

**ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD
CARLOS III DE MADRID**



**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
MECÁNICA**

ÁREA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**SIMULACIÓN VIRTUAL DE UNA
SUSPENSIÓN MCPHERSON EN
ENTORNO VRML**

Autor: D. Daniel Mesa Fernández

Tutoras: Dra. Dña. Beatriz López Boada

Dra. Dña. M^a Jesús López Boada

Febrero 2011

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiera agradecer a Dra. Dña. Beatriz López Boada y a Dra. Dña. M^a Jesús López Boada la oportunidad que me han brindado para realizar este proyecto y aprender de ellas, y al Departamento de Ingeniería Mecánica el permitirme realizarlo.

A mis padres, porque cuando he cometido algunos errores ellos han sabido orientarme, y sus consejos siempre me han ayudado. Y por supuesto al resto de mi familia, mi hermana, mis abuelos, mis tíos, primos,... por vuestra confianza en mí.

A todos mis profesores, desde el colegio hasta la universidad, por todo lo que he aprendido gracias a vosotros.

A todos mis compañeros y amigos de la universidad, sobre todo a Diego, David, Javi y Tito porque sin todos vosotros, vuestros apuntes, vuestros consejos, y vuestra ayuda seguro que no estaba escribiendo estas líneas. Y por supuesto a Kevin, con el que he realizado conjuntamente mi proyecto y el suyo, por el tiempo que hemos pasado en los ordenadores y por las ayudas que me has brindado durante todo este tiempo.

A todos mis amigos de siempre Alberto, Mario, Dani, Pablo... y a todos los demás que siempre estáis ahí.

A mis nuevos compañeros y amigos del trabajo, que les llevo prometiendo durante demasiado tiempo que me iba a sacar el proyecto, ya lo he logrado.

A todos vosotros os agradezco vuestro apoyo y participación en mi proyecto final de carrera, de todo corazón,

Gracias.

INDICE

1. INTRODUCCION	11
1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	13
1.2. CONTENIDO DEL PROYECTO	13
2. ESTADO DEL ARTE	15
2.1. NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA ENSEÑANZA	16
2.2. REALIDAD VIRTUAL EN LA ENSEÑANZA.....	18
2.3. EL FUTURO DE LA REALIDAD VIRTUAL.....	22
2.4. OTRAS TECNOLOGÍAS.....	23
3. SISTEMA DE SUSPENSION	25
3.1. INTRODUCCIÓN.....	26
3.1.1. Historia.....	30
3.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN	32
3.2.1. Elementos elásticos.....	32
3.2.1.1. Elementos neumáticos	33
3.2.1.2. Las ballestas.....	34
3.2.1.3. Muelles	36
3.2.1.4. Barra de torsión.....	38
3.2.1.5. Barras estabilizadoras	39
3.2.2. Elementos de amortiguación	40
3.2.3. Elementos estructurales y de guiado de la suspensión.....	44
3.2.3.1. Triángulo.....	44
3.2.3.2. Trapecio.....	45
3.2.3.3. Brazos	46
3.2.3.4. Manguetas.....	47
3.2.3.5. Rótulas, silentblocks y articulaciones.....	48
3.2.4. Otros elementos.....	49
3.3. CLASIFICACIÓN DE LAS SUSPENSIONES SEGÚN LA GEOMETRÍA.....	50
3.3.1. Suspensión rígida	51

3.3.2.	<i>Suspensión semirrígida</i>	52
3.3.3.	<i>Suspensión independiente</i>	53
3.3.3.1.	Suspensión de eje oscilante	54
3.3.3.2.	Suspensión de brazos tirados o arrastrados	54
3.3.3.3.	Suspensión McPherson	55
3.3.3.4.	Suspensión de paralelogramo deformable	59
3.3.3.5.	Suspensiones multibrazo o <i>multilink</i>	60
3.4.	CLASIFICACIÓN DE LAS SUSPENSIONES SEGÚN EL SISTEMA DE CONTROL	61
3.4.1.	<i>Suspensión pasiva</i>	61
3.4.2.	<i>Suspensión semi-activa</i>	62
3.4.3.	<i>Suspensión activa</i>	64
4.	DISEÑO EN SOLID EDGE	66
4.1.	HISTORIA	68
4.2.	UTILIDAD DE LOS PROGRAMAS CAD	69
4.3.	SOLID EDGE	69
4.4.	UTILIZACION DE SOLID EDGE.....	71
4.4.1.	<i>Entorno pieza (.par)</i>	75
4.4.2.	<i>Entorno conjunto (.asm)</i>	75
4.4.3.	<i>Entorno plano (.dft)</i>	76
4.4.4.	<i>Entorno chapa (.psm)</i>	77
4.4.5.	<i>Entorno soldadura</i>	77
4.5.	DISEÑO DE LAS PIEZAS DE LA SUSPENSIÓN.....	78
5.	REALIDAD VIRTUAL	94
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	95
5.2.	REALIDAD VIRTUAL	96
5.2.1.	<i>Tipos de inmersión</i>	97
5.2.2.	<i>Individual o compartida</i>	98
5.3.	APLICACIONES	99
5.4.	DISPOSITIVOS DE LA REALIDAD VIRTUAL	100
6.	SIMULACIÓN EN VRML	102

6.1.	UTILIZACIÓN DE VRML	107
6.2.	CREACIÓN DEL MUNDO VIRTUAL.....	117
6.2.1.	<i>Introducción de las piezas en el mundo virtual</i>	<i>122</i>
6.2.2.	<i>Movimiento de la suspensión</i>	<i>123</i>
6.2.3.	<i>Introducción de textos de identificación.....</i>	<i>125</i>
7.	CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS	126
7.1.	CONCLUSIONES.....	127
7.2.	FUTUROS TRABAJOS.....	128
8.	BIBLIOGRAFÍA	129

INDICE FIGURAS

Figura 1.1. Modelo 3D de una suspensión McPherson	12
Figura 2.1. Museo de dinosaurios e Interfaz táctil	22
Figura 2.2. Dinosaurio en Realidad Aumentada	23
Figura 3.1. Suspensión McPherson. Seat Ibiza	26
Figura 3.2. Tipos de oscilaciones	27
Figura 3.3. Carruaje	30
Figura 3.4. Sección de un neumático	33
Figura 3.5. Cilindro neumático	34
Figura 3.6. Ballesta	35
Figura 3.7. Resorte helicoidal	37
Figura 3.8. Barra de torsión	38
Figura 3.9. Barra estabilizadora	39
Figura 3.10. Amortiguador monotubo	41
Figura 3.11. Amortiguador bitubo	41
Figura 3.12. Amortiguador hidráulico	42
Figura 3.13. Amortiguador de gas	42
Figura 3.14. Movimientos del amortiguador	43
Figura 3.15. Triángulo en L	44
Figura 3.16. Triángulo en A	45
Figura 3.17. Trapecio	46
Figura 3.18. Brazo recto y rígido	46
Figura 3.19. Brazo telescópico	47
Figura 3.20. Mangueta	48
Figura 3.21. Rótula	48
Figura 3.22. Silentblock	49
Figura 3.23. Chasis	50
Figura 3.24. Suspensión rígida	51

