campo pedagógico para racionalizar los procesos educativos, mejorar los resultados del sistema escolar y universitario y asegurar el acceso de excluidos. Éstas aplicadas al campo pedagógico se emplean para elaborar y recoger información, almacenamiento, procesamiento, mantenimiento, recuperación, presentación y difusión por medio de señales acústicas, ópticas o electromagnéticas.

Estas tecnologías aplicadas a la enseñanza se ubican como una subarea perteneciente al ámbito de la didáctica y la organización escolar y universitaria debiendo ser un aprendizaje de contenido en sí mismas con el fin de propiciar las capacidades técnicas que permitan un manejo adecuado de la información, el desarrollo de la creatividad, la resolución de problemas, y que en función de éstas deberán ser exigencias de la nueva sociedad de la información.

Por otro lado, este tipo de tecnologías ponen en juego unas estrategias comunicativas que varían cualitativamente respecto a otros medios, permiten codificar otro lenguaje distinto del verbal y analizar el mundo exterior y al tiempo reconstruirlo de manera particular.

Las características más significativas de las tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la enseñanza son las mostradas a continuación:

- Equilibran los procesos de pensamiento (visual-racional).
- Propician el manejo de la información y el desarrollo de la creatividad.
- Responden a las exigencias de la sociedad.
- Favorecen la innovación.
- Tienen un propósito instructivo.
- Articulan lenguajes propios con códigos específicos.
- Elaboran, recogen información, la almacenan, procesan, presentan y difunden.
- Permite una formación individualizada (cada alumno puede trabajar a su ritmo).
- Planificación del aprendizaje, según sus posibilidades (el estudiante define los parámetros para realizar su estudio).
- Comodidad. La enseñanza llega al alumno sin que este tenga que desplazarse o abandonar sus ocupaciones.
- Interactividad. Los nuevos medios proporcionan grandes oportunidades para la revisión, el pensamiento en profundidad y para la integración.

Por otro lado, las TIC ofrecen las siguientes posibilidades a la educación:

- Ampliación de la oferta informativa.
- Creación de entornos más flexibles para el aprendizaje.
- Eliminación de las barreras espacio-temporales entre profesor-estudiante.

- Incremento de las modalidades comunicativas.
- Potenciación de los escenarios y entornos interactivos.
- Favorecer el aprendizaje independiente y el auto aprendizaje como el colaborativo y en el grupo.
- Romper con los clásicos escenarios formativos limitados a las instituciones escolares.
- Ofrecer nuevas posibilidades para la orientación y autorización de los estudiantes.
- Facilitar una formación permanente.

En resumen, las tecnologías de la información y la comunicación en las aulas permiten nuevas formas de acceder, generar y transmitir información y conocimientos, a la vez que permite flexibilizar el tiempo y el espacio en el que se desarrolla la acción educativa.

Las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza implican el uso de estrategias y metodologías docentes nuevas para lograr una enseñanza activa, participativa y constructiva. Modifica el rol de profesor docente, siendo ahora el de tutor virtual, y siendo considerado por algunos autores como: programador, director y coordinador de procesos de aprendizaje con medios interactivos, transmisor de informaciones e impulsor de la ejercitación de conocimientos, procedimientos y actitudes, motivador y como lazo de conexión entre los objetivos a alcanzar y el estudiante.

Las ventajas que presentan el hecho de una aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación en las aulas vienen dadas a continuación:

- Despierta el interés y motivación en los alumnos.
- Se logra un aprendizaje cooperativo.

- Permite flexibilidad en los estudios.
- Logra una mayor comunicación entre profesores y alumnos.
- Logra un alto grado de interdisciplinariedad.
- Permite la alfabetización digital y audiovisual.
- Permite el desarrollo de habilidades de búsqueda y selección de la información.
- Mejora las competencias de expresión y creatividad.
- Permite un fácil acceso a mucha información y de todo tipo.
- Permite la visualización de simulaciones.
- Suelen aprender con menos tiempo.
- Logra una mayor proximidad del profesor.
- Permite una ampliación del entorno vital con más contactos.
- Acceso a múltiples entornos educativos y entornos de aprendizaje.
- Permite una personalización de los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- Logra un mayor compañerismo y colaboración entre los alumnos.
- Incremento considerable de la información de la que dispondrán los profesores y alumnos, que puede ser recibida en distintos códigos.
- Ruptura de las barreras espacio-temporales y una nueva forma de construir el conocimiento, favoreciendo el trabajo colaborativo y el auto aprendizaje debido a que la información ya no se localiza en un lugar determinado.

Los inconvenientes que presentan el hecho de una aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación en las aulas vienen dados a continuación:

- En ocasiones resulta una pérdida de tiempo.
- Provoca cansancio visual y otros problemas físicos como dolores de espalda.
- Suele ocasionar aprendizajes incompletos y superficiales.
- Suele haber dependencia de los demás.
- En ocasiones podemos obtener informaciones no fiables.
- Los diálogos suelen ser muy rígidos.
- Provoca el aislamiento.
- Suele provocar distracciones y dispersión.
- Puede ofrecer una visión parcial de la realidad.

3.1.- LA ENSEÑANZA A TRAVÉS DE INTERNET

La aparición de Internet como medio de comunicación ha supuesto que el acceso a la información sea sencillo y rápido. La mayor parte de esta información reside en las conocidas páginas Web, que suelen presentar texto e imágenes en dos dimensiones. El mundo real es tridimensional, por lo que al reducir el "mundo" Web a sólo dos dimensiones se está perdiendo información, de ahí la conveniencia de la integración de una tercera dimensión que permita, por ejemplo, recorrer las instalaciones de un museo o de una universidad hasta llegar a la información que interese al visitante. Esto ya es una realidad que puede conseguirse a través de un lenguaje de modelado de realidad virtual como VRML (Virtual Reality Modeling Language) [6].

La aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza es cada vez más habitual. Nadie se extraña cuando un profesor

publica en una página Web el temario de sus asignaturas, los apuntes e incluso los exámenes ya realizados. Ya existen en Internet las llamadas universidades virtuales que permiten al alumno realizar cualquier tipo de estudios en un ambiente virtual, sin una sede física donde se impartan esos estudios. La mayoría sólo permite interactuar con la institución a través de páginas web en dos dimensiones, sin considerar recursos tridimensionales que puedan favorecer el aprendizaje de los conceptos de las distintas asignaturas.

Un destacado campo de las Ciencias de la Computación denominado "Realidad Virtual" tiene importantes aplicaciones en la educación, para estimular el proceso de aprendizaje. Las aplicaciones de realidad virtual consiguen un efecto llamado inmersión, según el cual los estudiantes pueden interactuar completamente con el ambiente artificial utilizando los sentidos del tacto, el oído, y la vista mediante dispositivos especiales que están conectados al computador, tales como guantes de datos y pequeños monitores de vídeo dentro de un casco. Estos aparatos tienen sensores que detectan el movimiento de forma precisa, repercutiendo en el mundo virtual en el que los estudiantes están inmersos. Esta técnica puede trasladarse a Internet a través de VRML, lenguaje con el que se puede crear un ciberespacio con mundos virtuales; los usuarios pueden almacenar los mundos virtuales e intercambiar información en este medio, donde ellos actúan como participantes activos. Los estudiantes pueden aprender prácticamente cualquier área del conocimiento utilizando esta tecnología.

3.2.- APLICACIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL Y VRML EN LA ENSEÑANZA

La realidad virtual es una tecnología especialmente adecuada para la enseñanza, debido a su facilidad para captar la atención de los estudiantes mediante su inmersión en mundos virtuales relacionados con las diferentes ramas del saber, lo cual puede ayudar en el aprendizaje de los contenidos de cualquier materia [7].

Con esta tecnología los estudiantes pueden aprender de manera más rápida y asimilar información de una manera más consistente que por medio del uso de herramientas de enseñanza tradicionales (pizarra, libros, etc.), ya que utilizan casi todos sus sentidos. Los estudiantes no sólo pueden leer textos y ver imágenes dentro de un casco de realidad virtual, sino que además pueden escuchar narraciones, efectos de sonido y música relacionados con el tema que están aprendiendo. Por medio del uso de los guantes de datos, los estudiantes pueden sentir la textura, dimensiones e inclusive la temperatura de objetos virtuales que existen dentro del mundo virtual.

La realidad virtual es un recurso didáctico del que los profesores se pueden servir para motivar y atraer la atención de los estudiantes a través de los gráficos tridimensionales de calidad y del alto grado de interactividad ofrecida por los sistemas virtuales. Cada vez es mayor el número de centros de enseñanza en los que se utilizan aplicaciones de este tipo.

Uno de los tradicionales problemas de la aplicación de la realidad virtual en la enseñanza es que, debido a su elevado precio, esta tecnología no está al alcance de los estudiantes y profesores. Precisamente la aparición del lenguaje VRML ha paliado en cierta medida este inconveniente, haciéndola asequible a cualquier persona que posea simplemente un ordenador y un navegador de Internet. Obviamente, sólo con estos dispositivos se pierde el sentido del tacto al carecer de guantes, pero la sensación de inmersión en un mundo virtual sigue siendo la misma.

La principal ventaja que ofrece VRML es la posibilidad de divulgación y la gran capacidad de integración que posee con el resto de recursos de Internet. Así, por ejemplo, si el servidor Web de una determinada facultad ofreciese la posibilidad de visitar las instalaciones del centro diseñadas como un mundo virtual en VRML, el usuario recorrería pasillos, vería tableros de anuncios, puertas de departamentos, etc, y simplemente seleccionando con el ratón, por ejemplo, un tablón de anuncios, podría visualizar, en formato de página HTML o XML, el contenido del tablón, ya que VRML permite la integración de estas páginas y de otros recursos de la red en los mundos virtuales.

Una de las principales aplicaciones de la realidad virtual en el ámbito académico es la formación en facultades de medicina, especialmente en las materias de anatomía y cirugía. En la Universidad de Washington se está experimentando con clases demostrativas de cirugía virtual. En esta universidad se ha creado un "cadáver virtual", donde los estudiantes pueden empuñar un bisturí virtual y practicar. En este sentido es fácil imaginar un mundo virtual creado con VRML que represente un completo quirófano virtual internacional, en el que se recogieran las mejores técnicas quirúrgicas de distintos médicos de cualquier parte del mundo; esta información podría servir de aprendizaje para los estudiantes de medicina y también para otros médicos.

Los sistemas de realidad virtual tienen también aplicación en la enseñanza de las artes. En Canadá se ha desarrollado el sistema *Mandala*, con el que estudiantes de danza aprenden movimientos de baile, y practican y desarrollan su habilidad musical utilizando instrumentos "virtuales". Así por ejemplo la Universidad de Grenoble en Francia ha desarrollado programas similares, y en la Universidad de Kansas los estudiantes diseñan escenarios de teatro y ensayan obras utilizando tecnología de Realidad Virtual (Huges, 1997).

En relación con el arte, el lenguaje VRML está permitiendo ofrecer en Internet versiones virtuales de cualquier tipo de museo o galería de arte del mundo. De esta forma, cualquier estudiante puede acceder, no sólo a la imagen digitalizada de un cuadro y a explicaciones textuales, sonoras o audiovisuales sobre el mismo, sino también puede conocer las instalaciones de museo y recorrerlas virtualmente.

Los estudiantes de arquitectura también pueden beneficiarse de la realidad virtual a través de programas educativos para el aprendizaje del diseño de diferentes tipos de edificios. Además, la integración de herramientas de diseño, como *AutoCAD*, con herramientas de animación tridimensional, como *3DStudio*, y editores de VRML está permitiendo la construcción, en Internet, de edificios virtuales de gran complejidad en los que una persona puede introducirse para recorrerlos hasta el último rincón y observar hasta el mínimo detalle de su construcción y decoración.

Una de las aplicaciones educativas más notorias de la realidad virtual es el entrenamiento técnico, especialmente el de pilotos de aeronaves. En este caso, con esta tecnología se evitan riesgos que se presentan en el entrenamiento real, tales como tormentas o vientos fuertes que pueden causar accidentes al avión real si el piloto no tiene la suficiente pericia para salir adelante en estas situaciones. Pilotos de aerolíneas y del ejército utilizan simuladores de realidad virtual para medir sus reacciones en medio de circunstancias virtuales peligrosas.

Además de su utilización en estos y otros campos del conocimiento, siempre existe la posibilidad de aplicar la realidad virtual para la creación de los propios centros de enseñanza. En este sentido, ya se está experimentando con universidades, campus, bibliotecas, laboratorios y aulas virtuales.

En el caso de las aulas, éstas son un medio interactivo que permite a los estudiantes la inmersión en el ambiente de una clase simulada cuando vayan a realizar un curso de enseñanza asistida por ordenador. Algunos defensores de este tipo de recurso educativo llegan a afirmar, en su favor, que donde la era de la televisión ha producido gente pasiva, estudiantes desocupados con índices cortos de atención, el ciberespacio puede ser capaz de cautivarlos y fomentar el involucramiento activo en su propia educación. La existencia de laboratorios virtuales está favoreciendo esta participación activa, mediante la experimentación de fenómenos físicos y químicos, ya que los estudiantes pueden interactuar con los experimentos, incrementando así su interés.

En lo que se refiere la utilización del VRML a nivel ingenieril, se puede decir que frente a las herramientas tradicionales, como la creación de una maqueta o una presentación audiovisual, que tienen un carácter meramente estático, la utilización del lenguaje VRML en combinación con WWW permite la creación de un modelo dinámico del producto que se pretende crear. Esto supone un gran avance para muchos proyectos de ingeniería, ya que permite una mejora a la hora de captar la información, resultando de este modo mucho más fácil de entender y con un mayor sentido didáctico.

CAPÍTULO 4: **MODELADO DEL SISTEMA DE** **SUSPENSIÓN MEDIANTE SOLID** **EDGE**

4.1.- INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS CAD

El diseño asistido por computador, abreviado como DAO (Diseño Asistido por Ordenador) o CAD (Computer Aided Design), es el nombre genérico que se le da a cualquier tipo de software que se refiera a dibujo asistido por computador y permita realizar dibujos bidimensionales, tridimensionales y/o técnicos. Básicamente es un conjunto de programas informáticos que ofrecen la posibilidad de agilizar y facilitar extraordinariamente el diseño de las variables técnicas, los planos o prototipos, en diversos ámbitos, como la arquitectura, la escultura o la ingeniería mecánica e industrial. En un sentido amplio, podemos entender el CAD como la “aplicación de la informática al proceso de diseño” [8].

El CAD atiende prioritariamente aquellas tareas exclusivas del diseño, tales como el dibujo técnico y la documentación del mismo, pero normalmente permite realizar otras tareas complementarias relacionadas principalmente con la presentación y el análisis del diseño realizado.

Los sistemas CAD también permiten simular el funcionamiento de un producto antes de la producción. Los sistemas CAD hacen posible comprobar si un circuito electrónico funcionará tal y como está previsto, si un puente será capaz de soportar las cargas consideradas sin peligros e incluso si una salsa de alimento fluirá adecuadamente desde un envase de nuevo diseño.

Los sistemas CAD se dividen básicamente en dos tipos: los programas de dibujo en dos dimensiones (2D) y modeladores en tres dimensiones (3D).

Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica.

Los programas de diseño en 3D añaden superficies y sólidos. Además pueden producir pre visualizaciones fotorealistas del producto, aunque a menudo se prefiere exportar los modelos a programas especializados en visualización y animación como Maya, Softimage XSI o 3D Studio Max.

Algunos de los programas más importantes, y con ello más conocidos, a la hora de referirnos al diseño asistido por ordenador son los siguientes:

- **WORKING MODEL 2D:** Ingeniería Mecánica-Modelado. Es un programa que integra una tecnología avanzada de simulación de movimientos con sofisticadas técnicas de edición que lo hacen una herramienta potente para la Ingeniería.

Permite simular y modelar diferentes situaciones del mundo real ayudados por la maquinaria de simulación e interfase gráfica que posee, lo cual nos permite la construcción de sistemas dinámicos complejos utilizando una gran variedad de constricciones o restricciones (resortes, poleas, amortiguadores, entre otras) y fuerzas. Adicionalmente se pueden simular diferentes interacciones que suceden en la naturaleza como son: colisiones, gravedad, resistencia del aire y electrostática.

- **CATIA:** es un programa de CAD/CAM/CAE comercial realizado por Dassault Systemes. El programa está desarrollado para proporcionar apoyo desde la concepción del diseño (CAD) hasta la producción (CAM) y el análisis (CAE) de productos. Desde el punto de vista del diseño mecánico, el ensamblaje, y la simulación, el programa Catia ofrece múltiples posibilidades de trabajo, abarcando todas las necesidades que pueden surgir en el campo del diseño, la ingeniería y el diseño de sistemas de producción; ensamblajes, diseño desuperficies, tuberías, análisis de estructuras, componentes electrónicos, diseño de moldes, layouts, etc. El programa permite también llevar a cabo estudios biomecánicos, pudiendo definir un humanoide con distintos grados de libertad sobre el que es posible llevar a cabo estudios cinemáticos y dinámicos. Catia no admite la integración de aplicaciones propias desarrolladas bajo lenguajes de programación estándar.
- **MsADAMS:** el software MsAdams está conformado por una serie de paquetes divididos en cuatro grupos principales: paquete de programas base, paquete de programas de extensión, programas específicos para

el ámbito industrial, y programas para intercambio con otras aplicaciones CAD. El paquete principal consta de tres aplicaciones (Adams/ View, Adams/ Solver y Adams/PostProcessor), el primero es una potente aplicación de diseño 3D con las características habituales de este tipo de herramientas, la segunda herramienta permite al usuario resolver problemas cinemáticos y dinámicos (estáticos, cuasiestáticos y no lineales), para los diseños desarrollados con la primera herramienta. Esta aplicación permite al usuario definir sus propias subrutinas (pudiendo emplear herramientas estándar de programación como Visual C++) con objeto de resolver dichos problemas. La tercera aplicación permite llevar a cabo simulaciones de los modelos realizados por el usuario. El segundo paquete de aplicaciones (Adams/Insight, Adams/Flex, Adams/AutoFlex, Adams/Linear, Adams/Controls, Adams/Vibration y Adams/Durability) ofrecen al usuario la posibilidad de llevar a cabo desarrollo de estrategias de diseño, análisis de elementos finitos, linealización de problemas de análisis, desarrollo de sistemas de control (con posibilidad de interactuar con el programa Matlab), estudio de vibraciones en el modelo mecánico y análisis de rotura por fatiga.

- PROENGINEER: presenta una configuración muy similar a la que puede encontrarse en MscAdams, es decir un conjunto de aplicaciones agrupadas en módulos, dedicados cada uno de ellos a satisfacer las necesidades de diseño mecánico, análisis, simulación y diseño de sistemas de producción. El programa presenta seis módulos que pueden adquirirse de forma independiente, pudiendo personalizar así la aplicación, los módulos más interesantes para la materia que se presenta en este proyecto docente son los siguientes:
 - Pro-ENGINEER Detailed Design, módulo que agrupa distintas aplicaciones (Flex3C, Advanced Assembly, Pro/ENGINEER API Toolkit Pro/ENGINEER Design Collaboration,...) que permiten el diseño de componentes y su ensamblaje.

- Pro-ENGINEER Simulation. Las aplicaciones de este módulo (ProEngineer/Structural and Termal, Fatigue Advisor, Behavioral Modeling,...), cubren las necesidades de simulación y análisis (esfuerzos, temperaturas, fatiga, vibraciones,...) para los modelos 3D diseñados.
- SOLIDWORKS: es un software de diseño mecánico en 3D y sólidos absolutamente innovador siendo sus características más relevantes:
 - Totalmente nativo Windows, no solamente “funciona sobre Windows”.
 - Fácil de aprender y usar, filosofía Windows total.
 - Liderazgo en Innovación, funcionalidades únicas y exclusivas.
 - Compatibilidad inigualada, con software de CAD existentes.
 - Potencia para realizar cualquier diseño, sin limitaciones técnicas.
 - Totalmente abierto, uso de estándares Windows (OLE, Vbasic, ...).
 - Aplicaciones verticales integradas, amplían la capacidad de SolidWorks a análisis, simulación, gestión, ...

En SolidWorks se puede encontrar:

- EDrawings.
- SmartMates (Relaciones de Posición Inteligentes).
- Simulación del movimiento con colisiones físicas durante el diseño.
- FeatureManager (Gestor de Operaciones).
- Funcionalidad “Vista al Frente”.
- Modificación dinámica de operaciones.
- Panel de recursos estilo XP con Librerías, PDMWorks,...
- Configuraciones de piezas y ensamblajes basadas en Excel con control total.

- XchangeWorks gratis.
- FeatureWorks con funciones extendidas.
- Traductores directos Integrados (ProE, Solid Edge, UGS, ...).
- Análisis Integrado sin coste adicional: Cosmos Xpress y MoldFlowXpress.
- Productos Integrados con Certificación GOLD Partner.

Con SolidWorks se puede:

- Modelar cualquier objeto que pueda imaginar, incluyendo piezas de chapa y objetos con complejas superficies esculpidas.
 - Crear piezas y ensamblajes según especificaciones.
 - Probar alternativas de diseño a increíble velocidad.
 - Generar formas complejas con esfuerzo mínimo.
 - Incluir detalles avanzados de producción en todos sus modelos.
- AUTOCAD: al igual que otros programas de Diseño Asistido por Ordenador (CAD), gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran éstas, el llamado editor de dibujo. La interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o dibujo, desde la línea de órdenes, a la que el programa está fundamentalmente orientado. Las versiones modernas del programa permiten la introducción de éstas mediante una interfaz gráfica de usuario o en inglés GUI, que automatiza el proceso.
- SOLID EDGE: al igual que para el resto de las aplicaciones presentadas, desde el punto de vista del diseño 3D, el análisis y la simulación, la solución de EDS satisface prácticamente cualquier necesidad del usuario. Desde el punto de vista de la personalización y automatización del proceso de diseño, Solid Edge, permite al usuario

desarrollar un conjunto de aplicaciones que permitirán definir de forma personalizada dicho proceso.

En este proyecto en particular se va a utilizar el programa de diseño y simulación asistido por ordenador llamado Solid Edge para llevar a cabo el modelado de la suspensión multibrazo, ya que es uno de los programas de diseño asistido por ordenador mas visuales a nivel 3D y más fáciles de utilizar.

4.2.- SOLID EDGE

Solid Edge es un software CAD que ofrece funciones de modelado y producción de planos, además de herramientas de diseño y unas funciones de ingeniería únicas que permiten eliminar cualquier error, lo que supone una reducción tanto del tiempo de desarrollo como de los costes. Con esta aplicación pueden realizarse prototipos virtuales en 3D de los productos y además, permite aprovechar, gestionar y reutilizar el conocimiento y la experiencia del equipo de proyectistas. Esta ventaja significa obtener una solución de diseño exacta y sin errores en el proceso de ingeniería. Por su parte, se trata del único sistema de CAD mecánico convencional que integra la gestión de datos dentro de las herramientas CAD [9].

Las características principales son:

- Operaciones específicas para el proceso de modelado de la industria de los plásticos.
- Gestión de grandes conjuntos complejos formados por muchas piezas y subconjuntos.
- Gestión de datos de conjunto desde las primeras fases de planificación del proyecto hasta los ciclos de revisión, fabricación, mantenimiento del proyecto y archivado.
- Verificación visual del movimiento en un ensamble o verificación de interferencias en todo el rango de movimiento.
- Automatización y racionalización de todas las funciones de diseño, desde el concepto hasta el diseño en detalle y la producción de planos, para reducir notablemente el tiempo de desarrollo.

- Creación de modelos virtuales muy precisos que incorporan conocimiento de ingeniería para evitar errores costosos y trabajo innecesario.
- Ayuda para la evaluación de un mayor número de alternativas de diseño en menos tiempo, para optimizar el rendimiento y aumentar la fiabilidad.
- En el diseño de ensamblajes, admite tanto la técnica "top-down" como "bottom-up", permite dividir las tareas de diseño entre los miembros del equipo, presentar los subensamblajes a medida que se terminan y garantizar un producto final homogéneo.
- Ayudas de diseño exclusivas para eliminar errores y facilitar la toma de decisiones.
- Simulación de desplazamientos complejos, detección de interferencias y creación de animaciones de la gama completa de movimientos de un ensamblaje con facilidad y precisión.
- Seguimiento de los dibujos de ingeniería, consecuencia de las alteraciones del modelo de diseño en 3D.
- Herramientas paramétricas basadas en operaciones para modelar piezas mecánicas.
- Entornos especializados para chapas metálicas, soldaduras y tuberías.
- Controles de diseño, detalle, anotación y dimensiones que se ajustan automáticamente al estándar del plano mecánico seleccionado.
- Sistema asociativo de producción de planos que crea y actualiza automáticamente los dibujos de modelos 3D.
- Herramientas económicas para compartir los datos de diseño y colaborar: SmartView, WebPublisher.
- Conversión de datos desde y hacia formatos CAD: ACIS, AutoCAD (DXF/DWG), IGES, MicroStation, STEP, Parasolid, Pro/ENGINEER...
- Minimización de los costes relacionados con la creación de prototipos, los errores y las revisiones, y las peticiones de modificación.

Las prestaciones descritas en los apartados anteriores, hacen de Solid Edge una herramienta de gran utilidad en el diseño de:

- Utilaje y componentes.
- Maquinaria y estructura mecánica.
- Maquinaria general.
- Maquinaria de envasado y embalaje.
- Electromecánica.
- Maquinaria y equipos para la industria de proceso.
- Maquinaria agrícola, obras públicas y transporte.
- Maquinaria de corte, manipulación y mecanizado.

4.3.- MODELADO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN MULTIBRAZO MEDIANTE SOLID EDGE

A continuación se explica de forma detallada como se utiliza el programa Solid Edge [10, 11, 12].

4.3.1.- UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA

Al ejecutar Solid Edge por primera vez aparece una ventana (Figura 4.1) en la que se puede seleccionar el modo de inicio de la aplicación. Se puede crear un fichero nuevo tanto de pieza sólida, como pieza de chapa, conjunto, plano o soldadura. También se pueden ver los tutoriales, así como los accesos principales a las Web de Solid Edge. Hay un “modo aprendiz” que sirve de ayuda en la primera fase de iniciación con el programa.



Figura 4.1: Ventana inicial de Solid Edge.

Si ya se ha iniciado Solid Edge y se desea abrir un nuevo archivo, sólo hay que ir al menú “Archivo – Nuevo” y seleccionar el tipo de archivo según el entorno deseado. En la tabla 4.1 se muestran todas las opciones que aparecen.

PARA	SELECCIONAR
CONJUNTO	NORMAL.ASM
PIEZA SÓLIDA	NORMAL.PAR
PIEZA DE CHAPA	NORMAL.PSM
SOLDADURA	NORMAL.PWD
PLANO	NORMAL.DFT

Tabla 4.1: Tipos de archivo.

Respecto al entorno, al ejecutar Solid Edge – Pieza sólida se puede ver una ventana (Figura 4.2) con los siguientes menús y barras de herramientas, que a continuación se comentan:

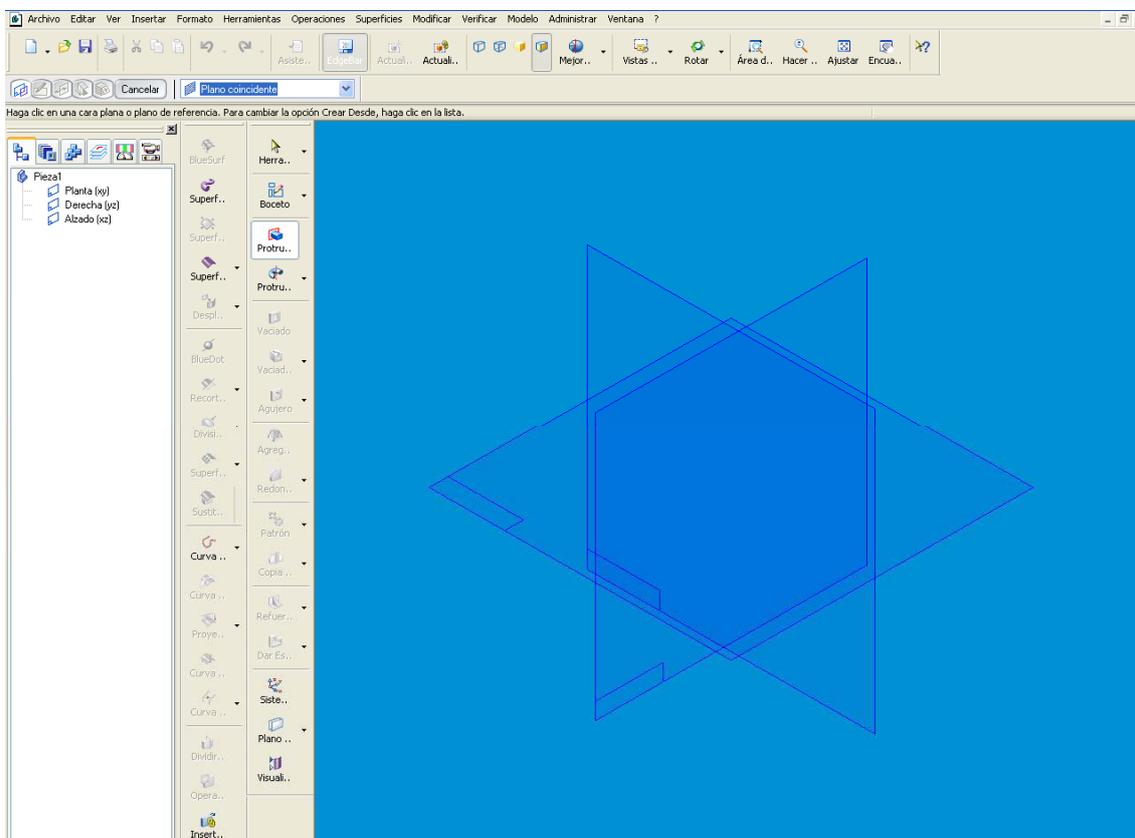


Figura 4.2: Entorno Solid Edge

- Barra de herramienta principal:

Es la barra de herramientas común en todo programa que trabaje bajo Windows; en ella se pueden ver las herramientas más comunes: Abrir, Guardar, Copiar, Imprimir, etc.

- Menú Cinta:

La cinta es una barra de herramientas dinámica sensible al contexto que aparece al hacer clic en un comando específico o al seleccionar un elemento.

- Barra de Operaciones:

La barra de operaciones muestra todas las operaciones que se pueden realizar sobre la pieza. Esta barra cambia en el modo de “Boceto” o en cualquier otro que así lo requiera.

- Edgebar:

Ventana de ayuda para la gestión de tareas. En ella van apareciendo las operaciones a medida que se van realizando.

- Planos de referencia (Excepto en el Entorno Plano):

Permiten definir el plano del espacio sobre el que se va a trabajar.

- Barra de Estado:

Identifica la herramienta (operación), así como una pequeña ayuda sobre el proceso de utilización de la misma, cuando se pulsa o pasa el ratón sobre algún icono.

4.3.2.- DISEÑO DE LAS PIEZAS DE LA SUSPENSIÓN

Para llevar a cabo el diseño de las piezas, en este caso de la suspensión multibrazo, se han de tener en cuenta una serie de operaciones principales y seguir un proceso de diseño en cada una de ellas. A continuación se muestra detalladamente ambos puntos.

4.3.2.1.- OPERACIONES PRINCIPALES

Las dos acciones básicas a la hora de crear piezas en “Solid Edge” son la protrusión y el vaciado:

- PROTRUSIÓN

Consiste en crear un sólido tridimensional a partir de un boceto en dos dimensiones. Existen diferentes tipos de protrusión, de las que se describirán las principales:

- Protrusión por Proyección: Extrude un perfil o boceto paralelamente al plano seleccionado  .
- Protrusión por Revolución: Extrude el perfil seleccionado mediante una revolución a través de un eje  .
- Protrusión por Barrido: Extrude un perfil a lo largo de una trayectoria. El perfil debe ser cerrado y la trayectoria continua y tangente en caso de que conste de varios elementos  .
- Protrusión por Secciones: Crea una extrusión a través de varias secciones  .
- Protrusión Helicoidal o Hélice: Construye una extrusión helicoidal con una sección transversal paralela o perpendicular al eje de la espiral  .
- Protrusión Perpendicular: Construye una extrusión a 90°, respecto de una cara de una pieza, proyectando una curva cerrada o un boceto residentes en la cara.
Para proyectar una curva cerrada se debe utilizar el comando “Proyectar curva” de la barra de herramientas “Superficies”  .

- VACIADO

Las operaciones de vaciado se tratan y actúan de la misma forma que las de profusión con la diferencia de que en lugar de crear material

lo eliminan. Los tipos de vaciado existentes en Solid Edge son los siguientes:

- Vaciado  .
- Vaciado por Revolución  .
- Vaciado por Barrido  .
- Vaciado por Secciones  .
- Vaciado Helicoidal  .
- Vaciado Perpendicular  .
- Agujero: Esta herramienta se utiliza en lugar de la herramienta “vaciado” cuando se quiera realizar agujeros roscados, abocardados o avellanados. La operación agujero circular del entorno boceto va ligada a esta operación, siendo esta herramienta la única que se podrá usar para realizar el perfil agujero  .

4.3.2.2.- PROCESO DE DISEÑO

El primer paso a la hora de crear una pieza en Solid Edge es elegir una operación de protrusión, ya que se necesita tener material sobre el que trabajar.

Después se debe elegir el plano sobre el que se quiere crear el boceto 2D que más adelante se transformará en 3D por medio de la protrusión seleccionada. Para crear este boceto se utilizan las herramientas de dibujo disponibles para 2D (Figura 4.3).

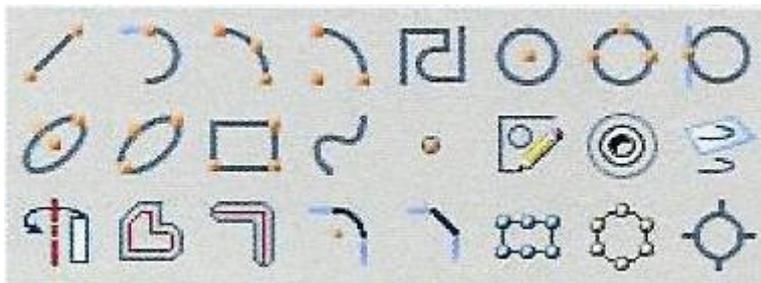


Figura 4.3: Herramientas para la creación del boceto.

Con este grupo de herramientas se puede dibujar el boceto de la pieza que se quiere crear para, posteriormente, crear este perfil y conseguir una pieza en 3D a la que se irá dando la forma buscada añadiendo o eliminando material por medio de más protrusiones o vaciados, hasta conseguir la pieza que se desea.

A continuación se describirá el proceso de creación de una de las piezas del presente proyecto, indicando cada uno de los pasos para formar el brazo que sirve de apoyo para el resorte (Figura 4.4).

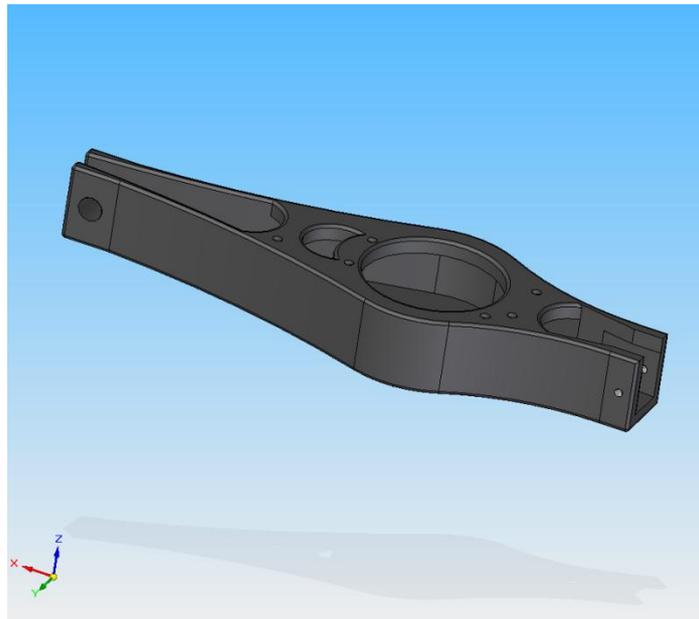


Figura 4.4: Brazo de sujeción del resorte.

En primer lugar se hace una protrusión con la forma básica de la pieza, con sus medidas y con el espesor total de la misma (Figura 4.5).

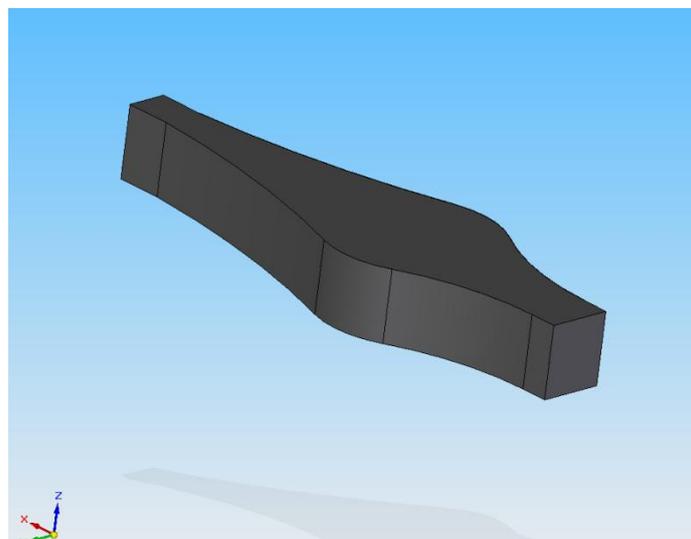


Figura 4.5: Creación Brazo de sujeción del resorte I.

A continuación mediante un vaciado desde un plano paralelo a la base y con una determinada elevación, se realiza el hueco interior del brazo (Figura 4.6).

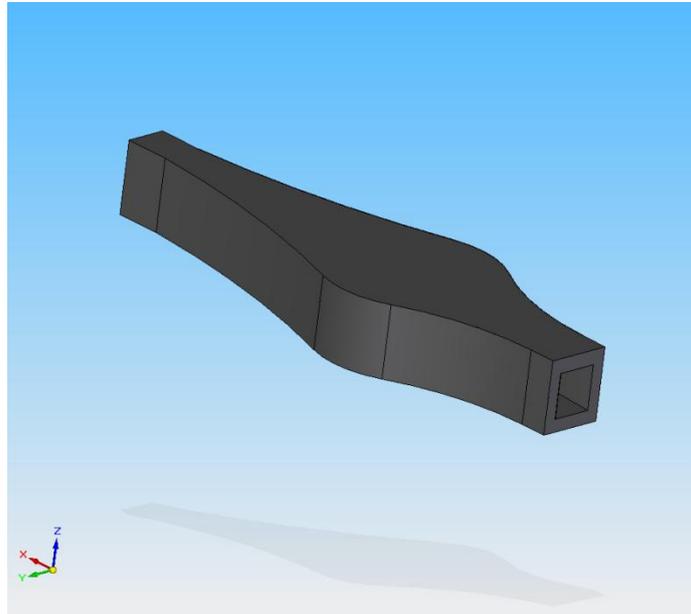


Figura 4.6: Creación Brazo de sujeción del resorte II.

Como tercer paso a seguir, se realiza otro vaciado partiendo desde la parte superior del brazo, en donde se llevarán a cabo los distintos agujeros de la pieza. El agujero central es en el que se alberga el resorte de la suspensión (Figura 4.7).