Figura 3.25. Esquema de una suspensión De Dion.....	52
Figura 3.26. Suspensión independiente	53
Figura 3.27. Esquema de una suspensión de eje oscilante	54
Figura 3.28. Sistema de brazos arrastrados	55
Figura 3.29. Suspensión McPherson.....	56
Figura 3.30. Esquema de una suspensión McPherson	56
Figura 3.31. Despiece de una suspensión McPherson	57
Figura 3.32. Ángulos de caída y avance	57
Figura 3.33. Suspensión de paralelogramo deformable	59
Figura 3.34. Paralelos deformables	60
Figura 3.35. Suspensión multibrazo	61
Figura 3.36. Esquema suspensión pasiva	62
Figura 3.37. Esquema suspensión semi-activa	63
Figura 3.38. Suspensión hidroneumática	64
Figura 3.39. Esquema suspensión activa	65
Figura 4.1. Pantalla inicial de Solid Edge	71
Figura 4.2. Entorno 3D.....	71
Figura 4.3. Menú.....	72
Figura 4.4. Barra principal.....	72
Figura 4.5. Cinta.....	72
Figura 4.6. Barra de estado.....	72
Figura 4.7. EdgeBar.....	72
Figura 4.8. Barras de operación para diferentes módulos	73
Figura 4.9. Herramientas de dibujo	74
Figura 4.10. Entorno pieza.....	75
Figura 4.11. Entorno conjunto.....	75
Figura 4.12. Entorno plano	76
Figura 4.13. Entorno chapa	77
Figura 4.14. Entorno soldadura	78

Figura 4.15. Triángulo	78
Figura 4.16. Creación del triángulo I.....	79
Figura 4.17. Creación del triángulo II.....	79
Figura 4.18. Creación del triángulo III.....	79
Figura 4.19. Creación del triángulo IV	80
Figura 4.20. Creación del triángulo V	80
Figura 4.21. Creación del triángulo VI	81
Figura 4.22. Creación del triángulo VII	81
Figura 4.23. Llanta aleación	82
Figura 4.24. Neumático	82
Figura 4.25. Cubo.....	82
Figura 4.26. Disco freno.....	83
Figura 4.27. Eje transmisión	83
Figura 4.28. Pinzas de freno	83
Figura 4.29. Tuerca M15.....	84
Figura 4.30. Mangueta.....	84
Figura 4.31. Rótula M10	84
Figura 4.32. Elemento sujeción triángulo.....	85
Figura 4.33. Cubre disco	85
Figura 4.34. Fuelle (rótula)	85
Figura 4.35. Sujeción mangueta	86
Figura 4.36. Tubo absorbedor golpes.....	86
Figura 4.37. Pistón amortiguador	86
Figura 4.38. Émbolo flotante	87
Figura 4.39. Fuelle	87
Figura 4.40. Muelle.....	87
Figura 4.41. Copela superior.....	88
Figura 4.42. Cojinete de fijación	88
Figura 4.43. Rótula M12	88

Figura 4.44. Brazo dirección	89
Figura 4.45. Tornillo M12	89
Figura 4.46. Tuerca M10.....	89
Figura 4.47. Tornillo M10	89
Figura 4.48. Tirante.....	90
Figura 4.49. Tornillo gota sebo	90
Figura 4.50. Eje	90
Figura 4.51. Conjunto neumático y llanta	91
Figura 4.52. Sistema de frenado.....	91
Figura 4.53. Suspensión McPherson.....	91
Figura 4.54. Conjunto completo. Vista por delante y detrás	92
Figura 4.55. Sección rueda	92
Figura 4.56. Sección cilindro, para sistema de amortiguación.....	92
Figura 4.57. Conjunto completo. Vista por delante y detrás	93
Figura 4.58. Eje delantero, suspensión McPherson	93
Figura 5.1 Mundo virtual	96
Figura 5.2. Cascos y gafas 3D.....	100
Figura 5.3. Guantes y sistema de tracking (posicionamiento)	101
Figura 6.1. Edificio virtual creado en VRML.....	105
Figura 6.2. Lugar geográfico convertido en mundo virtual	106
Figura 6.3. Box	108
Figura 6.4. Sphere.....	108
Figura 6.5. Cone	108
Figura 6.6. Cylinder.....	108
Figura 6.7. Círculos creados en VRML de diferentes colores	109
Figura 6.8. Brazo dirección en VRML.....	117
Figura 6.9. Brazo telescópico en VRML	118
Figura 6.10. Carretera en VRML	118
Figura 6.11. Conjunto neumático-llanta en VRML	119

Figura 6.12. Eje trasmisión en VRML	119
Figura 6.13. Muelle-fuelle en VRML	119
Figura 6.14. Conjunto mangueta en VRML	120
Figura 6.15. Triángulo en VRML.....	120
Figura 6.16. Conjunto completo en VRML. Vista trasera	121
Figura 6.17. Conjunto completo en VRML. Vista delantera	121
Figura 6.18. Movimiento de la suspensión.....	124
Figura 6.19. Texto en VRML.....	125

1. INTRODUCCION

En todos estos años se han producido numerosas innovaciones en lo que a vehículos se refiere, principalmente referidas a la velocidad, la comodidad y, por supuesto, la seguridad. En todos estos factores interviene el sistema que se va a tratar, el sistema de suspensión, ya que ha tenido que paulatinamente, adaptarse a las necesidades de su tiempo. En un principio simplemente se ocupaban de aportar el confort necesario al vehículo, pero esto ha evolucionado hasta el punto en que un buen estado de la misma es fundamental para la realización de un viaje seguro, tanto para poder afrontar con garantías las irregularidades del camino como para trazar las curvas a determinadas velocidades.

Por tanto, el estudio detallado de la suspensión tiene vital importancia, sobre todo en los vehículos de servicio público ya que en ellos recae una verdadera responsabilidad con sus viajeros. Esto ocurre, de la misma manera, en los vehículos de competición donde este tipo de sistema garantiza tanto el éxito como la seguridad de los pilotos.

Para el estudio detallado de la suspensión se ha realizado un modelo 3D (como se ve en la figura 1.1), el cual posteriormente se somete a una simulación en Realidad Virtual.