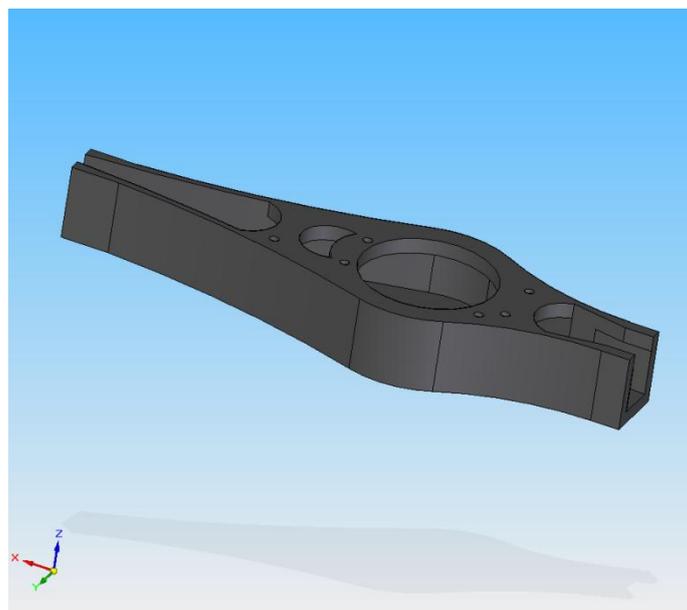


Figura 4.7: Creación Brazo de sujeción del resorte III.

El siguiente paso consiste en realizar lo mismo que en el paso anterior, con la diferencia que esta vez el vaciado se lleva a cabo desde la parte inferior de la base del brazo (Figura 4.8 y Figura 4.9).

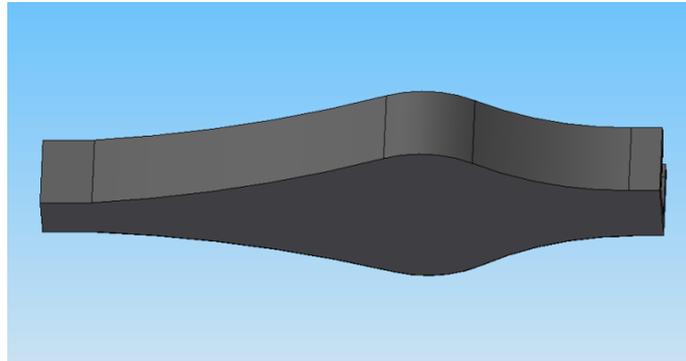


Figura 4.8: Creación Brazo de sujeción del resorte IV(a).

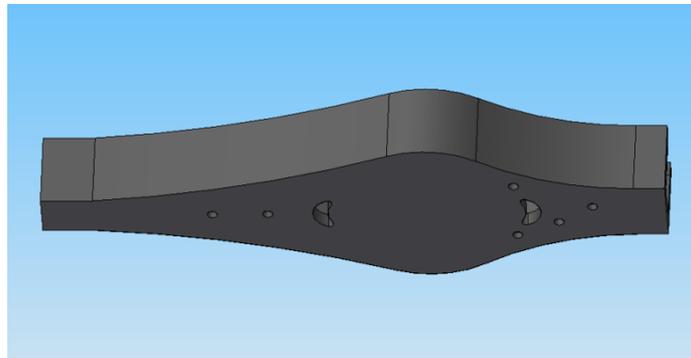


Figura 4.9: Creación Brazo de sujeción del resorte IV(b).

Seguidamente se lleva a cabo una protrusión con forma cilíndrica en la parte interna del brazo acompañada de un agujero que la atraviese (Figura 4.10).

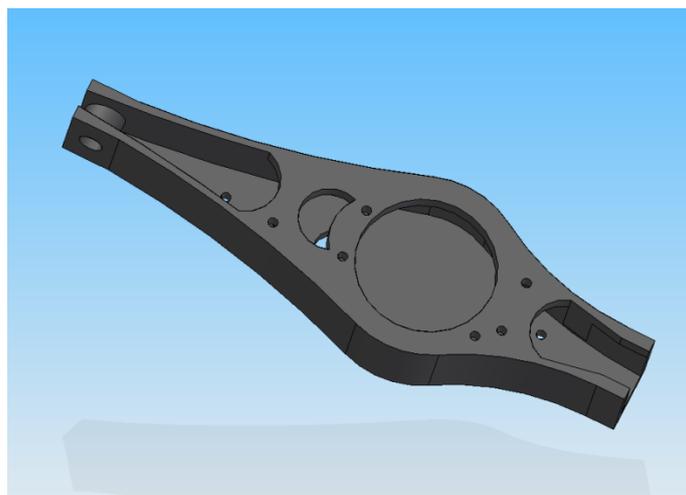


Figura 4.10: Creación Brazo de sujeción del resorte V.

El último paso consiste en realizar el agujero roscado que atraviese el brazo. Por este agujero se unirá la pieza a la mangueta.

Seguidamente para finalizar, se llevan a cabo los redondeos para que la pieza no tenga aristas vivas eliminando así las tensiones internas.

En la figura 4.11 se muestra acabado el Brazo se sujeción del resorte.

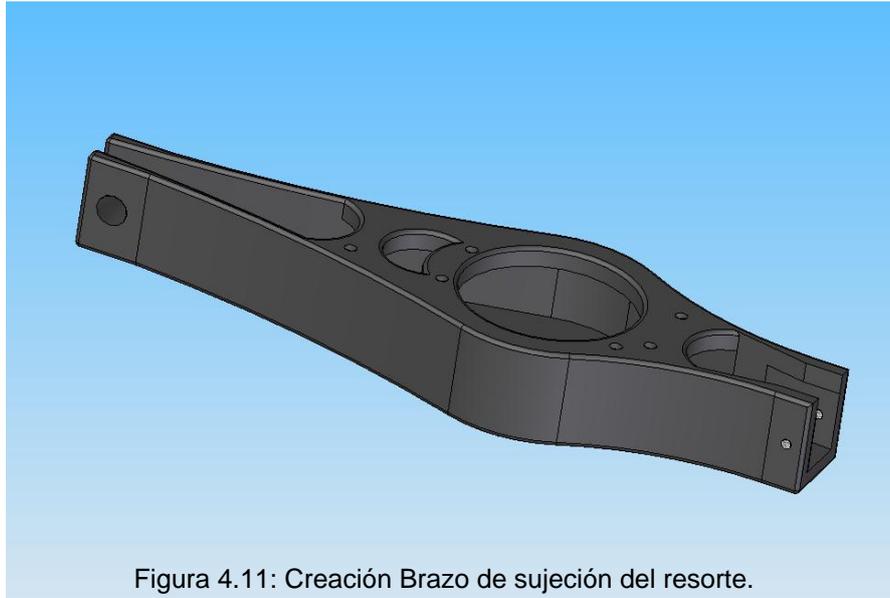


Figura 4.11: Creación Brazo de sujeción del resorte.

4.3.3.- PIEZAS DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

En este punto del proyecto, se muestran todas las piezas realizadas mediante Solid Edge que conciernen al sistema de suspensión multibrazo, incluyendo, por otro lado, piezas realizadas del freno de disco así como la llanta y el propio neumático. De este modo se muestra de una mejor manera el funcionamiento de la suspensión al paso de un resalto.

Desde la figura 4.12 hasta la figura 4.15 se enseñan los elementos que conciernen al conjunto NEUMÁTICO Y LLANTA.



Figura 4.12: Neumático.

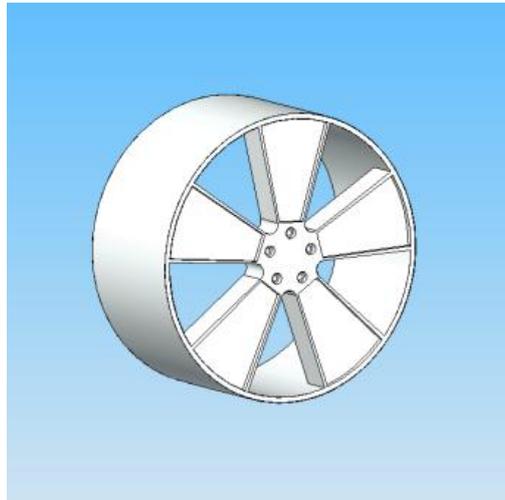


Figura 4.13: Llanta.

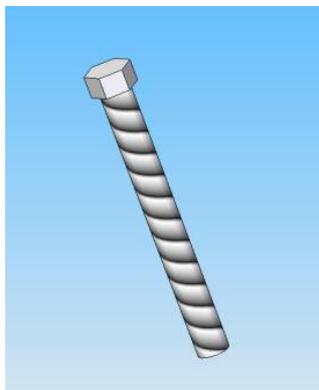


Figura 4.14: Tornillo Neumático.



Figura 4.15: Conjunto Neumático Llanta.

Desde la figura 4.16 hasta la figura 4.20 se muestran los elementos que conciernen al conjunto FRENO DE DISCO.

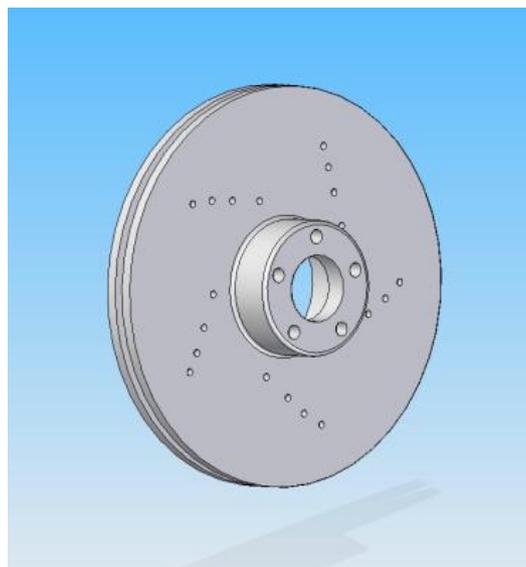


Figura 4.16: Disco de Freno.

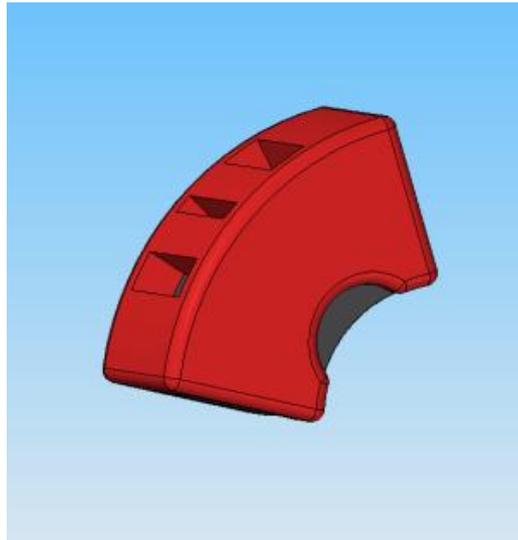


Figura 4.17: Pinza de Freno.

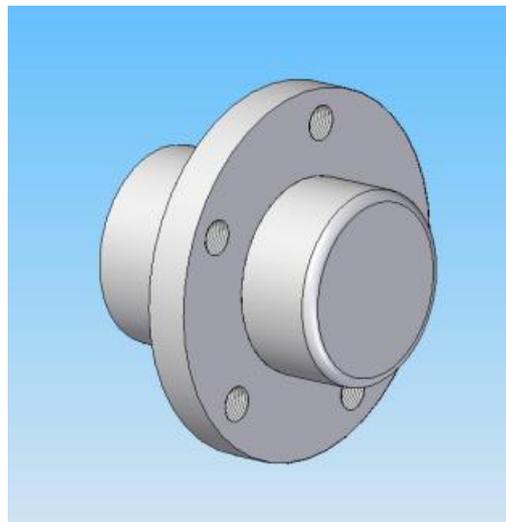


Figura 4.18: Pieza de unión con la llanta.

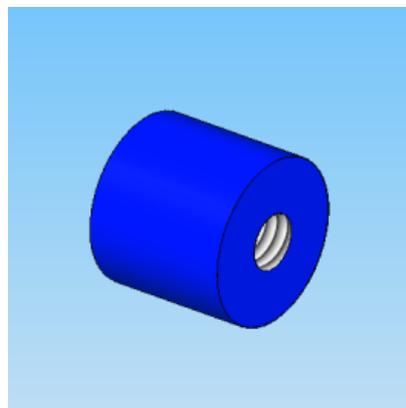


Figura 4.19: Rodamiento.

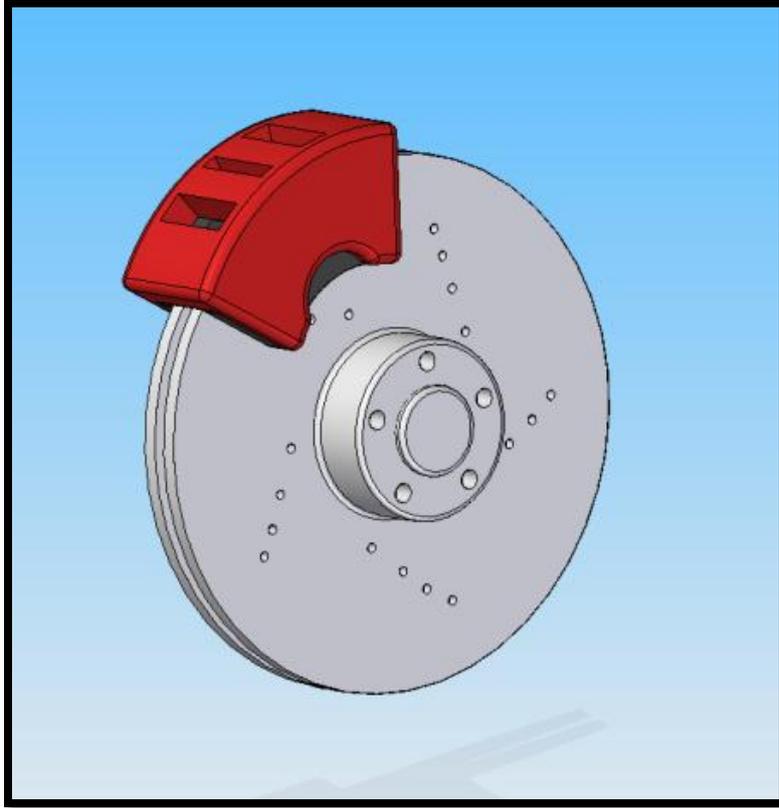


Figura 4.20: Conjunto Freno de Disco.

Desde la figura 4.21 hasta la figura 4.34 se muestran los elementos que conciernen al conjunto SISTEMA DE SUSPENSIÓN MULTIBRAZO.

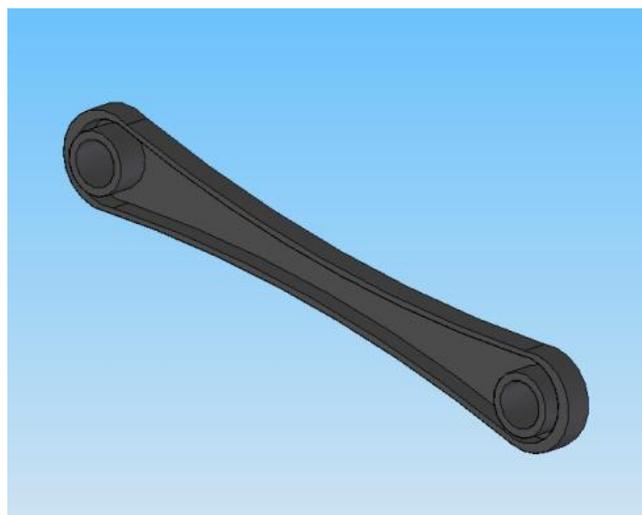


Figura 4.21: Brazo Recto.



Figura 4.22: Brazo Curvo.



Figura 4.23: Mangueta.

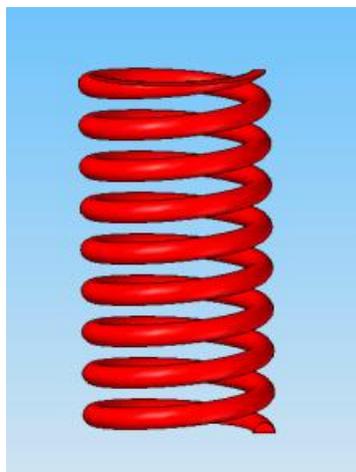


Figura 4.24: Resorte.

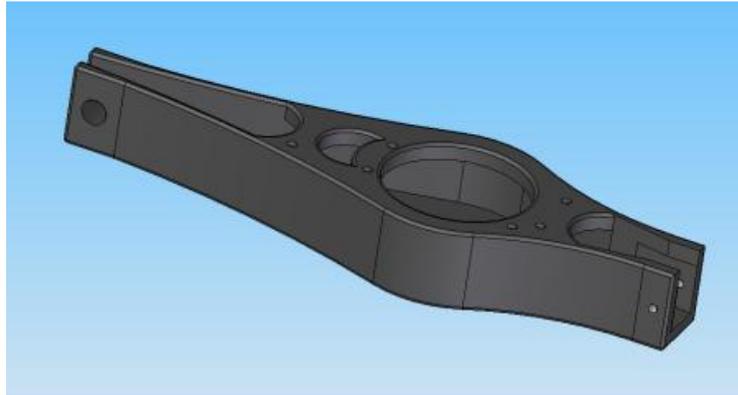


Figura 4.25: Brazo Sujeción Resorte.



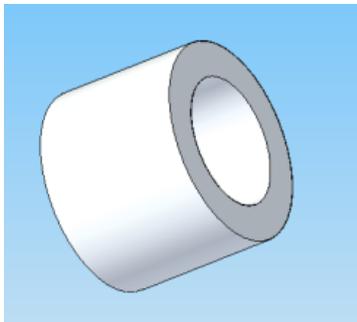
a) Brazo recto.



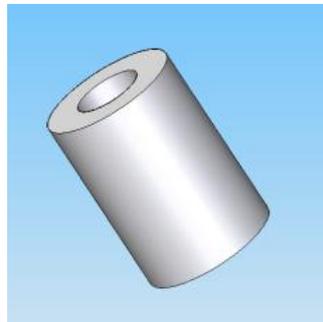
b) Brazo curvo.



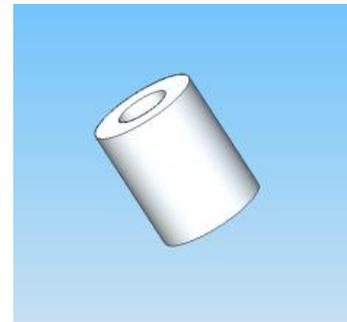
c) Brazo Sujeción Resorte(1).



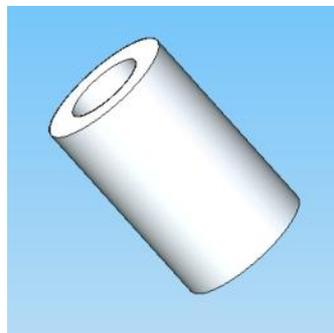
d) Brazo Sujeción Resorte (2).



e) Mangueta - Brazo recto.

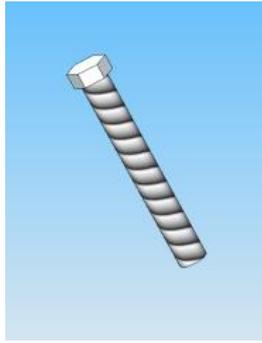


f) Mangueta - Brazo curvo.

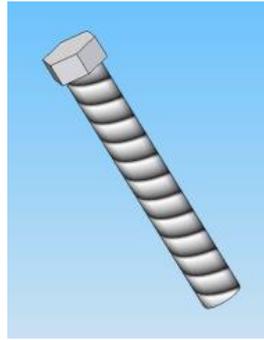


g) Amortiguador - Mangueta.

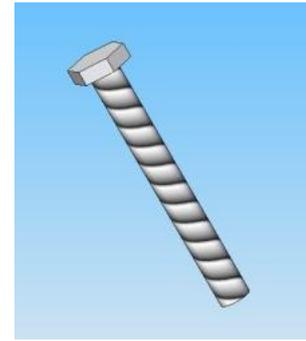
Figura 4.26: Silentblock.



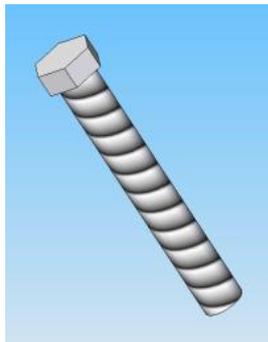
a) Tornillo Brazo recto.