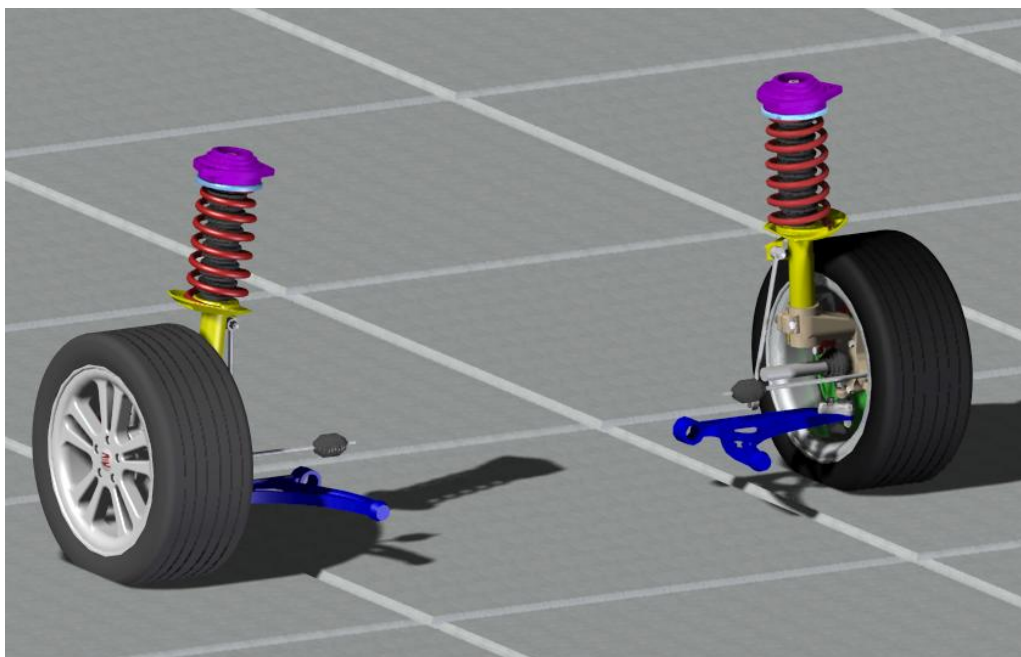


Figura 1.1. Modelo 3D de una suspensión McPherson

La Realidad Virtual es 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.

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El proyecto tiene como finalidad realizar un estudio del movimiento de la suspensión de un vehículo, mediante técnicas virtuales. En concreto, se simula la suspensión independiente de tipo McPherson.

De esta manera, 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 un 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 espacios virtuales.

1.2. CONTENIDO DEL PROYECTO

El presente proyecto consta de siete capítulos, siendo este primero en el que se hace una introducción y se marcan los objetivos del mismo.

En el segundo capítulo se ofrece una visión sobre el estado actual de la inmersión de las nuevas tecnologías en los diferentes campos de la enseñanza.

En el tercer capítulo se define en qué consiste un sistema de suspensión, sus partes, los diferentes tipos que existen y su funcionamiento.

En el cuarto capítulo se explica en qué consiste Solid Edge y se describe cómo se diseñan las piezas que componen la suspensión objeto de este proyecto.

En el quinto capítulo se hace una descripción detallada de en qué consiste la Realidad Virtual.

En el sexto capítulo se modela la suspensión en lenguaje VRML, y se explica la metodología y la programación utilizada para la creación de los mundos virtuales.

El séptimo capítulo indica algunas de las conclusiones a las que se ha llegado durante la realización del proyecto, y define posibles ampliaciones al presente proyecto.

2. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, se puede observar una gran diferencia entre los países desarrollados con un gran despliegue tecnológico y los subdesarrollados. Este desarrollo ha dado lugar a las Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (NTIC) [1].

2.1. NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA ENSEÑANZA

Las NTIC ofrecen grandes posibilidades de estandarización y de adecuación a las necesidades individuales y de la enseñanza. La irrupción en la vida de los ciudadanos por parte de estas nuevas tecnologías, y las perspectivas a un fuerte desarrollo ha llevado a considerar a muchos profesionales de la educación, que el conocimiento y el uso adecuado de las mismas es un contenido educativo con una gran relevancia social.

Su característica más visible es su radical carácter innovador y su influencia más notable se establece en el cambio tecnológico y cultural, en el sentido de que están dando lugar a nuevos procesos culturales.

Las características más relevantes de las nuevas tecnologías de la información aplicadas a la enseñanza, se resumen en:

- Formación individualizada. Cada alumno puede trabajar a su ritmo, por lo que no existe presión para avanzar al mismo ritmo que los demás.
- Planificación del aprendizaje. De acuerdo con sus posibilidades, el estudiante define los parámetros para realizar su estudio; así se evitan los ritmos inadecuados que aburren o presionan al alumno, el perder tiempo volviendo a ver conceptos ya conocidos, el alumno determina cuanto tiempo dedica al curso, etc.
- Estructura abierta y modular. Gracias a la especial estructura de los paquetes de formación, el usuario puede escoger el módulo de enseñanza que más se acerque a sus necesidades, dejando aparte las áreas que él considere innecesarias por el momento. Estos módulos hacen manejable todo el curso y están integrados teniendo en cuenta la capacidad de procesamiento humano.

- Comodidad. La enseñanza llega al alumno sin que este tenga que desplazarse o abandonar sus ocupaciones. Que "viaje" la información, no las personas.
- Interactividad. Los nuevos medios proporcionan grandes oportunidades para la revisión, el pensamiento en profundidad y para la integración. Además, le permiten usar distintos soportes (libros, computadora, videos) en su formación y no de forma aislada, sino combinándolos para lograr un mejor entendimiento de la materia.

En este nuevo papel, formador frente a las NTIC, el profesor es considerado para algunos autores como:

- Programador, director y coordinador de procesos de aprendizaje con medios interactivos.
- Transmisor de información e impulsor de la ejercitación de conocimientos, procedimientos y actitudes.
- Motivador y como lazo de conexión entre los objetivos a alcanzar y el participante.

Entrando en las posibilidades que estos medios pueden aportar a la enseñanza, tenemos que destacar desde el principio que una de las grandes posibilidades radica en el incremento de la información, que puede ser puesta a disposición de los estudiantes y de los profesores.

Por medio de ellos se puede acceder a bases de datos de diferentes tipos de contenidos y estructura, desde las que poder considerar como fuentes documentales de información, hasta las de ejemplificación y ejercitación de los contenidos sobre los que los estudiantes tienen que interaccionar.

Evidentemente el uso de las NTIC en la enseñanza trae consigo muchas ventajas. La principal ventaja es el incremento considerable de la información que se pone a disposición de los profesores y sus alumnos. Esta información puede ser recibida en muy diversos códigos y, en algunas ocasiones, ser el único medio para poder ser recibidas. Por otra parte, la información ya no se localiza en un lugar determinado, lo

que lleva a la ruptura de barreras espacio-temporales y a un nuevo modo de construir el conocimiento, favoreciendo el trabajo colaborativo y el auto aprendizaje. Otro tipo de ventajas serían las siguientes:

- Construcción de programas de enseñanza personalizados para cada alumno: en cuanto a horarios, contenidos, etc.
- Capacidad para establecer un ritmo individualizado de seguimiento para cada alumno, que esté a la medida de los estilos y limitaciones de aprendizaje de cada uno.
- Ahorro de costos en desplazamientos: viaja el curso, no el alumno (en ocasiones, ni siquiera el instructor).
- Teoría y práctica fácilmente integrables, en muchos de los casos de formación en tecnologías de la información.
- Integración del aprendizaje con ejercicios de autoevaluación.
- Posibilidad de reproducir situaciones muy cercanas al contenido del trabajo real.
- Flexibilidad en la planificación y gestión de las tareas de formación.

2.2. REALIDAD VIRTUAL 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 [2].

La inmersión de las nuevas tecnologías de información y comunicación en la sociedad, y la aparición de Internet como nuevo medio de comunicación, ha supuesto que el acceso a la información sea sencillo y rápido. La mayor parte de la información reside en las conocidas páginas Web, que suelen presentar texto e imágenes en dos

dimensiones. 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.

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" (Martín García).

El objetivo de la Realidad Virtual es crear una experiencia que haga sentir al usuario y en este caso a los alumnos, que se encuentran inmersos en un mundo virtual, aparentemente real; para ello, trabajan y se sirven de gráficos 3D así como del sonido que envuelve las escenas mostradas. La realidad virtual utiliza la visión de un observador, el usuario, quien se mueve dentro del mundo virtual utilizando dispositivos adecuados, como gafas o guantes electrónicos.

La Realidad Virtual explota todas las técnicas de reproducción de imágenes y las extiende, usándolas dentro del entorno en el que el usuario puede examinar, manipular e interactuar con los objetos expuestos.

Según afirma García Ruíz (1998), a partir de los experimentos llevados a cabo por Sherman y Judkins (1994) en la Universidad de Washington se puede llegar a la conclusión de que 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" [14].

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 tabloneros 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.

De acuerdo con Sherman y Judkins (1994), 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 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". Según García Ruíz (1998), 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 *Auto CAD*, 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.

Para García Ruiz (1998), 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 (MacDonald, 1994).

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" (Jones, 1995). 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.

La Realidad Virtual es, en definitiva, 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.

2.3. EL FUTURO DE LA REALIDAD VIRTUAL

El futuro de un entorno de Realidad Virtual será algo parecido al Holodeck (véase figura 2.1.), un dispositivo en forma de habitación, que permite una visión de 360 grados, con imágenes estereoscópicas para todos los usuarios desde cualquier punto de vista, proporcionando una representación de cualquier circunstancia imaginable, que no se distinga del mundo real [12].



Figura 2.1. Museo de dinosaurios e Interfaz táctil

2.4. OTRAS TECNOLOGÍAS

La Realidad Aumentada es una técnica mediante la cual los usuarios pueden percibir la realidad superponiendo a los objetos reales modelos virtuales enriquecidos [12,13].

El observador puede trabajar y examinar objetos 3D reales mientras recibe información adicional sobre estos objetos o sobre la tarea que se está realizando. De este modo, la RA permite al usuario permanecer en contacto con su entorno de trabajo, mientras su foco de atención no está en el ordenador, sino en el mundo real, ver figura 2.2. El papel que juega el ordenador es el de asistir y mejorar las relaciones e interacciones entre las personas y el mundo real.

En los sistemas de RV el usuario está completamente inmerso en un mundo artificial y no hay manera de interactuar con objetos del mundo real. En contraposición, en la realidad aumentada los usuarios pueden interactuar mezclando el mundo real y virtual de una forma natural.



Figura 2.2. Dinosaurio en Realidad Aumentada

Así, la diferencia entre RV y RA está en el tratamiento que hacen del mundo real. La RV sumerge al usuario dentro de un mundo virtual que reemplaza completamente al mundo real exterior, mientras que la RA deja ver al usuario el mundo real a su alrededor y aumenta la visión que éste tiene de su entorno mediante la superposición o composición de los objetos 3D virtuales. Idealmente, esto daría al usuario la ilusión que los objetos de los mundos real y virtual coexisten.

En definitiva, se podría decir que los sistemas de RA llevan el ordenador al entorno de trabajo real del usuario, mientras que los sistemas de RV intentan llevar el mundo real al interior del ordenador.

Pueden organizarse reuniones en las cuales los asistentes vayan equipados con gafas especiales conectadas al ordenador, de forma que todos visualicen un mismo mundo virtual y al mismo tiempo puedan verse entre ellos.

3. SISTEMA DE SUSPENSION

3.1. INTRODUCCIÓN

El sistema de suspensión es el conjunto de elementos que absorbe las irregularidades del terreno por el que circula un automóvil, camión o motocicleta para aumentar el confort y el control del vehículo. El sistema de suspensión actúa entre el chasis y las ruedas, como se puede ver en la figura 3.1, las cuales reciben de forma directa las irregularidades de la superficie transitada [6].



Figura 3.1. Suspensión McPherson. Seat Ibiza

Las principales funciones del sistema de suspensión de un vehículo son sostener el peso del mismo, absorber las sacudidas de marcha, permitir al conductor dirigir el vehículo eficientemente y proporcionar confort y seguridad a sus ocupantes. Cuando este sistema trabaja correctamente, se ejecutan cuatro tareas básicas:

- Mantener el contacto de las llantas con el camino y la altura de marcha.
- Soportar el peso del vehículo.
- Reducir los saltos del vehículo en el camino y mantener el control.
- Mantener las ruedas alineadas.

Además también es necesario que cumplan con otras funciones no menos importantes, como son:

- Transmitir las fuerzas de aceleración y de frenada entre los ejes y el bastidor.
- Resistir el par motor y de frenada

- Resistir los efectos de las curvas
- Conservar el ángulo de dirección en todo el recorrido y la perpendicularidad del bastidor.
- Proporcionar una estabilidad adecuada al eje de balanceo.

Para que se cumplan estos objetivos, la suspensión debe tener dos propiedades importantes:

- Amortiguación, para impedir un balanceo excesivo de la carrocería y mantener los neumáticos en contacto con el terreno.
- Elasticidad, para evitar que las desigualdades en el terreno se transmitan al vehículo en forma de golpes secos.

Cuando un automóvil pasa sobre un resalte o sobre un hoyo, se produce un golpe sobre la rueda, que se transmite por medio de los ejes al chasis y que se traduce en oscilaciones.

Una mala conducción o un reparto desequilibrado de las cargas pueden también originar oscilaciones, como se puede ver en la figura 3.2. Estos movimientos se generan en el centro de gravedad del coche y se propagan en distintos sentidos. Los tres tipos de oscilaciones existentes son:

- Empuje: se produce al pasar por terreno ondulado.
- De cabeceo fruto de frenadas bruscas.
- De bamboleo: se genera al tomar curvas a alta velocidad.

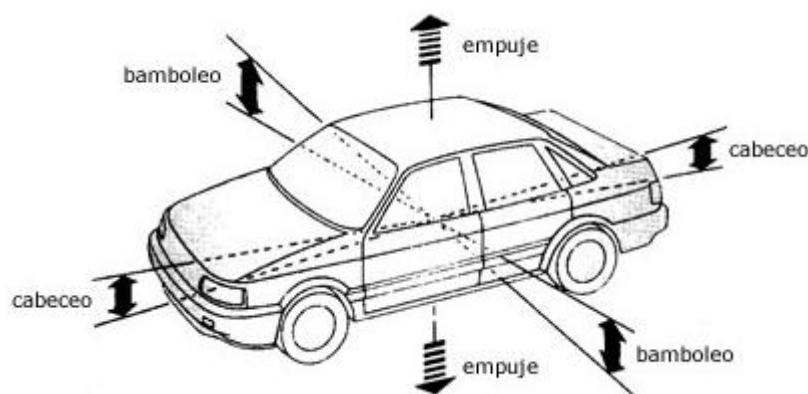


Figura 3.2. Tipos de oscilaciones

Las prestaciones de los automóviles, en la actualidad han ido en constante aumento y los sistemas de suspensión han tenido que adaptarse a las nuevas necesidades. Actualmente las suspensiones deben proporcionar confort, adherencia y estabilidad.