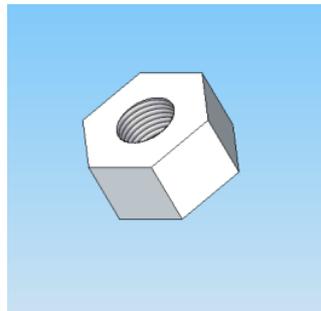
b) Tornillo Brazo curvo.



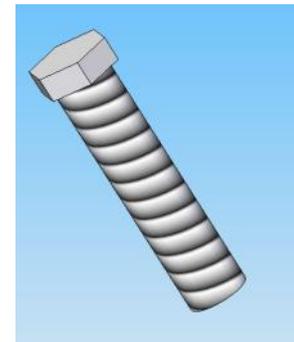
c) Tornillo Brazo Brazo Sujeción Resorte.



d) Tornillo Mangueta - Freno.

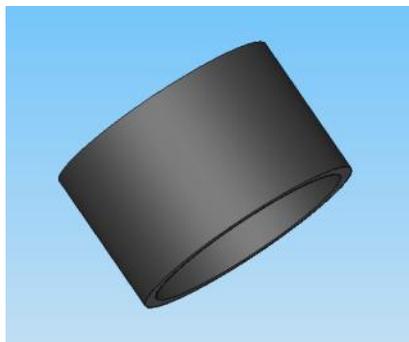


Tuerca.



e) Tornillo Mangueta - Amortiguador.

Figura 4.27: Tornillos y tuerca.



a) Tapa Amortiguador.



b) Tapa Recubrimiento.

Figura 4.28: Tapas.

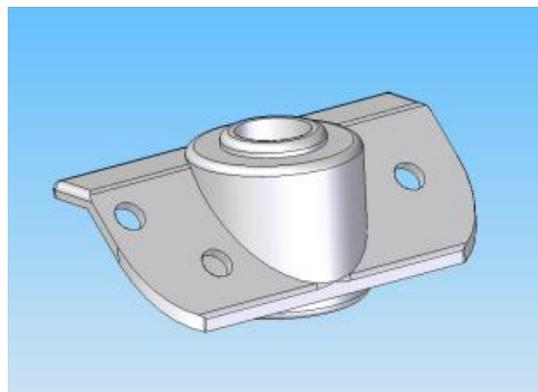


Figura 4.29: Unión Amortiguador - Chasis.

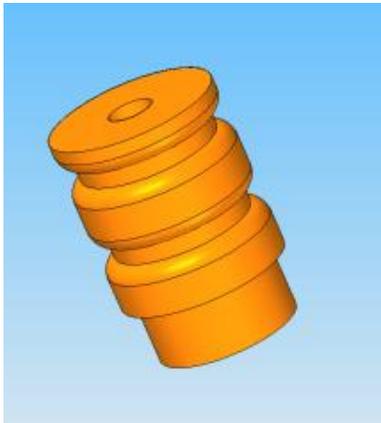


a) Tubo exterior.



b) Tubo interior.

Figura 4.30: Tubos Amortiguador.



a) Recubrimiento (1).



b) Recubrimiento (2).

Figura 4.31: Recubrimientos Amortiguador.

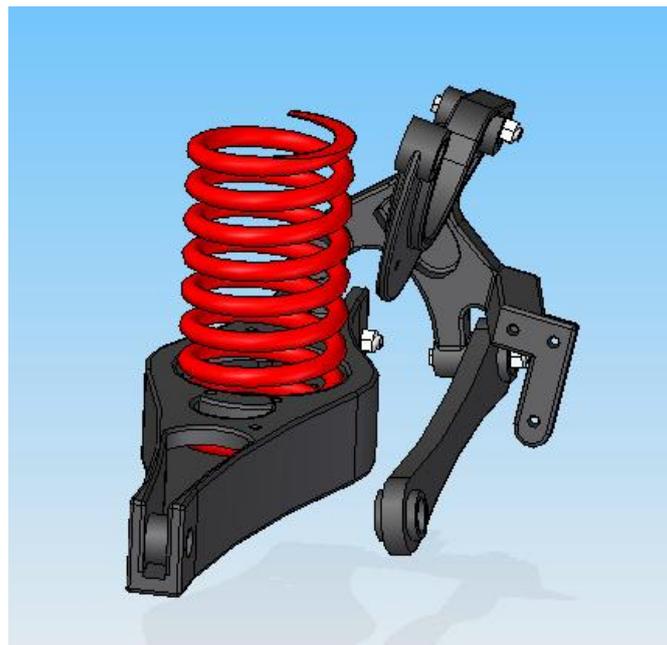


Figura 4.32: Conjunto Suspensión (1).

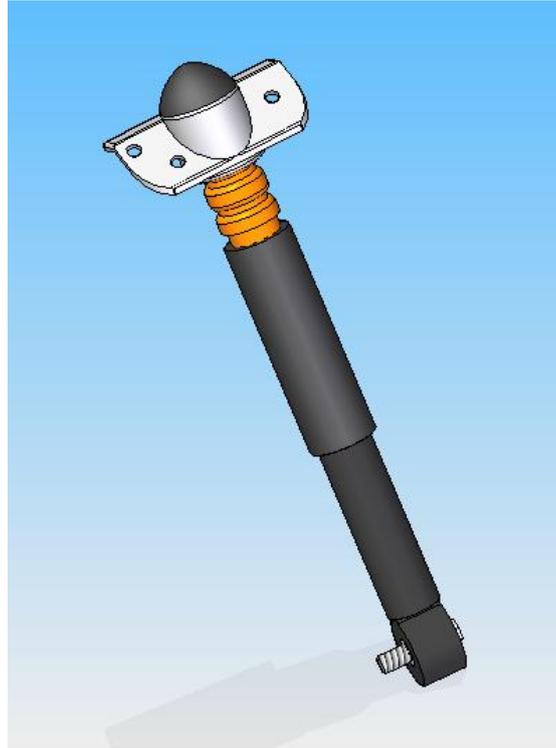


Figura 4.33: Conjunto Suspensión (2) / Amortiguador.

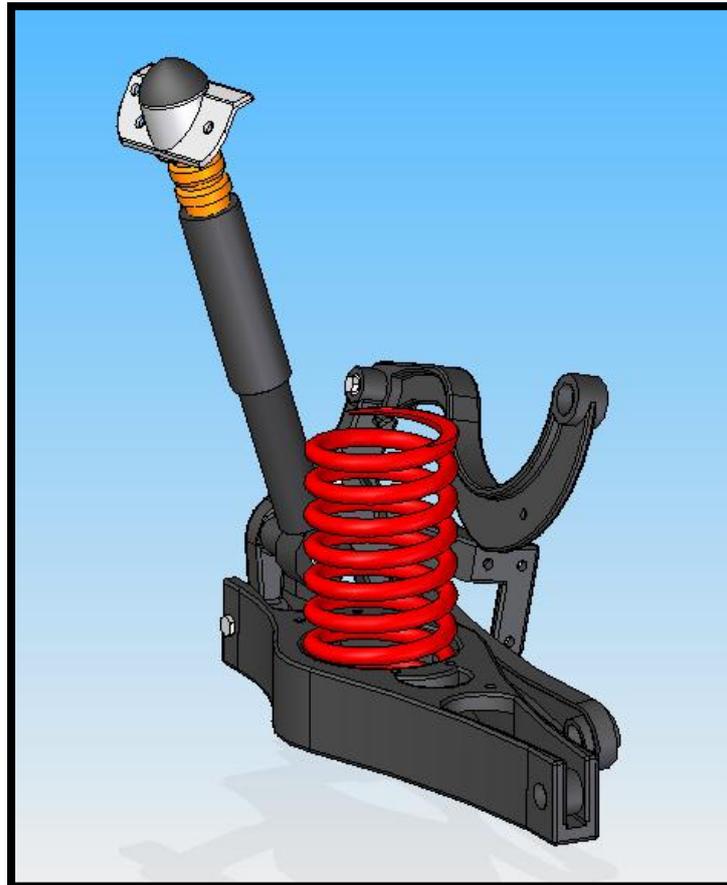


Figura 4.34: Conjunto Suspensión.

En la figura 4.35 se muestra el conjunto entero de todas las piezas, para ello se realiza un conjunto de los subconjuntos anteriores (Neumático-Llanta, Freno de Disco y Suspensión).

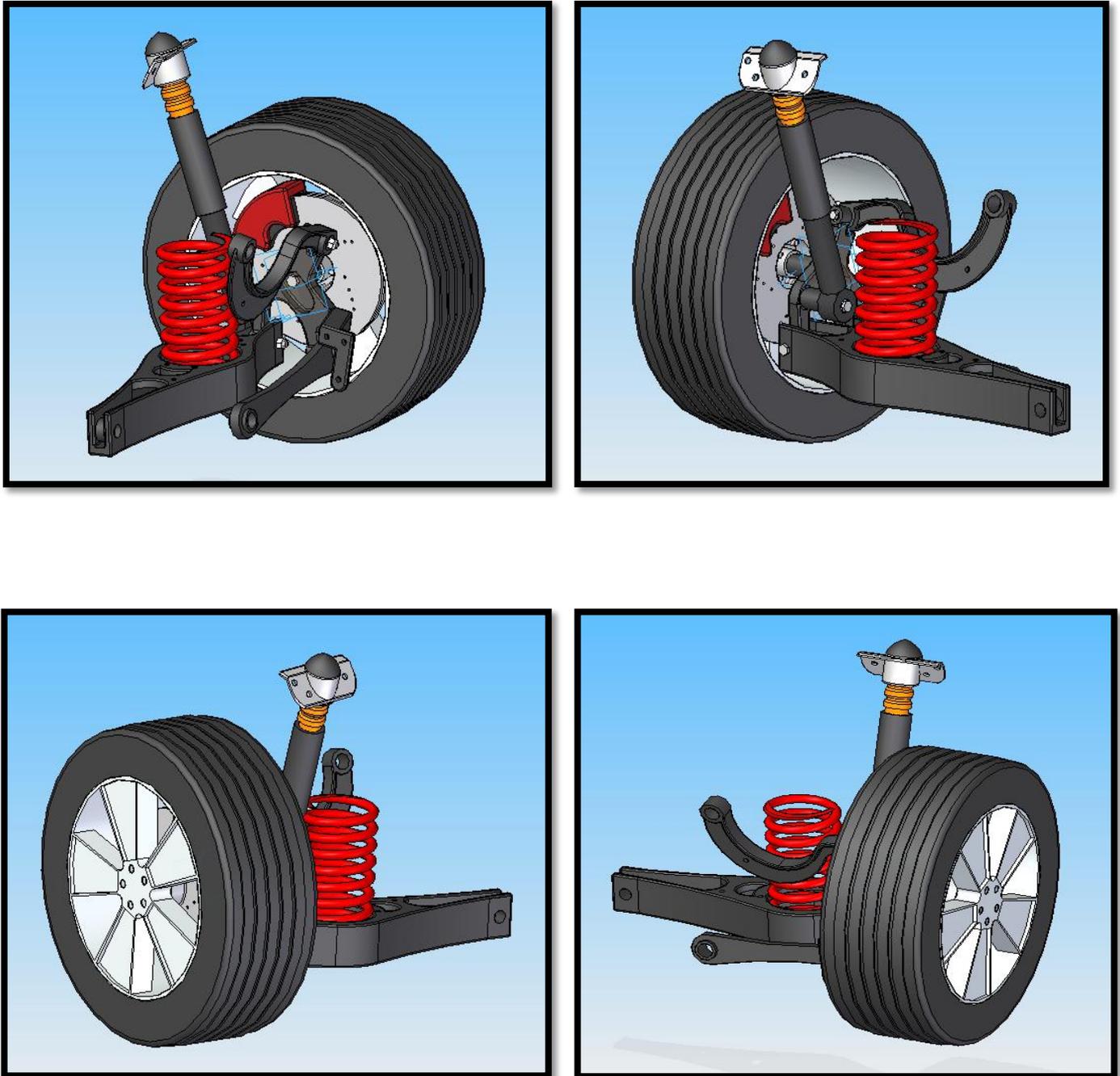


Figura 4.35: Conjunto Total desde diferente vistas.

En las figuras 4.36 y 4.37 se muestra la comparación entre el conjunto del sistema de suspensión multibrazo llevado a cabo mediante Solid Edge con el sistema de suspensión multibrazo real.

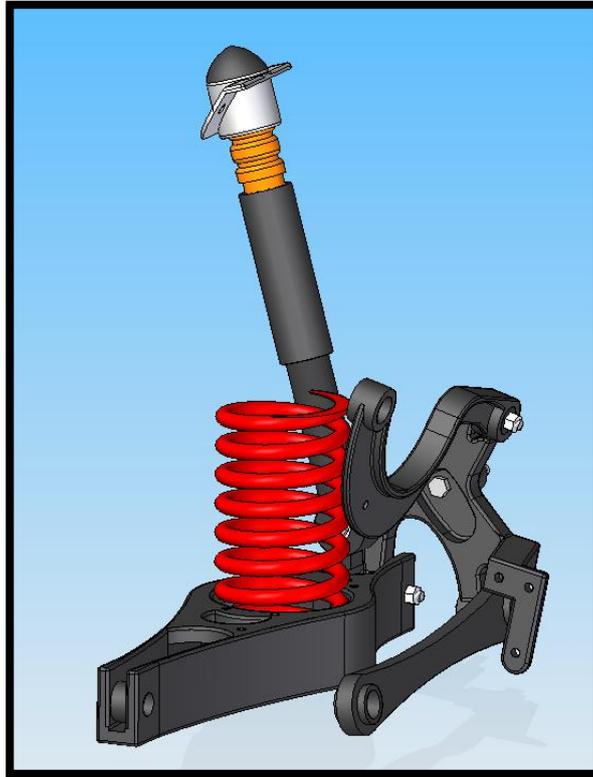


Figura 4.36: Conjunto Sistema de Suspensión Multibrazo.



Figura 4.37: Sistema de Suspensión Multibrazo.

En la figura 4.38 se muestra el conjunto del sistema de suspensión de una manera más real.

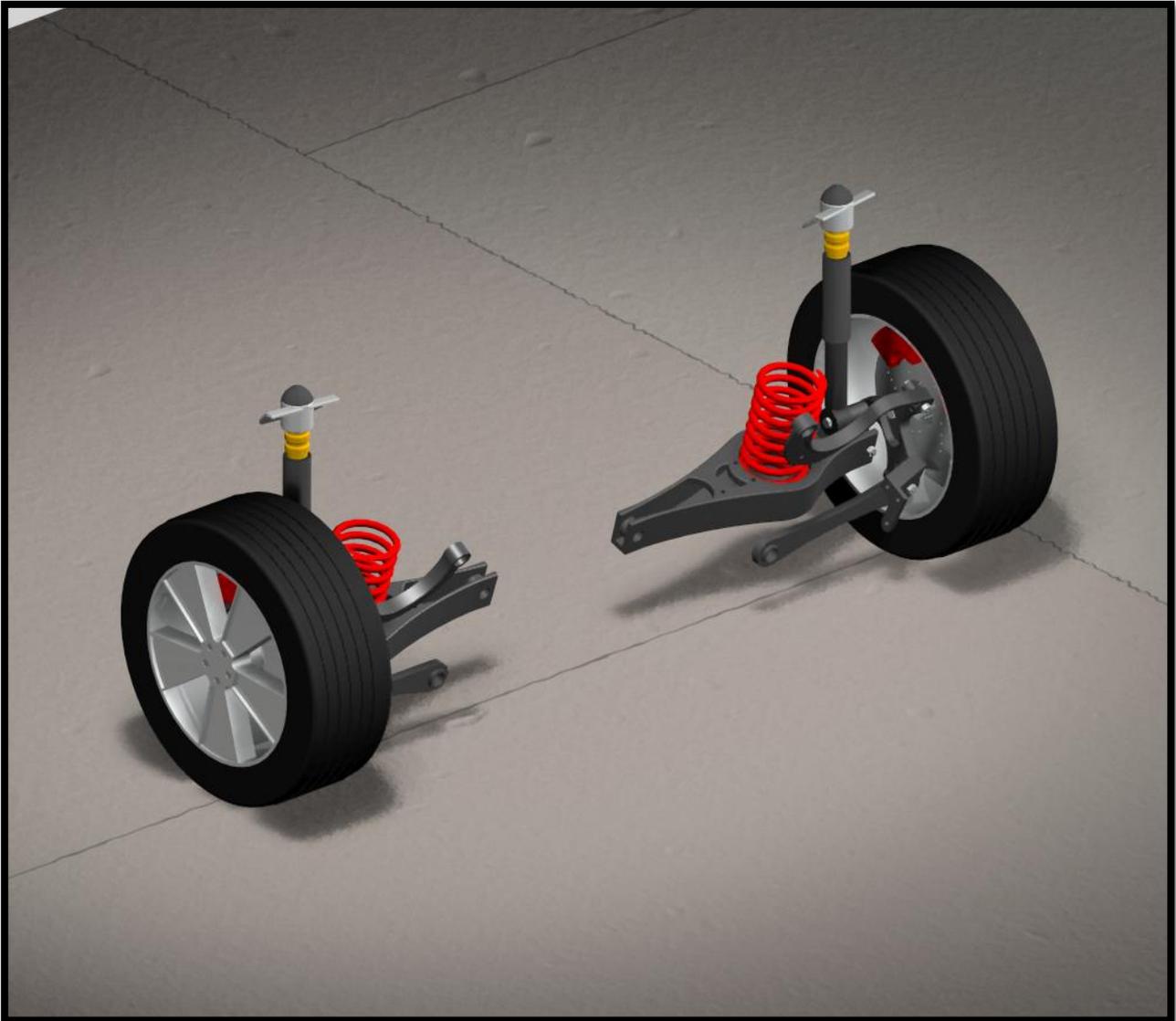


Figura 4.38: Conjunto Sistema de Suspensión Multibrazo.

CAPÍTULO 5: LA REALIDAD VIRTUAL

El término de realidad virtual es muy usado. En éstos días en que todo es virtual, encontramos mucha confusión en las personas expuestas de una u otra forma a los nuevos medios. En el nombre en sí hay una gran contradicción: realidad virtual. Algo que es, pero no es. Sin embargo no tenemos que complicarnos la vida tratando de explicar la paradoja. La realidad virtual es una representación de las cosas a través de medios electrónicos, que nos da la sensación de estar en una situación real en la que se puede interactuar con todo aquello que rodea a las personas [10].

Su función es la de crear un mundo virtual, crearlo con objetos, definir las relaciones entre ellos y la naturaleza de las interacciones entre los mismos. Permite observar un objeto o estar dentro de él; es decir, penetrar en ese mundo que solo existirá en la memoria del observador en un corto plazo de tiempo (mientras lo observe) y en la memoria del ordenador.

Hoy en día existen muchas aplicaciones de entornos de realidad virtual con éxito en muchos de los casos. En estos entornos el individuo solo debe preocuparse por actuar, ya que el espacio que antes se debía imaginar, es facilitado por medios tecnológicos.

A continuación se muestran algunas de las características más importantes que componen un sistema de realidad virtual:

- Mundo, espacio o ambiente virtual: Responde a la metáfora de “mundo” que contiene “objetos” y opera en base a reglas que varían en flexibilidad dependiendo de su compromiso con la Inteligencia Artificial.
- Inmersión: propiedad mediante la cual el usuario tiene la sensación de encontrarse dentro de un mundo virtual tridimensional.
- Punto de observación o referencia: punto dentro del mundo virtual que permite determinar ubicación y posición de observación del usuario dentro del mundo virtual.
- Navegación: propiedad que permite al usuario cambiar su posición de observación.

- Manipulación: característica que posibilita la interacción y transformación del entorno virtual.
- Lenguaje: Se expresa en lenguaje gráfico tridimensional.
- Comportamiento: Es dinámico y opera en tiempo real.

5.1.- HISTORIA

La exploración en el campo de la realidad virtual se inició en el año 1968 con los experimentos de un grupo de investigación de la Universidad de Harvard (EEUU) [13].

Este grupo de investigadores diseñó el primer casco, conocido como *Incredible Helmet* (casco increíble), un dispositivo bastante rudimentario con dos tubos de rayos catódicos que, aunque eran bastante pequeños para la época, no dejaban de ser pesados y voluminosos.