Las carreteras de hoy en día no tienen que ver nada con las de hace cien años, siguen teniendo imperfecciones en su superficie, que provocan que las ruedas a su paso por ellas puedan llegar a perder el contacto temporal con el pavimento. Por lo tanto, si se quiere disponer siempre de la máxima adherencia con la calzada ha de garantizarse que la rueda siga continuamente el perfil de la carretera, sin que se produzcan despegues.

Por otro lado cuando un automóvil frena, acelera o toma una curva experimenta unas aceleraciones, que como consecuencia de su propia masa se traducen en unas fuerzas. Los elementos elásticos que proporcionan adherencia y confort, permiten ahora que la carrocería se incline y se producen una serie de transferencias de masa sobre las ruedas de un mismo eje o las de un mismo lado. Este fenómeno provoca dos reacciones:

- Al inclinarse la carrocería, y dependiendo de la geometría de suspensión que se tenga, la posición de la rueda con respecto al suelo cambiará. Estos cambios pueden afectar al contacto neumático-pavimento viéndose reducida la adherencia.
- Que unos neumáticos estén más solicitados que otros y no se pueda aprovechar toda la adherencia, que potencialmente serían capaces de desarrollar los cuatro neumáticos juntos.

En una pista ideal, cuya superficie fuera perfectamente plana, la mejor solución sería una suspensión con una rigidez infinita, es decir, que no hubiera suspensión, ya que así se evitarían en parte estos dos efectos negativos. Por lo tanto, la razón de ser de las suspensiones son los baches y las imperfecciones en la superficie de las carreteras [9].

Por esto, se puede observar que los vehículos destinados a rodar por los peores caminos, como los todo-terreno, disponen de suspensiones blandas con mucho recorrido, y los destinados a rodar por las mejores pistas, como los vehículos de competición de circuito, disponen de unas suspensiones muy duras y de escaso recorrido.

Los elementos básicos de un sistema de suspensión son:

- Neumáticos
- Ballestas o muelles
- Amortiguadores

Los neumáticos absorben las pequeñas irregularidades de la calzada. Esto es debido al enlace formado por el caucho y el relleno de aire que consiguen no transmitir ningún tipo de pequeña oscilación al vehículo.

Los muelles se encargan de absorber las grandes irregularidades del terreno. Se valoraran más detenidamente más adelante.

Por último, los amortiguadores limitan las oscilaciones del movimiento de los muelles. Estos se colocan entre el cuerpo suspendido (carrocería) y el apoyo (neumático), y en paralelo con el resorte, limitándole el movimiento oscilatorio natural de un sistema elástico.

Para finalizar, también resulta necesario diferenciar las masas que componen el peso del vehículo:

- Masa suspendida: comprende todos los mecanismos cuyo peso es el soportado por el chasis o bastidor. Normalmente incluye el cuerpo del vehículo, los componentes internos, pasajeros y carga. El chasis es el armazón sobre el que se montan los distintos elementos del coche, como el motor, transmisión y carrocería.
- Masa no suspendida: es la parte del vehículo que está permanentemente en contacto con la calzada, como son las ruedas, elementos de suspensión (muelles, amortiguadores, brazos, etc.) y frenos.

3.1.1. Historia

En los comienzos de la automoción los automóviles eran extremadamente sencillos y no se pensó en lo que supondría desplazarse velozmente sobre los caminos. Los primeros vehículos, sin suspensión y con ruedas macizas, transmitían a los ocupantes todas las irregularidades de los caminos, por lo que viajar en automóvil a cierta velocidad se hacía incomodo y fatigoso [9].

Antes de que se inventara la suspensión, los primeros mecánicos no preveían suspender cada rueda independientemente de la caja vehículo, sino de los dos. De hecho, el automóvil que hoy conocemos desciende del carruaje de caballos, donde debido a la tortura que sufrían los ocupantes se decidió colgar la cabina con unas correas de cuero desde unos soportes de metal que provenían de los ejes. Aunque esto provoco un bamboleo de la cabina, se puede decir que es el primer sistema de suspensión conocido.

Los primeros constructores transfirieron la técnica de la suspensión de los carruajes a los coches. Estas técnicas preveían dos ejes rígidos unidos a la caja del vehículo mediante ballestas longitudinales o transversales. Las ruedas estaban forradas con hierro y faltaban los amortiguadores verdaderos. No obstante, el rozamiento de las hojas de las ballestas entre sí facilitaba un cierto amortiguamiento. En la figura 3.3 se ve un carruaje de caballos suspendido por ballestas.



Figura 3.3. Carruaje

A pesar de que las primeras suspensiones independientes aparecieran alrededor de 1903, la gran masa de los constructores se orientó hacia soluciones estándar (en general, ejes rígidos con ballestas y asentamiento con notable cámbel positivo delantero), que se mantuvieron en vigor hasta los años treinta, cuando no tuvieron ya una satisfacción clara.

La primera gran revolución, sobre todo respecto al confort de marcha, fue el neumático, que obligó a una puesta al día de las suspensiones alrededor de 1920, cuando se introdujo el tipo balón.

Los cien años de evolución de las suspensiones del automóvil se pueden dividir en tres fases:

- La primera va del año 1885 al 1920, y es donde se da el paso del diseño de los carruajes hacia técnicas más adecuadas, por principios de construcción y por prestaciones, a un vehículo de motor.
- La segunda fase se encuentra entre los años 1920 y 1955 y en ella se comienza con la búsqueda de soluciones con prestaciones crecientes y una estabilidad que hacía poco que se había convertido en una fundamental exigencia. En este período fue cuando se produjo la progresiva diferenciación de los esquemas de las suspensiones en función del tipo de coche (posición del motor, tipo de propulsión, condiciones de carga, etc.). En el sector de los coches de prestigio y de competición se produjo el desarrollo de esquemas nuevos, más complejos, en búsqueda del confort y las prestaciones más sofisticadas.
- La última fase comprende desde el año 1955 hasta los años setenta: donde ya se adoptan soluciones ya formuladas teóricamente y consideradas de nuevo con esquemas de construcción adecuadas a las grandes series (menor coste, mayor fiabilidad, menor mantenimiento); con los mismos objetivos se actuó en la búsqueda de soluciones nuevas. También se propusieron algunos esquemas antiguos originales, como el de subrayar que un cierto esquema de suspensión difícilmente tiene de por sí unas dotes de estabilidad y de confort superiores a cualquier otro tipo, en el sentido de que el diseño de aplicación

de cada esquema y otros numerosos factores (asentamiento, elasticidad, amortiguadores y, sobre todo, la geometría) pueden modificar completamente el comportamiento.

En particular, para este proyecto, la suspensión independiente McPherson, recibe este nombre debido al ingeniero que la diseñó para su uso en 1951, Earl S. McPherson, en el modelo Ford Consul y después en el Zephyr.

3.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN

El sistema de suspensión está compuesto por un elemento flexible o elástico (ballesta, muelle helicoidal, barra torsional, cojín neumático, etc.) encargado de absorber la energía generada en los impactos debido a las irregularidades del terreno y un elemento de amortiguación (amortiguador), cuya misión es neutralizar las oscilaciones de la masa suspendida originadas por el elemento flexible al devolver la energía acumulada del impacto [6, 7,8].

Los sistemas de suspensión incorporan elementos que mejoran el comportamiento dinámico del vehículo, como barras estabilizadoras, tirantes de reacción o barras transversales.

A continuación, se describen los distintos elementos que componen el sistema de suspensión en la mayoría de los automóviles.

3.2.1. Elementos elásticos

La misión de los elementos elásticos es impedir que las oscilaciones del terreno lleguen a la carrocería en forma de golpes, mejorando el confort y la seguridad del vehículo al asegurar el contacto de las ruedas con el terreno, mejorando así la estabilidad y la capacidad para dirigir el vehículo.

3.2.1.1. Elementos neumáticos

El neumático formado por cápsulas herméticas de caucho con estructura metálica, como se muestra en la figura 3.4 y rellenas de gas a presión, es uno de los elementos más importantes del automóvil. Esto es debido porque es el que debe soportar el peso del vehículo, las fuerzas de inercia producidas en las aceleraciones y las frenadas, deben transmitir el par producido por el motor al suelo y además es el encargado de mantener la trayectoria del vehículo en las ruedas directrices.

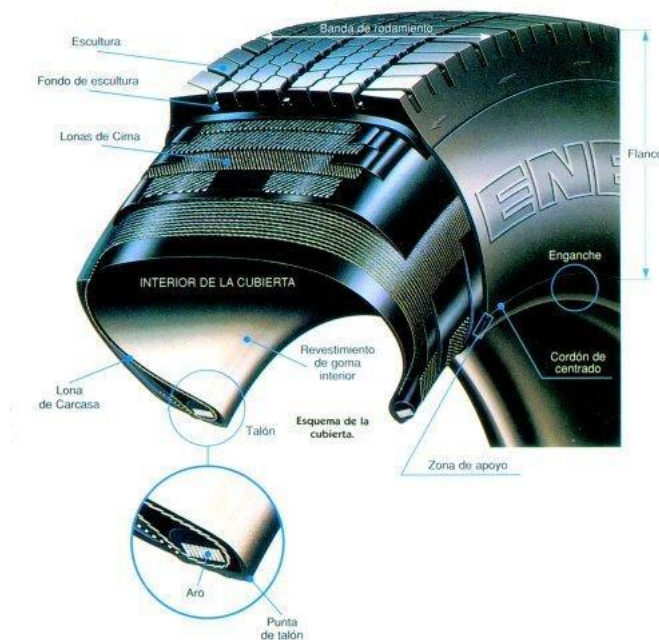


Figura 3.4. Sección de un neumático

Debe de estar siempre en contacto con el suelo, por ello son los primeros elementos en estar en contacto con todas las irregularidades del terreno y su baja elasticidad solo absorbe las pequeñas irregularidades.

Otros componentes neumáticos, serían los cilindros neumáticos o “bolsas de aire”, mostrados en la figura 3.5, que se utilizan sobre todo en vehículos industriales y se utilizan como elementos flexibles debido a que son más resistentes los cauchos y las fibras de refuerzo. Estas bolsas de aire proporcionan una suspensión muy suave y suficientemente duradera.



Figura 3.5. Cilindro neumático

La ventaja principal de las bolsas de aire comparadas con el resto de los muelles es que su presión interior puede ser modificada de acuerdo a la carga y con ello mantener la misma altura con el vehículo cargado. Este sistema es el empleado en las suspensiones hidroneumáticas.

3.2.1.2. Las ballestas

Están compuestas por una serie de láminas de acero resistente y elástico, de diferente longitud, superpuestas de menor a mayor a partir de la hoja más larga denominada “maestra”, y sujetas por un pasador central llamado “perno-capuchino”. Para mantener las láminas alineadas llevan unas abrazaderas, denominadas abarcones, a ambos lados del eje que une ambas ruedas, y atornilladas en sus extremos al mismo. Las ballestas convencionales van sujetas a la carrocería por medio de la hoja maestra, que posee en sus extremos dos curvaturas formando un ojo por el cual, y por medio de un silentblock de goma, se articulan en el bastidor. Mediante los abarcones, se sujetan al eje de la rueda. En uno de sus extremos se coloca una gemela, que permite el desplazamiento longitudinal de las hojas cuando la rueda coja un obstáculo y, en el otro extremo va fijo al bastidor. Se puede ver en la figura 3.6 una ballesta y sus diferentes fijaciones al chasis:



Figura 3.6. Ballesta

Si la ballesta es muy flexible se llama blanda, y, en caso contrario, dura; usándose una u otra según el peso a soportar. Las ballestas pueden utilizarse como elemento de empuje del eje al bastidor. Para evitar que el polvo o humedad, que pueda acumularse en las hojas, llegue a “soldar” unas a otras impidiendo el resbalamiento entre sí y, por tanto, la flexibilidad, se recurre a intercalar entre hoja y hoja láminas de zinc, plástico o simplemente engrasarlas.

Las ballestas permiten absorber las irregularidades grandes del terreno, evitando que se transmitan a la carrocería. Cuando el vehículo pasa por una irregularidad, la ballesta convierte ese “golpe” en una oscilación.

Suelen tener forma sensiblemente curvada y pueden ir colocadas longitudinalmente o en forma transversal:

- Montaje longitudinal: es el más utilizado en vehículos industriales. Se coloca una ballesta por cada rueda dispuestas en el sentido de avance del vehículo. La ballesta se une por un lado a un punto fijo y por el otro a uno móvil para permitir los movimientos oscilantes.
- Montaje transversal: utilizado principalmente en turismos y vehículos todo-terrenos. Se realiza uniendo los extremos de la ballesta al puente, mediante gemelas, y la base de la ballesta al bastidor o carrocería. Tiene como inconveniente que anula la capacidad de guiado.

Las principales ventajas que aportan las ballestas son:

- Sólo se deforman en un sentido (vertical), esto permite prescindir de otros elementos de guiado, siendo las mismas ballestas las que proporcionan ese guiado.
- Transmiten la propulsión y tracción.
- Son de fácil construcción y baratas, permitiendo ser separadas y/o volverlas a dar la curvatura necesaria.
- El propio rozamiento de las hojas, permite dar al conjunto un cierto efecto amortiguante.

Sin embargo, su principal inconveniente es que en el eje delantero (montadas longitudinalmente) limitan el ángulo de orientación de la rueda y son relativamente pesadas, además requieren limpieza y lubricación en los extremos de las hojas para que no se endurezca la suspensión ni se oxide.