El sensor de posición del *Incredible Helmet* se hallaba fijado en el techo por una barra rígida, que servía para traducir los movimientos de la cabeza a desplazamientos de unos potenciómetros, cuya posición era detectada por el ordenador. Por su construcción el dispositivo presentaba numerosos problemas de movilidad y comodidad.

Las limitaciones del hardware existente en aquella época ocasionaron que las primeras tecnologías resultaran poco convincentes. Los ambientes se creaban usando el sistema de generación de gráficos vectoriales más avanzado del momento; sin embargo, solo se logró producir la sensación de estar en un mundo de objetos que parecían estar hechos de alambre, y la ilusión de inmersión era insuficiente.

Si bien las primeras exploraciones en el campo de la realidad virtual no fueron exitosas, sirvieron para demostrar que era posible llegar a una mayor evolución en un futuro próximo. Como consecuencia, numerosas empresas y centros de investigación civil y militar mostraron interés en su desarrollo.

La primera adaptación de un dispositivo que permitiera simular reacciones táctiles de fuerza fue lograda en 1968 por un grupo de investigadores de la Universidad de Carolina del Norte (EEUU). Para esto se sirvieron de un dispositivo robótico similar a los que se usan para la manipulación remota de materiales radiactivos, de forma que ofreciese mayor o menor resistencia al movimiento según fuese necesario. Un dispositivo similar a este, aunque mucho más desarrollado es empleado en la actualidad para numerosas tareas de la realidad virtual.

Posteriormente se creó el guante de datos. Su invento empezó a venderse en poco tiempo a organismos como la NASA y el Pentágono.

En el Reino Unido el desarrollo de ambientes sintéticos de inmersión fue protagonizado por Jonathon Waldern fundador de W Industries y de Virtuality, quien lanzó al mercado el primer producto basado en el uso del casco, cuyo diseño se inició en 1981, completándose el primer prototipo en 1988. En julio de 1991 apareció Dactyl Nightmare el primer juego en el que varios usuarios pueden interactuar en un mismo espacio.

La historia de la realidad virtual en Internet se inició con el GopherVR, un navegador que creaba una interfaz al gopherespacio generando mundos virtuales al vuelo. El interés en este sistema decayó en 1993, con la llegada del World Wide Web (www).

El lenguaje de realidad virtual empleado actualmente en la red es el VRML (Virtual Reality Modeling Language), cuya historia se inició en 1994, con la Primera Conferencia Internacional en el World Wide Web realizada en Mayo de ese año. En ella Mark Pesce y Tony Parisi presentaron una herramienta de visualización llamada Labyrinth.

A partir de ese momento se propuso un ciberespacio consistente y definido por el uso de VRML para mejorar la navegación en la red sin embargo, la discusión y la actividad que siguieron resultaron en la especificación de un lenguaje común para definir las escenas tridimensionales más que en la generación de una interfaz.

En Mayo de 1995 se presentó VRML 1.0, un lenguaje para definir mundos virtuales estáticos con la anchura de la red, basados en el formato de archivo OpenInventor ideado por Silicon Graphics. En Agosto de ese mismo año se introdujo VRML 2.0, un lenguaje mucho más poderoso para definir mundos virtuales dinámicos, con animación, interacción con el usuario y scripts para programas. Posteriormente apareció VRML 97, una revisión del VRML 2.0.

5.2.- TIPOS DE REALIDAD VIRTUAL

La realidad virtual puede ser de tres tipos: inmersiva, no inmersiva y semi-inmersiva. Los métodos inmersivos de realidad virtual con frecuencia se ligan a un ambiente tridimensional creado por ordenador, el cual, se manipula a través de cascos, guantes u otros dispositivos que capturan la posición y rotación de diferentes partes del cuerpo humano. La realidad virtual no inmersiva utiliza medios como el que actualmente ofrece Internet en el cual se pueden interactuar a tiempo real con diferentes personas en espacios y ambientes que en realidad no existen sin la necesidad de dispositivos adicionales al ordenador. En un término medio se encuentra la realidad virtual semi-inmersiva, la cual ofrece que el usuario se mantenga en contacto con elementos del mundo real [14].

A continuación se muestran más detalladamente los tres tipos que existen de realidad virtual.

5.2.1.- SISTEMAS INMERSIVOS

Los sistemas inmersivos son aquellos sistemas donde el usuario se siente dentro del mundo virtual que está explorando. Este tipo de sistemas utiliza diferentes dispositivos denominados accesorios, como pueden ser guantes, trajes especiales, visores o cascos, estos últimos le permiten al usuario visualizar los mundos a través de ellos, y precisamente estos son el principal elemento que lo hacen sentirse inmerso dentro de estos mundos. Este

tipo de sistemas son ideales para aplicaciones de entrenamiento o capacitación. En la figura 5.1 se muestra como es la realidad virtual inmersiva.



Figura 5.1: Realidad virtual inmersiva.

5.2.2.- SISTEMAS SEMI-INMERSIVOS

Los sistemas semi-inmersivos o inmersivos de proyección se caracterizan por ser 4 pantallas en forma de cubo (tres pantallas forman las paredes y una el piso), las cuales rodean al observador, el usuario usa lentes y un dispositivo de seguimiento de movimientos de la cabeza, de esta manera al moverse el usuario las proyecciones perspectivas son calculadas por el motor de RV para cada pared y se despliegan en proyectores que están conectados a la computadora. Este tipo de sistemas son usados principalmente para visualizaciones donde se requiere que el usuario se mantenga en contacto con elementos del mundo real. En la figura 5.2 se muestra como es la realidad virtual semi-inmersiva.



Figura 5.2: Realidad virtual semi-inmersiva.

5.2.3.- SISTEMAS NO INMERSIVOS

Los sistemas no inmersivos o de escritorio, son aquellos donde el monitor es la ventana hacia el mundo virtual y la interacción es por medio del teclado, micrófono, mouse o joystick, este tipo de sistemas son idóneas para visualizaciones científicas, también son usadas como medio de entretenimiento (como son los casos de los juegos de arcada) y aunque no ofrecen una total inmersión son una buena alternativa de bajo costo. En la figura 5.3 se muestra como es la realidad virtual no inmersiva.

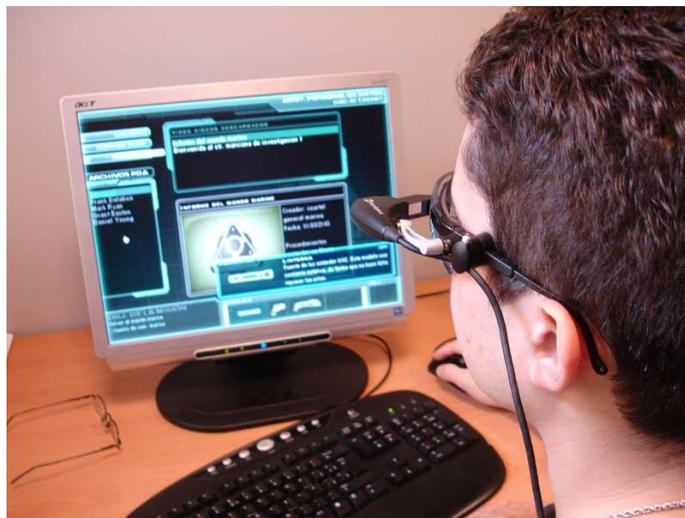


Figura 5.3: Realidad virtual no inmersiva.

5.3.- EQUIPOS UTILIZADOS EN LA REALIDAD VIRTUAL

En la realidad virtual existen multitud de equipos que sirven para introducir a la persona en ese mundo imaginario. Dichos equipos se pueden incluir en diferentes categorías, siendo las principales las que se indican a continuación [15].

5.3.1.- PARA VISIÓN

La realidad virtual en el área de la visión trabaja básicamente con dos tipos de implementos: cascos y boom, este último es un equipo que consiste en un brazo mecánico que sostiene un display a través del cual al girarlo se puede

observar el entorno del mundo virtual en el cual se está; debido a que su peso es soportado por el brazo mecánico y no por el usuario, como ocurre con el casco, este puede ser un equipo de mayor complejidad y contenido electrónico, lo cual se traduce en ventajas tales como la obtención de una mejor solución. A continuación presentamos algunas características de estos equipos:

- *Visión estereoscópica:* es la sensación de ver una determinada imagen en 3 dimensiones, esto se logra haciendo una representación igual para cada ojo de la imagen que se va a observar, estas representaciones son posteriormente proyectadas desde un mismo plano y separadas una distancia que está determinada por la distancia a la cual se encuentra el observador del plano de las imágenes. Desde este punto de vista, también existen equipos de visión monocular a través de los cuales se visualizan los objetos en la forma habitual. En la figura 5.4 se muestra un casco estereoscópico.



Figura 5.4: Casco estereoscópico.

- *Binoculares:* son equipos que constan de una pantalla individual para cada ojo, para el funcionamiento de la visión estereoscópica, es necesario tener un equipo que tenga esta característica; para equipos de visión monoscópica esta característica es opcional. Así mismo, también existen equipos monoculares, los cuales constan de una sola pantalla para ambos ojos.

5.3.2.- EQUIPOS EMPLEADOS PARA INTERACTUAR

En la actualidad la realidad virtual está haciendo uso de guantes y vestidos como medio para interactuar en un ambiente virtual, para lograr esto, estos dispositivos se comportan inicialmente como dispositivos de entrada que le permiten al ordenador conocer la ubicación del usuario dentro del ambiente virtual, así mismo, le permiten al usuario ubicarse en el medio e interactuar con él y en algunos casos recibir ciertos estímulos donde estos dispositivos se convierten en dispositivos de salida. En la figura 5.5 se muestra como es un guante virtual.



Figura 5.5: Guante virtual.

Algunas sensaciones o estímulos que se pueden recibir son:

- Sensación de estar sosteniendo un objeto que se ha cogido dentro del ambiente virtual, esto se logra gracias a unas almohadillas que se inflan en el guante y dan la sensación de percibir un peso.
- También se puede llegar a percibir la rugosidad y forma propias de objetos situados en el interior del ambiente virtual, lo cual se logra gracias a que algunos dispositivos tienen partes de aleaciones con memoria que tras variaciones en la temperatura toman formas que se les han practicado con anterioridad.

5.3.3.- EQUIPOS EMPLEADOS PARA AUDICIÓN

Los audífonos son el equipo básico empleado para escuchar los sonidos propios de un ambiente virtual. A continuación se presentan algunas variantes de estos equipos:

- *Audífonos convencionales*: son los audífonos de uso más corriente, a través de estos se escucha el sonido simulado de los objetos sin identificar auditivamente el punto de ubicación de los mismo.
- *Convolvotrón* : estos audífonos además de simular el sonido propio de los objetos, simulan la ubicación de los mismos dentro del ambiente virtual. En la figura 5.6 se enseña como es un convoltrón.



Figura 5.6: Convolvotrón.

- *Cabina de Simulación*: Como su nombre indica, son grandes aparatos en los que se sumerge al usuario como si maniobrara un vehículo con cabina (simuladores de vuelo, submarinos, etc.)
- *Holofonía*: Este sistema de sonido funciona por medio de unos audífonos convencionales; se consigue simular la posición y la distancia de los diferentes sonidos de forma muy realista.

5.4.- APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL

En un principio la realidad virtual fue usada en su mayoría para aplicaciones militares o incluso de entretenimiento, sin embargo, en los últimos años se han diversificado las áreas en que se utiliza. En las secciones anteriores, se mencionó los diferentes tipos de realidad virtual y sus áreas de utilización, aquí se explora más a fondo los distintos proyectos que existen relacionadas con esta tecnología. Se describirán proyectos de distintos tipos: visualización (una de las facetas más fascinantes de la realidad virtual), manipulación de robots, medicina... [16].

5.4.1.- REALIDAD VIRTUAL EN LA FÍSICA

Dentro del área de la física existen proyectos con distintos enfoques, aquí se describe una aplicación muy común: la visualización de fluidos de partículas.

El fluido de partículas (Figura 5.7) es una aplicación en el área de visualización. Existen proyectos que modelan este tipo de fenómenos, donde el propósito principal es el fácil análisis de una gran cantidad de datos que facilitan el estudio de los modelos. Se cuenta con una herramienta auxiliar que permite visualizar modelos complicados de interpretar si solo se analizan tal cual. Este proyecto corresponde a un tipo de realidad no inmersiva.

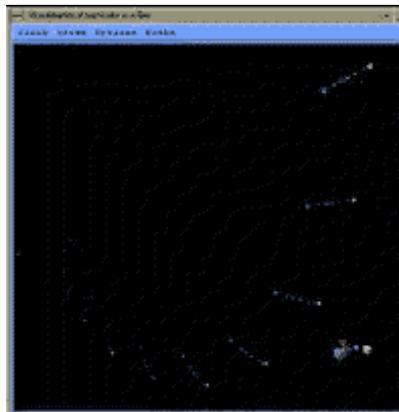


Figura 5.7: Fluido de partículas.

5.4.2.- REALIDAD VIRTUAL EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Dentro del área de Ciencias de la Tierra se realizan proyectos para algunas de las áreas de aplicación, como lo es la visualización de fenómenos volcánicos o la modelación de relieves topográficos.

5.4.2.1.- VISUALIZACIÓN DE FENÓMENOS VOLCÁNICOS

Sin duda, el riesgo de potenciales erupciones volcánicas es un problema que se tiene en todo el mundo. Las simulaciones de fenómenos volcánicos (Figura 5.8) permiten analizar la pérdida de vida y la destrucción de la infraestructura. Los modelos de flujos permiten estimar los movimientos de materiales volcánicos dentro y sobre la superficie. Este tipo de aplicaciones

permite el entendimiento de los peligros de estos fenómenos antes de que sucedan, además, del desarrollo de mapas de riesgo, asistencia en crisis y reconstrucción post-crisis. Un gran desarrollo es el de un sistema de visualización de estos fenómenos, el cual es utilizado para el análisis de varios tipos de flujos que van desde lava de movimiento lento y flujos saturados, que le permitirá a oficiales públicos, científicos y la población en general entender el efecto de varios fenómenos volcánicos y sus áreas locales y diseñar planes apropiados de migración. Este tipo de aplicación corresponde a la categoría de realidad virtual no inmersiva.

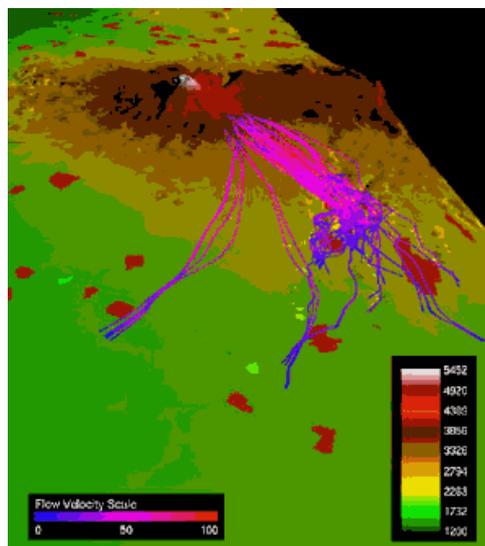


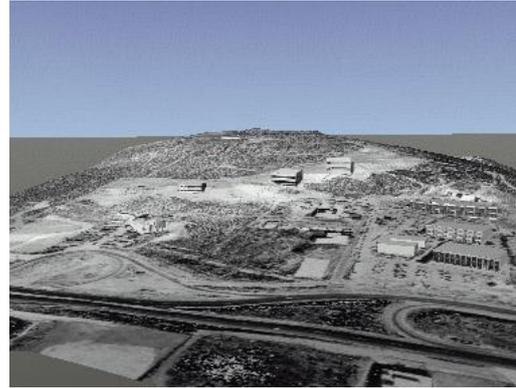
Figura 5.8: Simulación de una erupción volcánica.

5.4.2.2.- MODELADO DE RELIEVES TOPOGRÁFICOS

El modelado de relieves topográficos (Figura 5.9) es una herramienta que asociada a las técnicas ya utilizadas, ayuda en el análisis de terrenos. El CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Enseñanza) (California, EEUU) se ha incursionado en esta área, al incorporar el modelado virtual del relieve topográfico del Campus a un Proyecto Ecológico de Crecimiento Armónico, donde además de contarse con fotos de las distintas divisiones del campus, se tiene el modelo virtual como una ayuda para la fácil planeación y localización de los cambios que se incorporen al campus.



a) Modelado de relieve topográfico (I).

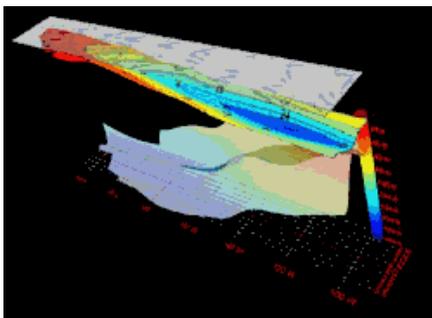


b) Modelado de relieve topográfico (II).

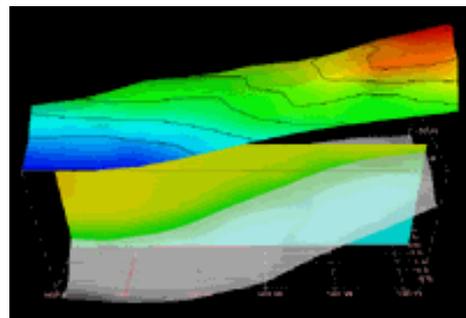
Figura 5.9: Modelado de relieve topográfico.

5.4.3.- REALIDAD VIRTUAL EN LA OCEANOLOGÍA

Utilizando la realidad virtual en proyectos de oceanología (Figura 5.10) se puede visualizar una estructura tridimensional de la superficie del océano, donde se puede modelar por ejemplo el comportamiento de larvas, tener una simulación de cómo el viento afecta las olas, u observar fenómenos como los de El Niño o La Niña, observando temperaturas, dirección de vientos o velocidad.



a) Realidad virtual oceánica (I).



b) Realidad virtual oceánica (II).

Figura 5.10: Realidad virtual oceánica.

5.4.4.- REALIDAD VIRTUAL EN LA MEDICINA

La medicina es uno de los campos más importantes para las aplicaciones de realidad virtual. Así como la medicina cuenta con una vasta diversidad de áreas de estudio, de igual manera la realidad virtual se aplica para una diversidad de disciplinas. Estas aplicaciones corresponden al tipo de realidad virtual inmersiva.

5.4.4.1.- TRATAMIENTO PARA EL BIENESTAR DE PACIENTES CRÓNICOS Y TERMINALES

En este tipo de tratamiento los pacientes pueden experimentar mundos virtuales sin que se les cause fatiga alguna o estrés adicional. Se espera que un bello escenario en conjunto con viento, sonidos, olores brinde a los pacientes una relajación y sentido de bienestar.

5.4.4.2.- SIMULACIÓN DE CIRUGÍAS VIRTUALES

Una aplicación más de la realidad virtual en la medicina son los proyectos de cirugías virtuales (Figura 5.11). La idea general es proveer al cirujano con una herramienta que le permita experimentar diferentes procedimientos quirúrgicos en un ambiente artificial. Las aplicaciones de éste tipo se puede utilizar también para el entrenamiento de estudiantes de medicina, donde ellos pueden realizar operaciones en modelos virtuales permitiéndoles observar los resultados. Este tipo de simulaciones tridimensionales todavía se pueden perfeccionar, sin embargo, existen modelos que ya se están implementando actualmente.

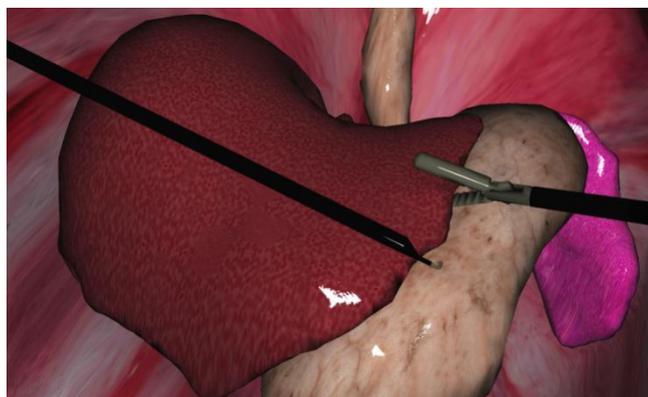


Figura 5.11: Realidad virtual en la cirugía.

5.4.5.- REALIDAD VIRTUAL EN LA PSICOLOGÍA

El tratamiento de fobias juega un lugar muy importante dentro de la disciplina de la psicología, cada año millones de personas acuden a psicólogos para el tratamiento de fobias que van desde miedo a las alturas, a volar, a las arañas, claustrofobia, miedo a manejar, etc. La incorporación de la realidad virtual a los tratamientos ya establecidos beneficia y agiliza en gran parte el proceso de superación, puesto que el tener modelos virtuales aumenta la confianza y seguridad del paciente, ya que él sabe que mientras pruebe este tipo de modelos nunca se encontrará realmente en peligro. Además el paciente se siente más tranquilo al saber que al encontrarse en un ambiente virtual puede parar cuando éste lo desee. El paciente puede visualizar mejor su problema y por consecuencia, el psiquiatra puede observar lo mismo que el paciente está percibiendo, llevando a un tratamiento más enfocado. Este tipo de aplicaciones muestra un futuro promisorio para este tipo de tratamientos.

5.4.6.- REALIDAD VIRTUAL EN EL ARTE

El mundo del arte es y siempre ha sido importante para el ser humano y hoy en día en que la computación tiene una influencia en casi cualquier área de trabajo o de interés, la realidad virtual también se ha convertido en una herramienta para el campo de las artes.

La realidad virtual juega un papel importante para el conocimiento, es utilizada por museos, planetarios y centros de ciencia. Estos centros realizan exposiciones virtuales donde se pueden hacer recorridos en templos antiguos, palacios, galaxias, aprender de diversas áreas de conocimiento, entre otras.

Otro de los enfoques, que se le da a la realidad virtual, es el de experimentar visitas virtuales a lugares o templos antiguos que por alguna razón no están disponibles al usuario (destrucción, restauración).

Muchas veces, los museos también cuentan con exposiciones virtuales (colecciones de arte, objetos históricos, etc.) a través de la web, con lo que abren la posibilidad de llevar cultura y conocimiento a personas que por alguna razón no puedan visitarlos físicamente, también amplían la percepción de otras culturas y/o formas de vida antiguas, al permitir los recorridos virtuales por lugares históricos (Figura 5.12 y Figura 5.13). Un claro ejemplo de estas exposiciones virtuales se encuentra en el Museo del Prado, en donde el espectador puede hacer un recorrido virtual por su interior.



Figura 5.12: Foto real de un museo.



Figura 5.13: Realidad virtual del museo.

5.4.7.- REALIDAD VIRTUAL EN LA ARQUITECTURA

La manera en que los arquitectos comunican sus ideas la mayor parte del tiempo es en forma visual, el utilizar alguna forma de visualización facilita la comprensión de información compleja y facilita la comunicación. Hoy en día, cada vez son más los arquitectos que utilizan a la realidad virtual como una herramienta más para participar a los demás de sus ideas y trabajos.

Algunos de los enfoques más comunes que los arquitectos dan al uso de realidad virtual es en el modelado virtual de sus diseños de casas y edificios,

donde además de hacer los diseños tradicionales como planos y maquetas elaboran un modelo tridimensional interactivo, donde sus clientes pueden contemplar de una manera más "real" los diseños o inclusive adentrarse en estos edificios o casas y recorrerlos libremente, teniendo así una visión más clara de las ideas que se tratan de expresar.

Además, existe un vínculo entre la arquitectura como tal y diseñadores urbanos, donde no solo se realizan los diseños de una casa o edificio, sino de un planteamiento más amplio como es el diseño de una ciudad o una parte de ella. En este tipo de proyectos, la visualización va un poco más lejos, se trata de plantear con anticipación el crecimiento de una ciudad o una parte de ella, creando no solo edificios o avenidas con una belleza por si solas sino en armonía con la infraestructura ya existente. En la figura 5.14 se muestra un edificio virtual creado en VRML.



Figura 5.14: Edificio virtual creado en VRML.

5.4.8.- REALIDAD VIRTUAL EN EL ENTRETENIMIENTO

Cada día aumentan más las opciones de entretenimiento que utilizan la realidad virtual (Figura 5.15).

Cada vez se hacen más películas en 3D, y de mayor calidad, lo que provoca que el espectador se meta y disfrute aún más de la película.

También cabe destacar la industria de los videojuegos. Ya se están desarrollando equipos capaces de hacer que sea el propio jugador el que, con su propio movimiento, sea el que dirija al protagonista del videojuego.

En algunos proyectos realizados en centros culturales, se experimenta con situaciones cotidianas o con las que los visitantes (principalmente los jóvenes y niños) pueden identificarse, por ejemplo, se puede diseñar una montaña rusa y posteriormente experimentar el viaje como si físicamente se estuviera en la montaña.



Figura 5.15: Realidad virtual en los videojuegos.

5.4.9.- REALIDAD VIRTUAL EN LA INGENIERÍA

Dentro de las áreas de ingeniería hay proyectos de manipulación remota como lo son la manipulación de robots, o procesos de ensamblado. También existen áreas dedicadas al desarrollo de prototipos virtuales. Todas estas aplicaciones facilitan la automatización dentro de diferentes áreas.

5.4.9.1.- PROCESO DE ENSAMBLADO

Cuando se tiene un proceso de ensamblado de algún producto se presentan distintos acontecimientos como puede ser las deformaciones de

plástico, fricción externa, fenómeno termal, absorción, y factores como el desgaste de herramientas, ocasionando errores de dimensión y forma. Si se tiene información adicional sobre el efecto de los parámetros antes mencionados sobre la variación en los valores de tolerancia y dimensión se puede desarrollar mecanismos para el ensamblado automático. Usando un modelo de elementos finitos se puede visualizar las fuerzas que actúan en el proceso de manufactura y la deformación del equipo bajo la acción de estas fuerzas. Si se tiene un ingeniero en diseño y manufactura que pueda observar el ensamblado de una de las partes por medio del ordenador y dispositivos especiales, puede sugerir cambios en la tolerancia de los valores basándose en las condiciones de las máquinas, herramientas, fisuras y requerimientos de diseño. Un tipo de aplicación como ésta puede permitir obtener una configuración de ensamblado óptimo (Figura 5.16) para satisfacer los requerimientos funcionales, por lo que, es un tipo de herramienta efectiva para el proceso de toma de decisiones. Este tipo de proyectos son totalmente inmersivos.

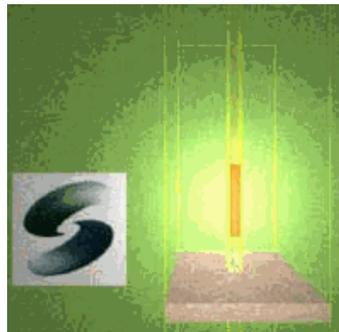


Figura 5.16: Proceso de ensamblado.

5.4.9.2.- MANIPULACIÓN REMOTA DE ROBOTS

Está claro que los robots dan una gran aportación a los procesos de ensamblado de la industria. El agregar la característica de manipulación desde un lugar remoto abre las posibilidades para el mejoramiento de este tipo de procesos, puesto que se puede tener un robot que realice procesos definidos y donde su manipulación sea dada desde un lugar distinto de donde se encuentra físicamente. Las aplicaciones forman parte de un nuevo enfoque del manejo de procesos y refleja las nuevas tendencias actuales, donde los lugares se vuelven más cercanos y la distancia deja de ser un factor a considerar. Éste

proyecto es un tipo de realidad inmersiva. La figura 5.17 muestra un robot de manipulación.

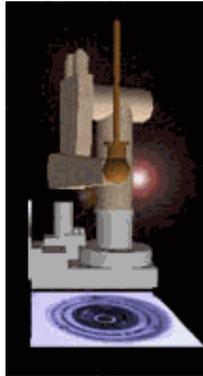


Figura 5.17: Robot de manipulación.

5.4.9.3.- PROTOTIPOS VIRTUALES

Una de las áreas en las que este tipo de aplicaciones tiene gran auge es la de la Ingeniería, aquí el diseño de prototipos es combinado con un modelado virtual de estos permitiendo al diseñador jugar un rol activo en el detallado del diseño y la optimización del proceso. Las técnicas de realidad virtual permiten generar ambientes mecanizados para que el diseñador investigue y pruebe múltiples cambios a los diseños que está realizando mientras observa y manipula objetos virtuales al usar movimientos humanos naturales. Los diseños interactivos permiten cambiar los parámetros de diseño e inmediatamente determinar el efecto de los cambios.

5.4.9.4.- PROTOTIPOS DE DISEÑO DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DE POLUCIÓN

Existen compañías que utilizan la realidad virtual como una herramienta en el diseño de dispositivos de control de polución y de calderas. De esta forma, la compañía puede garantizar el funcionamiento de sus productos incluso antes de haberlos construido. Trabajando con las especificaciones de los productos, se modelan nuevas calderas y se simula su temperatura, dirección y velocidad de consumo (burning) de los gases. De esta forma, al realizar distintos experimentos con la colocación de los inyectores y otras características físicas se crea el mejor sistema controlador de polución para la caldera y se integra dentro del diseño antes de que la caldera sea construida.

Antes de la realidad virtual se utilizaban modelos mecanizables estadísticos que tomaban semanas para calcular. Con este proceso, se puede completar el análisis en un día o menos incluso con mayor exactitud.

5.5.- FUTURO DE LA REALIDAD VIRTUAL

Uno de los objetivos de la realidad virtual ha sido la creación del ciberespacio, en la concepción que ha sido plasmada de la forma más imaginativa a través de novelas, algunos de los requisitos fundamentales de este ciberespacio es que sea gráfico, multiparticipativo, distribuido e independiente de plataforma [10].

Para lograr la creación es necesario sobrepasar varios problemas actuales tales como el diseño gráfico (especialmente en los PCs, ya que son los que posee la mayoría de la población), la latencia y la velocidad de red, y la creación de un modelo de interacción con miles de participantes.

El siguiente paso importante hoy en día para la realidad virtual es la creación de un marco que permite comportamientos, entendido estos como un cambio en el mundo tridimensional a través del tiempo y la posibilidad del usuario de causar o ser afectado por dichos cambios. Dichos cambios podrían ser activados por interacción del usuario, el paso del tiempo, y otros objetos. Por simplicidad de diseño los comportamientos se han clasificado en simples (un usuario con su ambiente) y en complejos (multiusuario).

Los ambientes virtuales pueden representar cualquier mundo tridimensional que puede ser real o abstracto. Esto incluye sistemas reales como edificios, aeronaves, sitios de excavación, anatomía humana, reconstrucción de crímenes, sistemas solares, y muchas más. De sistemas abstractos podemos incluir campos magnéticos, modelos moleculares, sistemas matemáticos, acústica de auditores, densidad de población y muchos más. Estos mundos virtuales pueden ser animados, interactivos, compartidos, compartidos y pueden exponer comportamiento y funcionalidad.

CAPÍTULO 6:

DISEÑO VIRTUAL DE LA

SUSPENSIÓN

6.1.- TEORÍA VRML

VRML es un acrónimo de *Virtual Reality Modeling Language* (Lenguaje para Modelado de Realidad Virtual). En realidad VRML no es realidad virtual inmersiva ni un lenguaje de modelado. Realidad virtual inmersiva implica, como se ha explicado con anterioridad, una experiencia tridimensional inmersiva y dispositivos externos como cascos o guantes digitales para lograr capturar otros sentidos diferentes al oído y a la vista. VRML no requiere ni prevé una inmersión sensorial total. Pero VRML sí provee un conjunto básico de primitivas para modelaje geométrico tridimensional y tiene la capacidad de dar comportamiento a los objetos y asignar diferentes animaciones que pueden ser activadas por eventos generados por diferentes usuarios [8, 17].

En la historia de VRML se han podido ver grandes avances que proporcionan cada vez más y mejores herramientas para comunicar. Estas herramientas van desde nuevas y mejores primitivas para representar objetos virtuales, hasta medios visuales que permiten integrar los medios electrónicos tradicionales a las avanzadas características de la realidad virtual.

Muchas aplicaciones del VRML se desarrollaron en base a necesidades, sin embargo se han ampliado los horizontes de la comunicación al aparecer nuevas opciones que hasta hace apenas unos años eran impensables.

Los requerimientos técnicos para aprovechar la tecnología VRML son cada vez más sencillos gracias al avance de sus desarrolladores y a la evolución de los usuarios.

A continuación se muestran los requerimientos que cumple VRML:

- Permite desarrollar programas y entornos de programación capaces de crear, generar, modificar y mantener ficheros que contengan representaciones en VRML. También se pueden desarrollar aplicaciones que traduzcan “mundos” generados en otros entornos.
- Se pueden reutilizar diseños generados; es decir, que un objeto se puede utilizar en diseños posteriores.
- Se pueden definir nuevos tipos de objetos no incluidos como estándar.

- Los mundos tridimensionales se pueden modificar de forma dinámica en el tiempo de ejecución.
- Los objetos que forman parte de un mundo virtual pueden encontrarse en diferentes ficheros.
- El lenguaje VRML permite generar mundos virtuales interactivos donde cada fichero que contiene código VRML, se puede ver como un fichero que:
 - Establece un sistema de coordenadas espaciales en las que se definen los diferentes objetos.
 - Puede contener enlaces a otros ficheros y aplicaciones.
 - Puede contener definiciones de un conjunto de objetos tridimensionales o de objetos multimedia como sonido, imágenes y vídeo, relacionadas entre sí.
- Para generar el fichero sólo hace falta un editor de textos, ya que el mundo virtual se realiza mediante la edición de nodos.

6.2.- EL TRABAJO CON VRML

La base de construcción del VRML son los nodos. A partir de estos se construyen los objetos en 3D, las luces, las texturas, la asociación de ficheros de audio a determinados sucesos o su utilización como sonido de fondo. Pero además de esto, también es posible la animación de las diferentes figuras. Para conseguir la animación de un mundo virtual es necesario ir conectando estos nodos entre sí para que se puedan intercambiar información por medio de eventos. Estos eventos se pueden producir por un contador o como respuesta de un objeto a otros eventos que ha recibido [8, 17].

La estructura básica se compone de tres puntos:

- Cabecera: esta parte indica al navegador que está recibiendo un archivo VRML y la versión correspondiente del lenguaje. Por ejemplo: #VRML V2.0 utf8.

- Comentarios: comenzarán con el símbolo de la almohadilla “#” y serán ignorados por el intérprete del VRML. La primera línea es una excepción.
- Nodos: estos son los elementos básicos del lenguaje. Cada uno de los nodos define una característica de la escena, como puede ser un objeto en 3D, una fuente luminosa o un sensor entre otras. Estos nodos a su vez se pueden relacionar entre sí anidándose formando una parte de otro, de esta forma se establece una jerarquía entre nodos constituyendo lo que se conoce como Grafo de la Escena. Cada uno de estos nodos posee una serie de atributos que lo caracterizan. Algunos de estos atributos pueden ser el aspecto, el material o la forma. Cada uno de estos nodos lleva un nombre asociado que identifica el tipo de nodo de que se trata.

Otro punto importante a tener en cuenta, es el posicionamiento en el espacio. Todos los objetos se crean en el centro de un sistema de referencia común a todo el entorno virtual. En el caso en que se quiera situar el objeto en una posición u orientación distinta es posible gracias a la utilización de un nodo específico.

Otro de los aspectos que se pueden cuidar en la creación de un mundo virtual, es la apariencia. Gracias a ciertos nodos se pueden definir las características de su apariencia. Tal es el caso del tipo de material. Esta característica comprende a su vez seis campos: color del objeto, el color resaltado en los objetos brillantes, la cantidad de luz que irradiará el objeto según su color, pero que no iluminará a otro objeto con esa luz, la cantidad de luz del ambiente que el objeto refleja, la reflexión del objeto y la transparencia del objeto.

La apariencia también cuida lo que tiene que ver con la textura. Ésta también viene controlada por un nodo específico. La textura se pega a la superficie de objeto y puede ser una imagen, un mapa de bits o un vídeo clip.

Dentro de la apariencia y en relación con la iluminación, está el modificar los vectores Normales para dar realismo a las figuras formadas por caras planas. Según la dirección de la normal, quedará sombreada la cara de una

manera diferente. De esta forma según el ángulo entre caras, la unión puede ser más suave o más afilada.

Otro aspecto que aporta una u otra apariencia al mundo virtual, es la luz. VRML permite la utilización de varias fuentes luminosas simulando diferentes situaciones. Estas fuentes se pueden situar en puntos concretos iluminando en una determinada dirección y emitiendo una determinada luz. Un aspecto a tener en cuenta es que las caras sólo se iluminarán si poseen un nodo material, en el caso de tener texturas no se verán afectadas.

Una de las grandes aplicaciones de VRML son las animaciones. Estas animaciones consisten en crear objetos en movimiento o que contengan partes móviles. Para conseguir esta animación, es necesario indicar cómo y cuándo se debe efectuar el movimiento. Para esto se necesita un modelo interno de ejecución que gobierne el cambio de las cosas y el orden en qué cambian. Para conseguir esto es necesario conectar los nodos entre sí, creando rutas a través de las que se pueden enviar y recibir eventos. Los eventos son mensajes que ligan los elementos de la escena y todo lo que se mueve o interactúa en VRML se debe a los eventos.

Cada uno de estos eventos tiene dos partes:

- El mensaje. Es un valor o un dato de un cierto tipo.
- El *time stamp*. No se puede controlar. Es un valor que corresponde al momento en que se produjo el evento. Un evento con una estampa de tiempo posterior se define como si ocurriera después de otro con una estampa de tiempo anterior.

La comunicación de los mensajes se hace mediante los nodos *event*. Los nodos *eventIn*s y *eventOut*s es la forma de comunicarse con el exterior. Los nodos *EventIn*s escuchan los eventos del exterior y los toman para procesarlos. Los *EventOut*s envían los eventos producidos por el nodo al exterior.

Para conseguir crear objetos en movimiento o que contengan partes móviles se utilizan igualmente nodos y se les llama sensores, interpoladores y Scripts.

Dentro de los sensores distinguimos dos tipos: sensores para el usuario y sensores medioambientales.

Los primeros permiten obtener las entradas de datos del usuario. Son sensores que detectan las pulsaciones de ratón, las operaciones de arrastrar y soltar, y similares.

Los segundos no aceptan la entrada directamente del usuario y captan eventos medioambientales como son el paso del tiempo o la posición del usuario entre otras cosas.

En lo que respecta a los interpoladores sirven para generar animaciones y la forma de hacerlo es conectando el nodo *TimeSensor* con el nodo interpolador.

Este tipo de nodo se utiliza para cambiar determinados valores según el tipo de interpolador que se utilice. Un interpolador toma la señal del *TimeSensor* y realiza una interpolación lineal entre un juego de valores llamado *KeyValues*, que son los valores a modificar. Hay seis interpoladores en total: color, orientación, posición, coordenadas normales y escalar. La estructura de todos es casi la misma, sólo cambian los valores que reciben.

Para terminar el grupo de nodos que permiten la animación, se encuentran los *Scripts*. Este tipo de nodo surge como consecuencia de que el comportamiento de algunos objetos no puede ser representado con exactitud mediante los nodos anteriores. Con este nodo se puede definir cualquier objeto con los campos, eventos de entrada y eventos de salida necesarios.

Además permite la creación de elementos que actúan como interfaz del usuario con el mundo virtual, como es el caso de barras de desplazamiento, menús desplegables...

Además de la posibilidad de animación, existen otros efectos para los que hay nodos específicos. Estos son los siguientes:

- *NavigationInfo*: permite cambiar el modo en que el usuario experimenta el escenario o mundo.

- *Viewpoint*: consiste en la fijación del usuario a diferentes puntos de vista. Si un objeto de mueve y se liga al usuario a un punto de vista agrupado con ese objeto, el usuario se moverá con el objeto.
- *Switch*: permite tener varias opciones para un nodo. Con este nodo se puede cambiar la apariencia de los mundos sin usar el Script.