Las ballestas pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Semielípticas: Se denominan así porque sus hojas forman parte de una elipse imaginaria. Se caracterizan y distinguen por tener las hojas unas en contacto con las otras formando un paquete, que precisa de lubricación periódica.
- Parabólicas: las ballestas parabólicas tienen las hojas con forma de parábola. Se distinguen porque sus hojas no se tocan entre sí, existiendo un espacio importante entre ellas. Estas ballestas tienen una mayor flexibilidad y no requieren mantenimiento.

3.2.1.3. Muelles

Los muelles tienen la misma misión que las ballestas, absorber las irregularidades del terreno. La sustitución de las ballestas por los muelles es debido a que estos presentan la ventaja de presentar una elasticidad blanda debido al gran recorrido del

resorte sin apenas ocupar espacio ni sumar peso excesivo. En la figura 3.7, se puede ver el resorte de una suspensión McPherson.



Figura 3.7. Resorte helicoidal

Los resortes están constituidos por un hilo de acero, cuyo diámetro oscila generalmente entre 8 y 20 mm arrollado en forma de hélice, cuyas espirales extremas se hacen planas para conseguir un buen asiento tanto en la carrocería como en el amortiguador.

Las características del muelle, vienen dadas por muchos factores: la longitud, el diámetro de las espiras, el coeficiente elástico del acero y el número de espirales y su diámetro, y del comportamiento del vehículo. De todos estos factores se calcula la característica más importante de todas, la dureza, es decir, la resistencia a ser deformado.

Los muelles helicoidales trabajan por torsión del hilo que lo constituye, bajo el efecto de una carga, las espiras se aproximan entre ellas, conservando intervalos idénticos.

El inconveniente que presentan los muelles helicoidales es la que poseen una rigidez transversal muy pequeña, por lo que es necesario completar la suspensión con dispositivos destinados a impedir los desplazamientos de la carrocería con relación a los ejes.

3.2.1.4. Barra de torsión

La barra de torsión funciona de manera similar al muelle helicoidal: mientras la barra está sujeta por uno de sus extremos, como se muestra en la figura 3.8, se le aplica por el otro extremo un esfuerzo de torsión, entonces la varilla tenderá a retorcerse. Y volverá a su forma primitiva cuando cese el esfuerzo de torsión debido a su elasticidad.



Figura 3.8. Barra de torsión

El montaje de las barras de torsión sobre el vehículo se realiza fijando uno de sus extremos al chasis o a la carrocería, de forma que no pueda girar en su soporte. En el otro extremo se coloca una palanca solidaria a la barra, unida en su extremo libre al eje de la rueda. Cuando esta sube o baja por el efecto de las desigualdades del terreno, se producirá en la barra un esfuerzo de torsión, cuya deformación plástica permite el movimiento de la rueda.

Se pueden disponer de dos formas: Paralelo al eje longitudinal del vehículo. O de forma transversal al eje longitudinal del vehículo.

3.2.1.5. Barras estabilizadoras

Consisten en una barra redonda de acero elástico generalmente curvadas en forma de “U” cuyos extremos se fijan a los soportes de suspensión de las ruedas. A continuación, en la figura 3.9, se ve como la barra estabilizadora de una suspensión McPherson se fija a los tirantes.

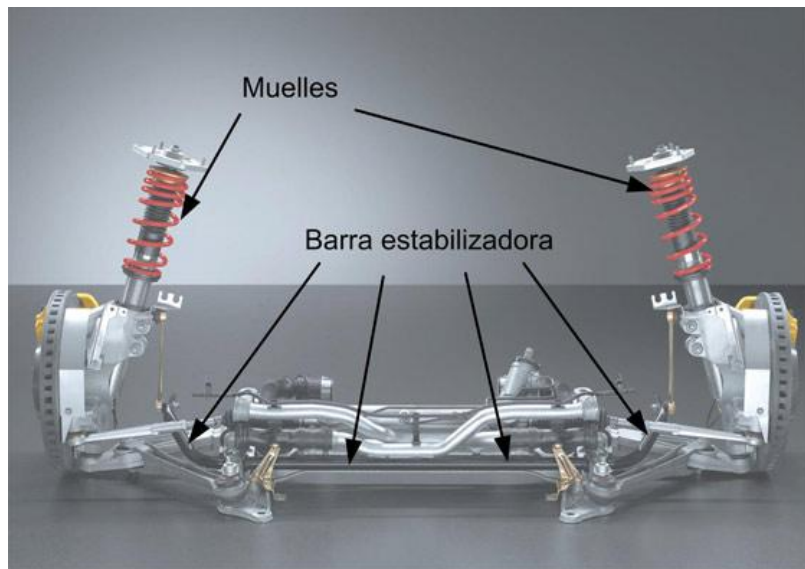


Figura 3.9. Barra estabilizadora

Existen dos tipos:

- Barras estabilizadoras transversales o barras anti balanceo: se utilizan para evitar oscilaciones laterales (balanceo). Por ejemplo, al tomar una curva la carrocería tiene tendencia a inclinarse hacia el lado de fuera, cuando un lado del coche está más alto que el otro, la barra se retuerce y la resistencia a torsión de la barra se opone al balanceo manteniendo la carrocería estable.

El mismo efecto se produce cuando una de las ruedas encuentra un bache u obstáculo, creando, al subir o bajar la rueda, un par de torsión en la barra que hace que la carrocería se mantenga horizontal.

- Barra estabilizadora longitudinal: su misión es regular los desplazamientos originados entre la masa suspendida y no suspendida ante esfuerzos de aceleración y frenado.

3.2.2. Elementos de amortiguación

Los elementos de amortiguación tienen como misión absorber el exceso de fuerza del rebote del vehículo eliminando los efectos oscilatorios de los muelles y evitando así que se transmitan a la carrocería, lo cual permite que las oscilaciones producidas por las irregularidades de la marcha sean más elásticas.

Cuando el vehículo encuentra alguna irregularidad en el terreno, la rueda hace que se comprima o alargue el muelle, recogiendo éste la energía producida en la oscilación, pero al no tener capacidad de absorción, devuelve la energía inmediatamente rebotando sobre la carrocería.

Este rebote en forma de oscilaciones es el que tiene que frenar el amortiguador, recogiendo en primer lugar el efecto de compresión del muelle y luego el de tracción, actuando de freno en ambos sentidos y disminuyendo la amplitud de las oscilaciones progresivamente. Los amortiguadores se clasifican según:

- El sentido de trabajo: en amortiguadores de simple efecto (un solo sentido) y amortiguadores de doble efecto (dos sentidos: tracción y compresión).

La diferencia que existe entre amortiguadores de simple y doble efecto radica en que los de simple efecto sólo amortiguan en un sentido porque cuando se produce el efecto de expansión o compresión, el aceite situado en las cámaras no circula a través de los pasos calibrados por lo que no amortiguan en uno de los sentidos.