Otro efecto es el color de fondo. Se puede poner un color para el cielo y otro para el terreno, hacer que el color varíe gradualmente en un cierto rango o mostrar en el horizonte imágenes reales de objetos como si fueran paisajes.

Por último destacar la posibilidad de añadir sonidos producidos por una fuente sonora que se puede encontrar en cualquier punto del espacio. La emisión de este sonido permite diferentes posibilidades como estar localizado en un punto del espacio y tener una intensidad decreciente con la distancia al observador, puede ser un sonido no localizado perceptible desde cualquier punto del espacio con la misma intensidad. Estos sonidos se pueden iniciar al cargar el fichero o mediante las acciones del observador en casos de impactos, timbres.

6.3.- DESARROLLO DE LA SUSPENSIÓN MULTIBRAZO EN EL MUNDO VIRTUAL

En este punto se describirá de qué forma se ha realizado el ensamblado de cada una de las piezas que componen la suspensión en el mundo virtual, así como el proceso de simulación de movimiento del mismo [10, 18].

Para llevarlo a cabo, se han separado grupos de piezas entre las que no existe movimiento relativo entre sí, para hacer más sencillo su ensamble y animación.

Desde la figura 6.1 hasta la figura 6.8 se presentan todos los grupos utilizados.

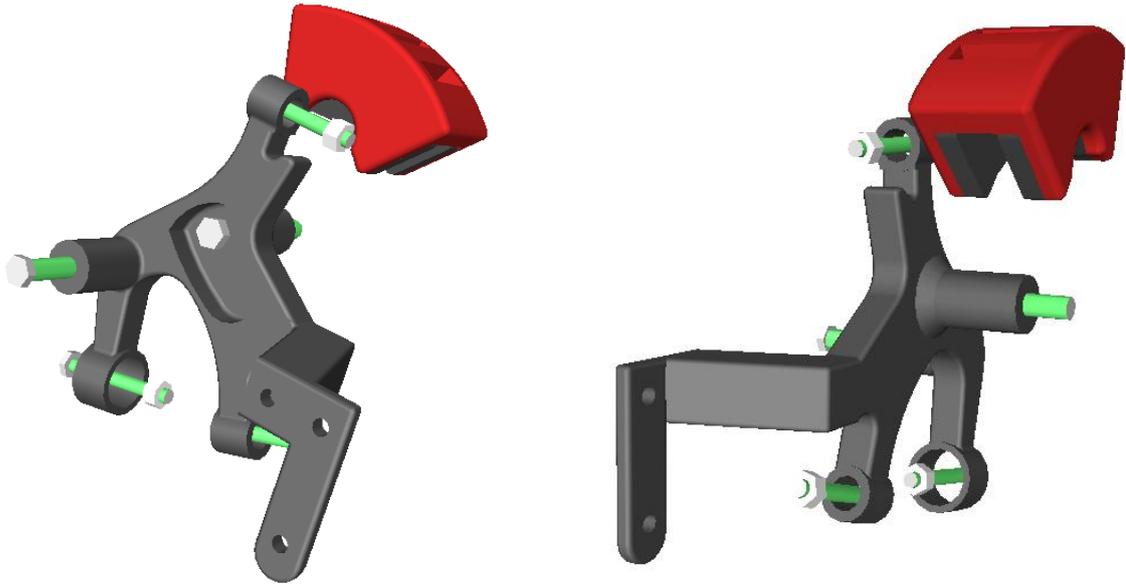


Figura 6.1: Vistas del conjunto Mangueta.



Figura 6.2: Amortiguador (I).

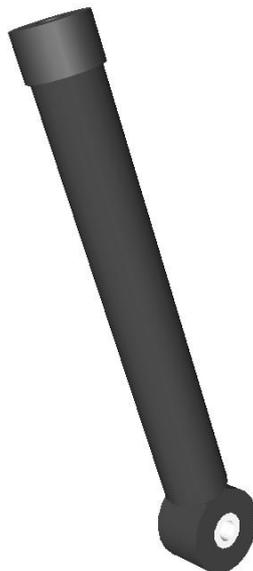


Figura 6.3: Amortiguador (II).



Figura 6.4: Resorte.

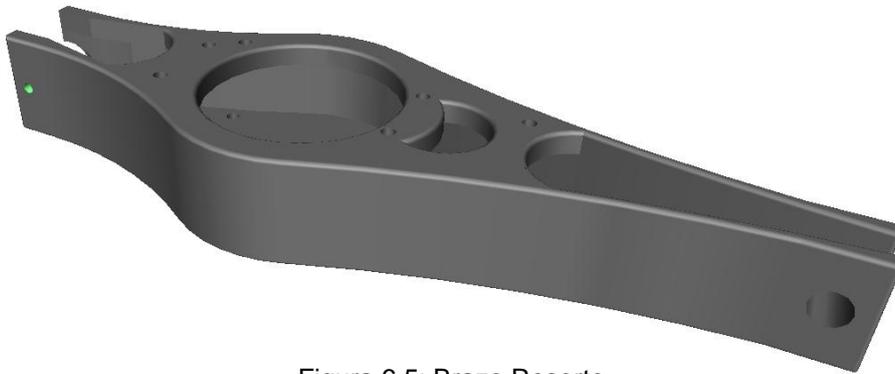


Figura 6.5: Brazo Resorte.

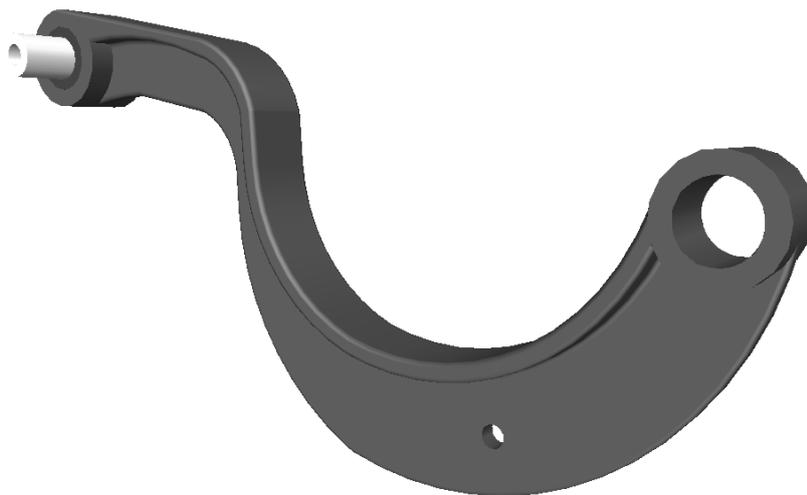


Figura 6.6: Brazo curvo.

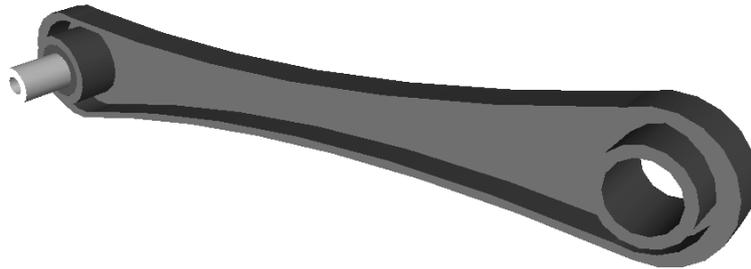


Figura 6.7: Brazo recto.

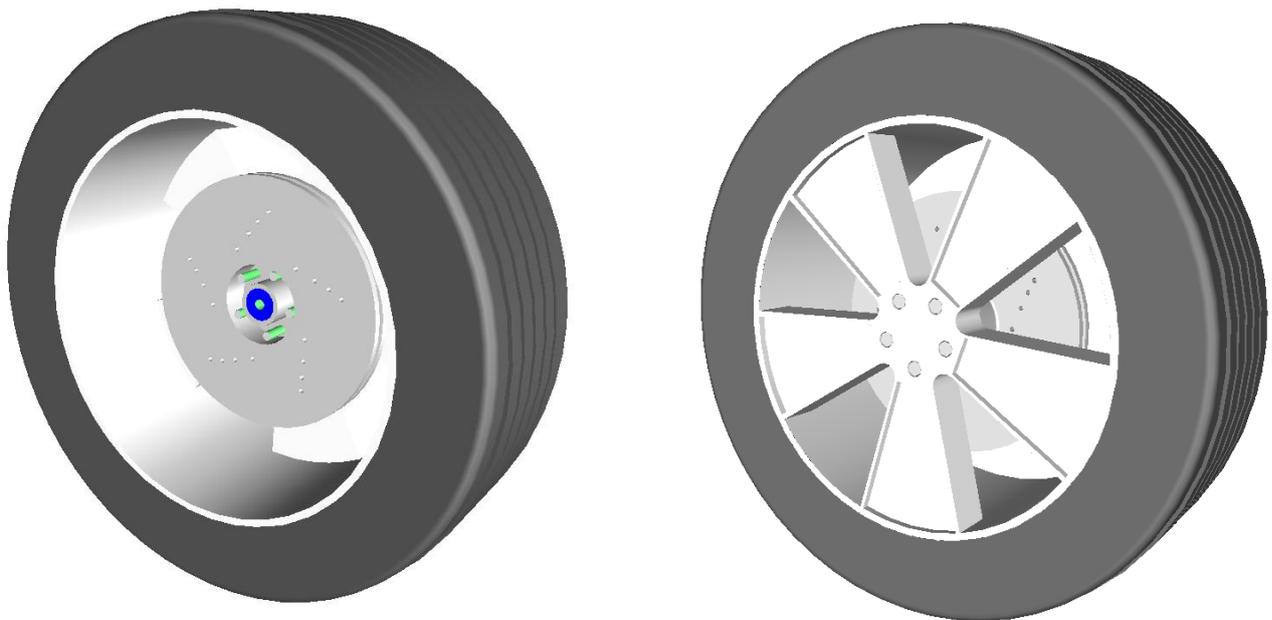


Figura 6.8: Vistas del conjunto Neumático.

En la figura 6.9 se muestra el conjunto total del proyecto, incluyendo la carretera con el resalto.

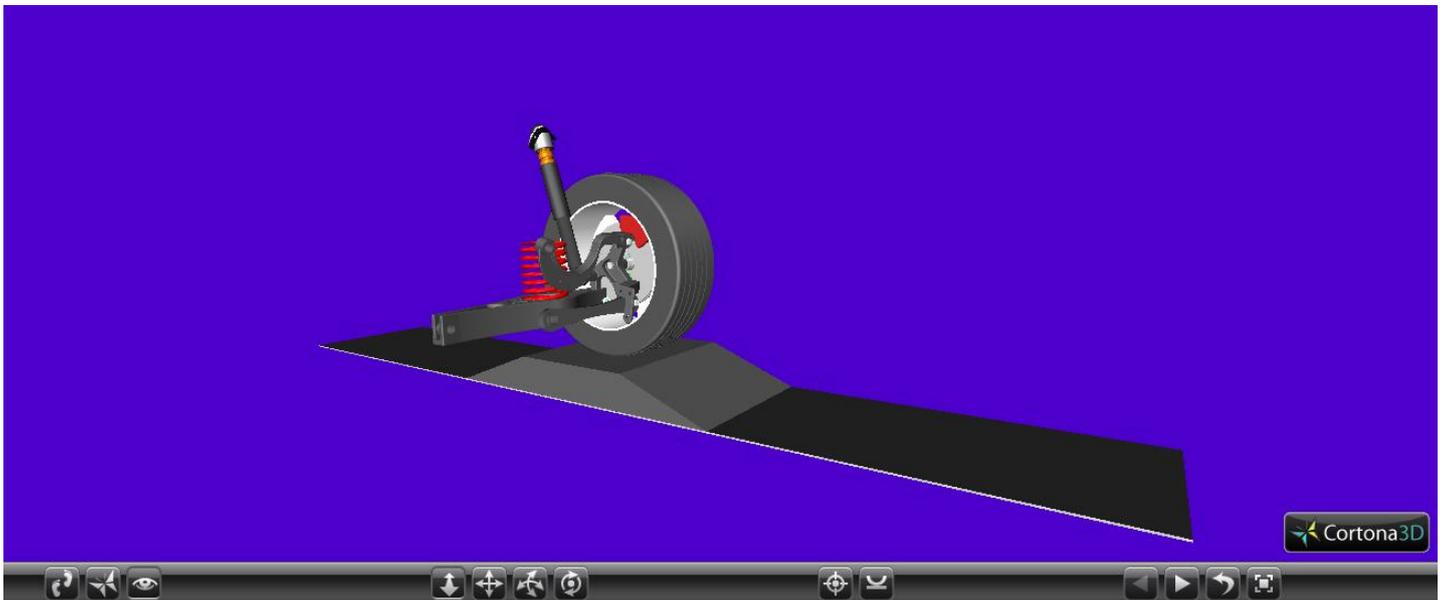


Figura 6.9: Conjunto Total.

6.3.1.- INTRODUCCIÓN DE LAS PIEZAS EN EL MUNDO VIRTUAL

En primer lugar se crea el espacio en el que vamos a trabajar. Todo el código que se debe poner previo a la definición de las piezas y que crea el mundo virtual, lo proporcionan por defecto los archivos *.wrl* que se obtienen directamente desde Solid Edge. En este inicio de programa es donde se definen todas las vistas que se pueden disponer de ellas en la visualización, el color de fondo...

A continuación se muestra esta parte del programa:

```
#VRML V2.0 utf8 Solid Edge VRML Export V1.2
```

```
Group {
```

```
children [
```

```
WorldInfo { title "Produced using Solid Edge VRML Export, by UGS PLM Solutions." }
```

```
#####VISTAS#####
```

```
DEF Main Viewpoint {
```

```
position 1 -1 0
```

```
orientation 0.9133 0.288 0.288 1.6613
```

```
fieldOfView0.8
```

```
description "Main View"
```

```
}
```

```
DEF Top Viewpoint {
```

```
position 0.00489 -29.3 -0.0234
```

```
orientation 1 0 0 1.57
```

```
fieldOfView0.00793
```

```
description "Top View"
```

```
}
```

```
DEF Bottom Viewpoint {
```

```
position 29.3 0.019 -0.0234
```

```
orientation 0.577 0.577 0.577 2.09
```

```
fieldOfView0.00793
```

```
description "Bottom View"
```

```
}
```

```
DEF Front Viewpoint {  
    position 0.00489 0.019 22  
  
    orientation 1 0 0 0  
  
    fieldOfView0.00793  
  
    description "Front View"  
}  
  
DEF Back Viewpoint {  
    position 0.00489 29.3 -0.0234  
  
    orientation 0 0.707 0.707 3.14  
  
    fieldOfView0.00793  
  
    description "Back View"  
}  
  
DEF Left Viewpoint {  
    position -29.3 0.019 -0.0234  
  
    orientation 0.577 -0.577 -0.577 2.09  
  
    fieldOfView0.00793  
  
    description "Left View"  
}  
  
DEF TopFrontRightIso Viewpoint {  
    position -9.95 -35.3 6.57  
  
    orientation 0.944 0.0199 -0.329 1.49  
  
    fieldOfView0.00793
```

```
description "TopFrontRightIso View"
```

```
}
```

```
DEF TopFrontLeftIso Viewpoint {
```

```
position -25.3 -25.2 12.6
```

```
orientation 0.783 -0.335 -0.447 1.46
```

```
fieldOfView0.00793
```

```
description "TopFrontLeftIso View"
```

```
}
```

```
DEF TopBackLeftIso Viewpoint {
```

```
position -25.3 25.3 12.6
```

```
orientation -0.234 0.547 0.781 3.75
```

```
fieldOfView0.00793
```

```
description "TopBackLeftIso View"
```

```
}
```

```
DEF TopBackRightIso Viewpoint {
```

```
position 25.3 25.3 12.6
```

```
orientation 0.234 0.547 0.781 2.54
```

```
fieldOfView0.00793
```

```
description "TopBackRightIso View"
```

```
}
```

```
NavigationInfo {
```

```
type [ "EXAMINE", "ANY" ]
```

```
headlight TRUE
```

```
}
```

```
Background { skyColor 0.3 0 0.8 }
```

A continuación se deben definir los conjuntos que forman el sistema de suspensión multibrazo del presente proyecto. Para ello, se utiliza siempre la misma estructura:

```
DEF BRAZORESORTE Transform {  
    translation -0.09645 0.012 -0.09  
    rotation -0.1412 0.1412 -0.9799 1.5911  
    children [  
        Inline { url "BrazoResorte.wrl" }  
    ] }
```

Para llevarlo a cabo se utiliza el comando *DEF* y el comando *Inline*. Este último es el que llama a la pieza desde el archivo *.wrl* sacado de Solid Edge.

Se utiliza este mismo código para introducir cada uno de los conjuntos en el mundo virtual. Los ejes de coordenadas de todas las piezas en el mundo virtual coinciden con los ejes de coordenadas que se definieron en la creación de la pieza en Solid Edge.

A medida que se va introduciendo cada una de las piezas, se deben colocar según la posición que corresponda dentro del conjunto global de la suspensión.

En el ejemplo siguiente se observa que para mover la pieza del origen de coordenadas, se usa el nodo *Tranform*. Con él, se trasladan (*translation*), se rotan (*rotation*) o se escalan (*scale*) las piezas. En el caso de que no aparezca

alguno de estos atributos, o su valor sea nulo (0 0 0 0), la pieza se quedará en la posición original:

```
DEF Mangueta Transform {  
    translation 0 0 0  
    rotation 0 -1 0 0.3142  
    children [  
        Inline {url "Mangueta.wrl" }  
    ]  
}  
  
DEF Rueda Transform {  
    translation 0 0.08 0  
    rotation 0 0 1 1.5708  
    children [  
        Inline { url "NeumaticoLlantaFreno.wrl" }  
    ]  
}
```

Como se ve en el ejemplo anterior, se define “Rueda” dentro de “Mangueta”. Con ello se consigue que la posición en la que se coloca la primera pieza, sea con respecto a las coordenadas en las que se colocó la segunda. Así, “Rueda” se mueve, con respecto a “Mangueta”, de la siguiente forma:

- “translation 0 0.08 0”: Se traslada 0 unidades en el eje “X”, 0.08 en la dirección del eje “Y”, y nada en la dirección del eje “Z”.
- “rotation 0 0 1 1.5708”: Se rota únicamente con respecto al eje “Z” [0 0 1], un ángulo de 1.5708 radianes en sentido positivo.

6.3.2.- MOVIMIENTOS DE LA SUSPENSIÓN

Esta presentación muestra el movimiento que sufriría una suspensión multibrazo de un coche en un momento en el que una de sus ruedas se encuentre con un resalto en su trayectoria.

Lo primero que aparece al abrir la presentación es el “mundo virtual VRML”, la suspensión objeto de nuestro estudio y una carretera en la que se encuentra un resalto para llevar a cabo la simulación. En el anterior punto ya se explicó cómo se introducen las piezas de la suspensión.

A continuación se comentan los movimientos de los distintos elementos de la simulación (piezas de la suspensión, rueda, carretera...). Todos los movimientos son llevados a cabo mediante las órdenes de los interpoladores. Para este proyecto, todos los elementos han sido movidos únicamente utilizando los interpoladores de posición y rotación.

Se debe tener en cuenta que para la deformación del resorte se ha utilizado también un interpolador de posición porque, a pesar de que lo que se modifica en el resorte es su escala, los atributos que se deben modificar en los interpoladores de posición son los mismos para realizar una traslación que para escalar algún objeto dentro del mundo virtual.

Para la identificación de los diferentes componentes del sistema se ha llevado a cabo una opción en la cual si se pincha en cada elemento sale de inmediato el nombre de este. Para realizar esta opción se utilizan el comando “geometry Text {}”, con el cual logramos escribir aquello que queremos, un “TouchSensor”, cuya función es mostrar el texto en el momento en el que se pinche cada elemento y el comando “BILLBOARD”, que sirve para que el texto siempre aparezca de cara al usuario y de esta manera sea siempre legible.

La simulación tiene una duración de siete segundos, en los cuales se ve como la rueda gira a lo largo de la carretera, cuando llega al resalto la suspensión varía su geometría encogiéndose el resorte y el amortiguador para posteriormente volver a su posición inicial cuando el conjunto entero baja del resalto. El tiempo del proceso viene definido por el “TimeSensor”.

La relación entre los movimientos y rotaciones definidos en los diferentes interpoladores con cada una de las piezas a las que afecta, se consigue mediante el comando “ROUTE”.

Cuando un vehículo va circulando, y una de sus ruedas encuentra una irregularidad como la que describíamos al principio de este apartado, la rueda sufre una fuerza vertical en dirección y sentido hacia el coche que se transmitiría al chasis del mismo, de no contar con un sistema de suspensión.

El tipo de suspensión objeto de este proyecto mantiene como puntos inmóviles o fijos al chasis las partes superiores del resorte y del amortiguador. Estos puntos serán los encargados de que el chasis sufra la menor variación posible, mientras que, tanto la mangueta como los brazos sufrirán un movimiento vertical acorde al resalto. En un primer movimiento, el resorte y el amortiguador serán los encargados de absorber la fuerza vertical volviendo a su posición inicial en un segundo movimiento.

A continuación, para ver de una mejor forma el desarrollo del movimiento de la simulación, se muestra un ejemplo, extraído del programa, de cómo se desarrolla en uno de los conjuntos de la suspensión:

```
DEF RotacionRueda OrientationInterpolator {  
  
    key [ 0 0.3 0.6 1 ]  
  
    keyValue [ 0 0 1 1.5708, 0.6547 0.6547 0.378 2.4189, 0.6547 0.6547 -0.378  
3.8643, 0 0 1 1.5708 ]  
  
}  
  
DEF TiempoRueda TimeSensor {  
  
    cycleInterval 3.5  
  
    loop TRUE  
  
}
```

```
ROUTE TiempoRueda.fraction_changed TO RotacionRueda.set_fraction
ROUTE RotacionRueda.value_changed TO Rueda.set_rotation
```

Del mismo modo, se presenta en el siguiente ejemplo, la forma de desarrollar el programa para que éste muestre los nombres de cada uno de los diferentes conjuntos:

```
DEF TimerTEXTONEUMATICO TimeSensor {
    cycleTime 4
    loop FALSE}
DEF EscalasTextoNEUMATICO PositionInterpolator {
    key [0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1]
    keyValue [0 0 0, 0.1 0.1 0.1, 0.1 0.1 0.1, 0.1 0.1 0.1, 0.1 0.1 0.1, 0 0 0]
}
ROUTE          BOTONNEUMATICO.touchTime          TO
TimerTEXTONEUMATICO.set_startTime
ROUTE          TimerTEXTONEUMATICO.fraction_changed          TO
EscalasTextoNEUMATICO.set_fraction
ROUTE          EscalasTextoNEUMATICO.value_changed          TO
TextoNEUMATICO.set_scale
```

Para finalizar el capítulo, desde la figura 6.10 hasta la figura 6.14, se enseña el movimiento del sistema de suspensión multibrazo a lo largo de la carretera.

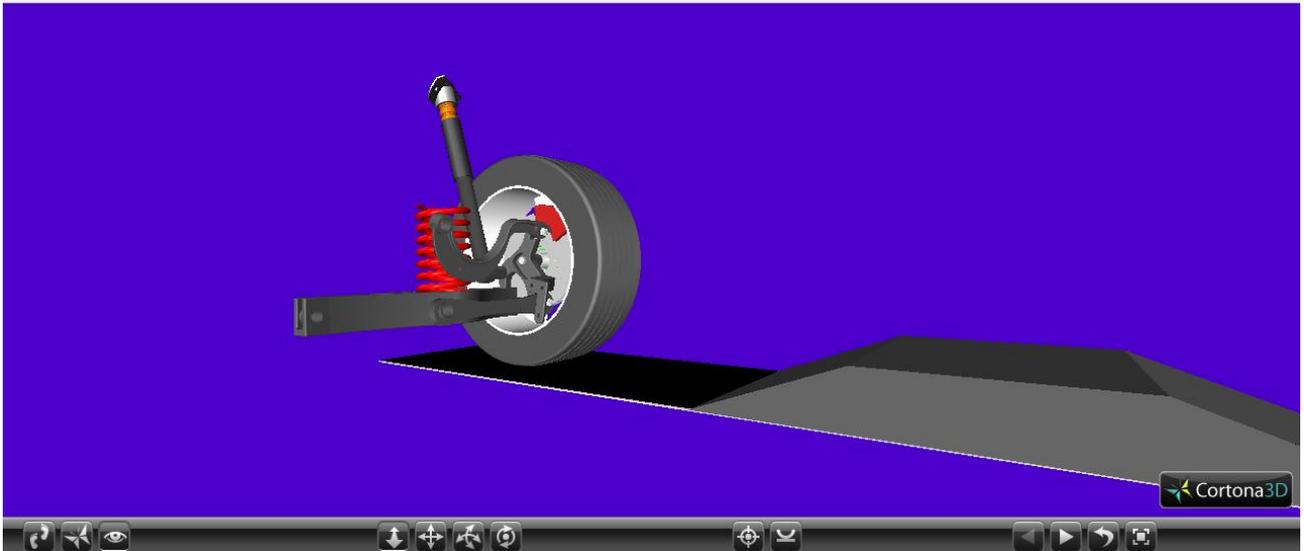


Figura 6.10: Movimiento de la Suspensión (I).

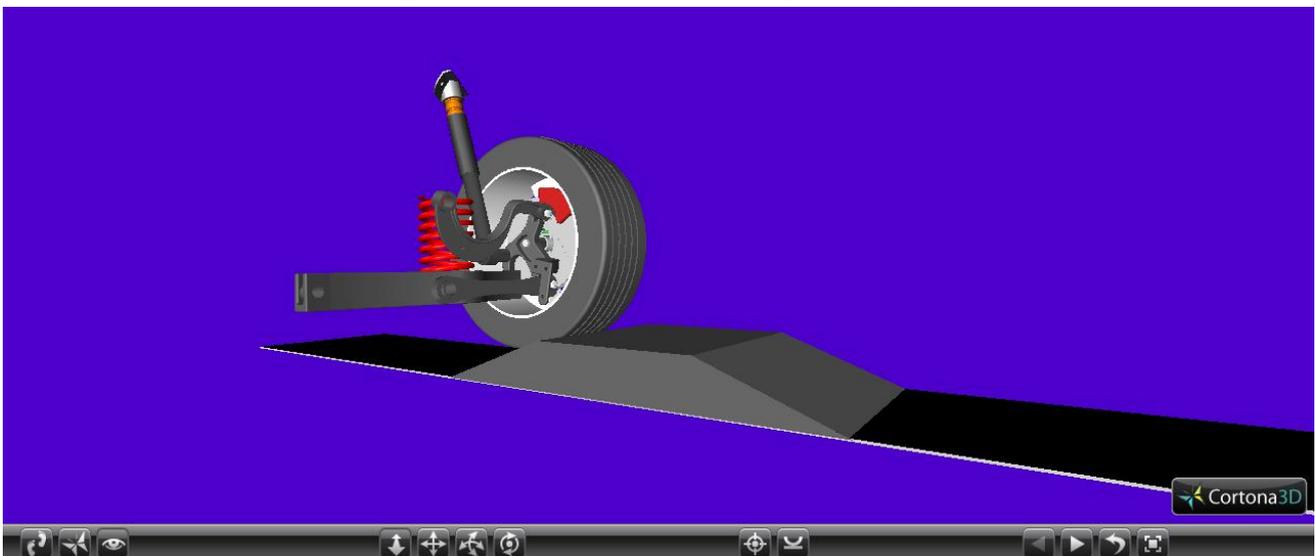


Figura 6.11: Movimiento de la Suspensión (II).

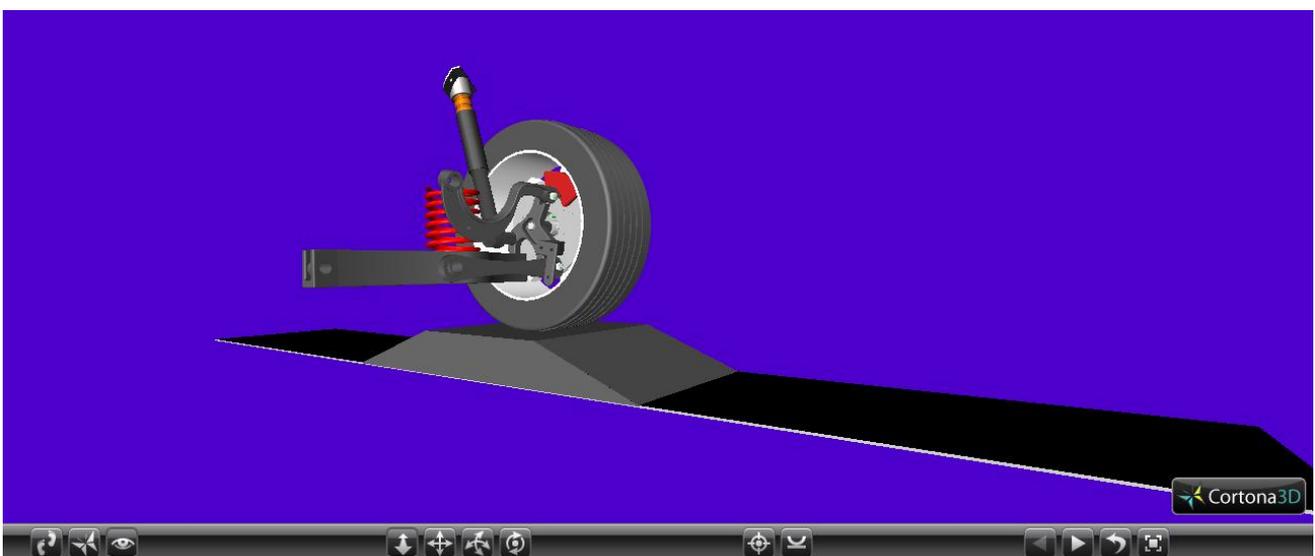


Figura 6.12: Movimiento de la Suspensión (III).

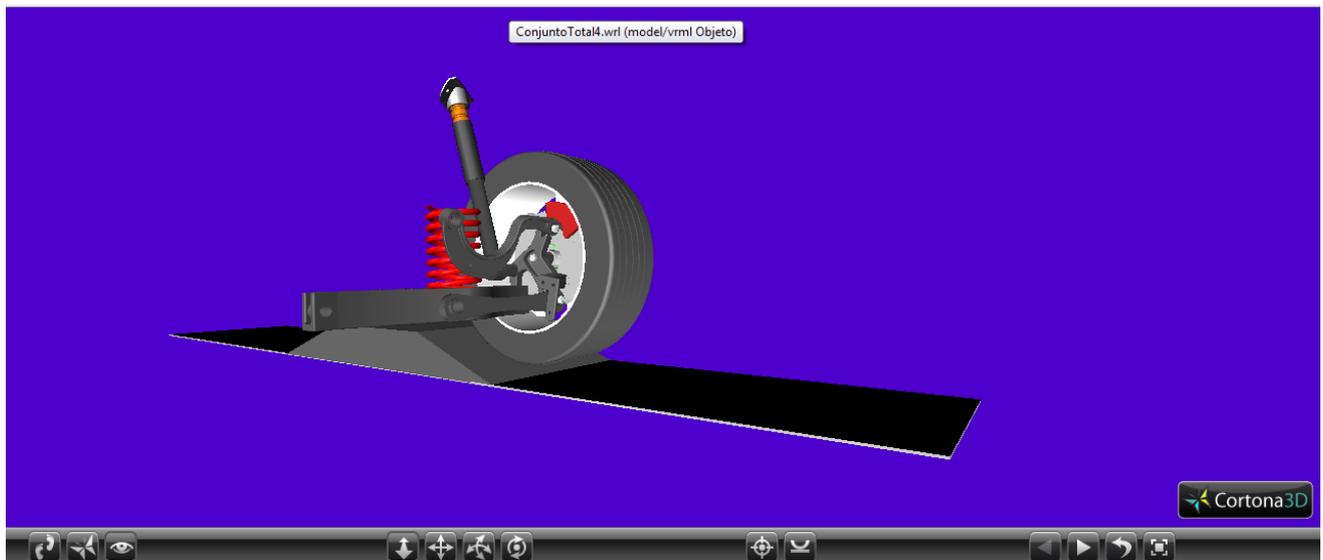


Figura 6.13: Movimiento de la Suspensión (IV).

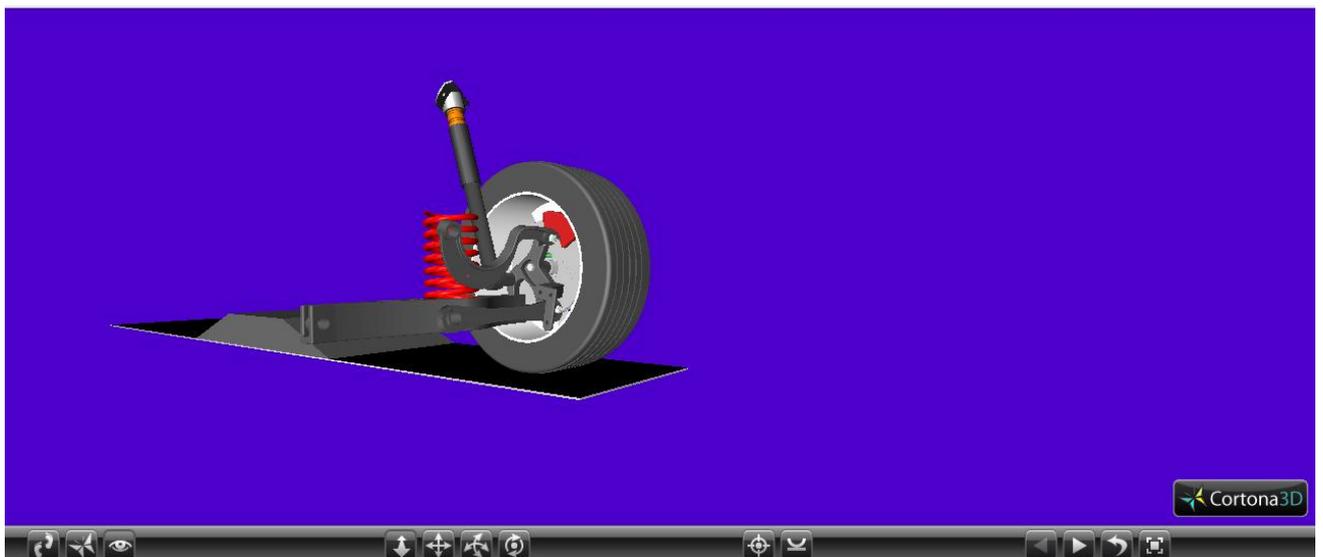


Figura 6.14: Movimiento de la Suspensión (V).

CAPÍTULO 7:

CONCLUSIONES Y TRABAJOS

FUTUROS

7.1.- CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas tras la realización del presente proyecto son las mostradas a continuación:

- Los sistemas de suspensión (particularmente el sistema de suspensión multibrazo) pueden ser modelados en 3D mediante programas de diseño asistido por ordenador (en nuestro caso Solid Edge).
- El entorno VRML proporciona una gran facilidad para la introducción de piezas en el mundo virtual, modeladas en 3D. Esto es una ventaja, ya que no son necesarias demasiadas herramientas para la creación de una simulación virtual. Lo único que se necesita es un programa de diseño 3D (Solid Edge), un editor de texto (Word, WordPad...) y un visualizador o navegador de Internet, el cual hace posible la visualización de lo que se simula en el entorno VRML, por lo que su uso puede ser universal.
- La programación en VRML es relativamente sencilla. Esto supone otra ventaja para la enseñanza y el estudio de cualquier materia a través de esta herramienta, no son necesarios unos estudios previos o una excesiva especialización en el mundo de la programación para poder crear estas simulaciones. Un proceso complicado en el aprendizaje de una herramienta puede suponer un rechazo por parte del estudiante.
- La simulación por ordenador en un entorno virtual facilita la comprensión acerca del funcionamiento de un mecanismo, ya que permite observar la misión y el lugar que ocupa cada una de las piezas que lo forman, por lo que puede servir de gran ayuda a la enseñanza, en este caso de una suspensión multibrazo.
- Las herramientas que se llevaron a cabo para la realización del presente proyecto, permiten la posibilidad de que otras personas, con conocimiento en ellas, puedan proseguir con la simulación.

7.2.- TRABAJOS FUTUROS

En este apartado se presentan las posibles líneas de trabajo que se podrían llevar a cabo tras el estudio realizado en este proyecto:

- Realizar la simulación para una irregularidad diferente, como un badén o resaltos con diferentes geometrías
- Simular el comportamiento de la suspensión bajo la acción de aceleraciones y frenadas, o bajo diferentes distribuciones de carga.
- Hacer simulaciones para diferentes tipos de resortes, con diferentes rigideces; ballestas, etc.
- Realizar simulaciones similares para otros sistemas mecánicos, como el sistema de frenos, los embragues, etc. Esto puede servir tanto a profesores, complementando sus explicaciones, como a los alumnos, mejorando la comprensión del funcionamiento de cualquier mecanismo.

CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA

- [1]: Miguel Ángel Pérez Belló, “Tecnología de la suspensión, dirección y ruedas. Circuitos hidráulicos y neumáticos.” Editorial CIE DOSSAT. Año 2000.
- [2]: Hermógenes Gil Martínez, “Manual práctico del automóvil. Reparación y mantenimiento. El motor de gasolina, el motor diesel, electricidad, accesorios, transmisión y confort, suspensión, dirección, frenos, neumáticos y airbag.” Cultural S.A. Año 2000.
- [3]: Christian-Israel Ruiz Pérez. “Caracterización dinámica del comportamiento de un amortiguador en un banco de ensayos.” Proyecto fin de carrera. Área de ingeniería mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. Año 2009.
- [4]: <http://www.km77.com/tecnica/bastidor/clasificacion-suspension/t04.asp>. Última consulta diciembre de 2010.
- [5]: Víctor Chacón Hernando. “Diseño de una suspensión para un vehículo automóvil basada en amortiguadores magnetorreológicos.” Proyecto fin de carrera. Área de ingeniería mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. Año 2009.
- [6]: <http://auartar.blogspot.com/>. Última consulta diciembre de 2010.
- [7]: <http://www.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/num8/hilera-oton.html>. Última consulta diciembre de 2010.
- [8]: Carlos Lobo y Gómez de Celis. “Diseño de un compresor axial de relación de compresión 18.5 para una turbina de gas de 270 MW.” Proyecto fin de carrera. Área de ingeniería térmica. Universidad Carlos III de Madrid. Año 2006.
- [9]: Jul Díaz Otero. “Modelo 3D con Solid Edge.” Imprenta GONMAR. Año 2004.
- [10]: Miguel Ángel Tornel Fernández. “Simulación virtual de una suspensión mecánica en entorno VRML.” Proyecto fin de carrera. Área de ingeniería mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. Año 2010.

- [11]: Miguel Ángel Del Pino Galisteo. “Simulación virtual de un freno de disco en entorno VRML.” Proyecto fin de carrera. Área de ingeniería mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. Año 2007.
- [12]: Rafael Gutierrez Olivar, Lidia Esteban Viñado, Esther Pascual Albarracín. “Solid Edge ST. Tradicional y síncrono.” Editorial RA-MA. Año 2010.
- [13]:http://usuarios.multimania.es/artofmusic/the_matrix_vr/historia_vr.html. Última consulta diciembre de 2010.
- [14]:<http://telematica.cicese.mx/computo/super/cicese2000/realvirtual/Part2.html>. Última consulta diciembre de 2010.
- [15]:<http://www.monografias.com/trabajos11/realitua/realitua.shtml>. Última consulta diciembre de 2010.
- [16]:<http://telematica.cicese.mx/computo/super/cicese2000/realvirtual/Part4.html>. Última consulta diciembre de 2010.
- [17]: Kris Jamsa. “VRML: Biblioteca del programador”. Editorial McGraw Hill. Año 1998.
- [18]:http://www.dtic.upf.edu/~npares/docencia/vrml/tutorial_e.htm. Última consulta diciembre de 2010.