- El número de tubos que lo forman: en monotubo o bitubo.
 - Monotubo (figura 3.10): De aparición más tardía que los amortiguadores bitubo, aunque cada vez tienen una mayor implantación, consta de dos cámaras principales, una con aceite y otra con gas (normalmente nitrógeno) que están separados por un pistón flotante. El volumen de la cámara es variable, según la compresión que sobre el gas ejerzan las fuerzas que actúan sobre el pistón. Solamente hay válvulas en el pistón.

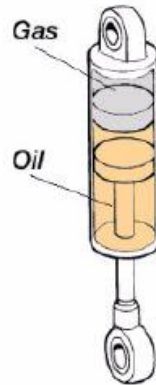


Figura 3.10. Amortiguador monotubo

- Bitubo (figura 3.11): son los más extendidos en la actualidad. Se dividen en presurizados (aceite) y no presurizados (aceite y gas). El pistón y el cilindro se encuentran en el interior de una cámara mayor. El aceite fluye por el cilindro a través del pistón y también a la segunda cámara a través de una válvula situada entre ambas.

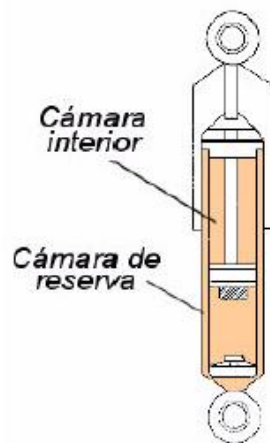


Figura 3.11. Amortiguador bitubo

- El fluido de amortiguación: en amortiguadores hidráulicos, de gas o mecánicos.
 - Amortiguadores hidráulicos (figura 3.12): cuyo funcionamiento está basado en la retención producida al hacer pasar un líquido de viscosidad determinada por uno o más conductos de pequeño diámetro. Al intervenir un líquido en su funcionamiento se les puede catalogar como hidráulico, el citado líquido resulta ser un aceite cuyo grado de viscosidad es muy alto. Dentro de estos se

encuentran: los amortiguados telescópicos (se dispone de un cilindro lleno de aceite por el cual se desliza un pistón solidario a un vástago, estando este último amarrado a la carrocería y el cilindro a la rueda); los amortiguadores giratorios (en este caso las cámaras donde se producen las variaciones de volumen son circulares, donde cada cámara es semicircular, y están separadas por unas válvulas unidireccionales); y los amortiguadores de balancín (se dispone de una palanca solidaria a la rueda la cual acciona un embolo que se desliza en una cámara ubicada a ambos lados de la palanca).

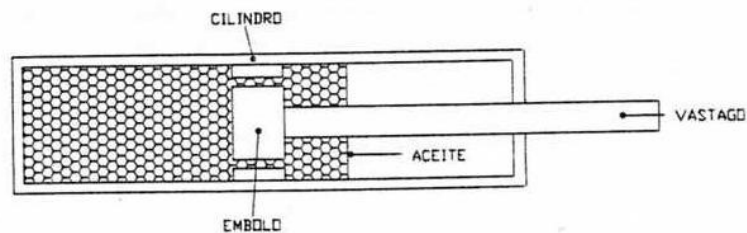


Figura 3.12. Amortiguador hidráulico

- Amortiguadores de gas (figura 3.13): son similares a los hidráulicos, con similar disposición, pero se diferencian en la aparición de un embolo flotante en el extremo opuesto al cilindro deslizante y el cual retiene un depósito de gas (nitrógeno normalmente) a una presión en torno a 25 atmosferas.

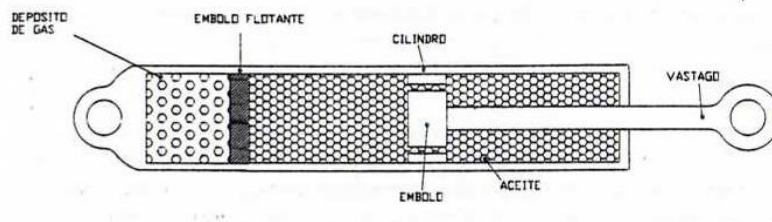


Figura 3.13. Amortiguador de gas

Presenta una serie de ventajas sobre la hidráulica: absorbe las variaciones de volumen en la cámara inferior, resultantes de los distintos volúmenes desalojados por el embolo, dada la presencia del vástago en la cámara superior; y se evita la formación de burbujas en el aceite al estar sometido a presión, reduciendo así comportamiento irregulares.

- Amortiguadores mecánicos: muy poco utilizados hoy en día. Y pueden ser de fricción y de inercia.

Los amortiguadores más utilizados actualmente son los amortiguadores de doble efecto y los hidráulicos telescópicos.

El amortiguador lleva a cabo dos movimientos (figura 3.14):

- Expansión (el amortiguador se abre): Para que el amortiguador se abra, el pistón necesita subir y esto solo se logra si el aceite que está arriba del pistón fluye a través de este. Para controlar el paso del aceite, están los barrenos ubicados en el cuello del pistón y las ranuras que se hacen (codificados) en el asiento de la válvula de expansión. Además de los barrenos y las ranuras, está también el resorte de expansión que mantiene la válvula bajo presión controlada. El actuar de estos tres elementos, proporciona las fuerzas del amortiguador que se conocen como resistencias hidráulicas.

- Compresión (el amortiguador se cierra): Para que el amortiguador se cierre, el pistón necesita bajar y esto solo se logra si el aceite que está en la parte inferior del pistón fluye a través de este. Para controlar el paso del aceite, están los barrenos ubicados en el cuerpo del pistón y las ranuras que se hacen (codificado) en la cabeza de compresión donde se ubica la válvula de reposición. Además de los barrenos y las ranuras, está también el resorte de compresión ubicado en la cabeza de compresión que mantiene la válvula controlada.

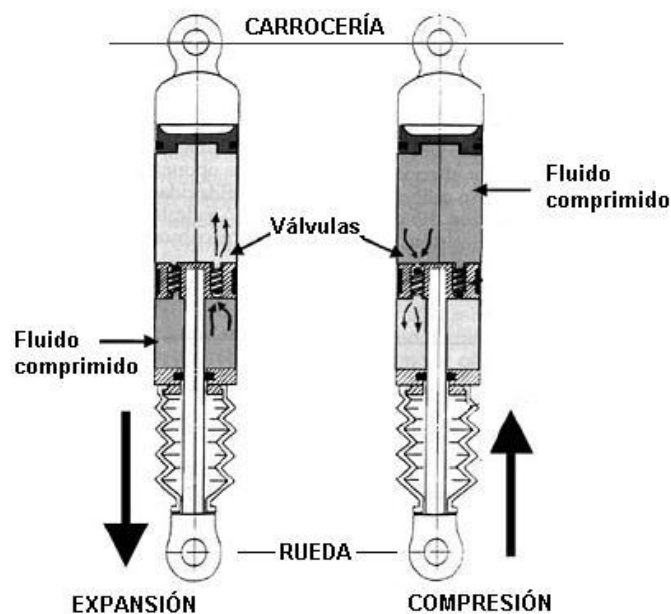


Figura 3.14. Movimientos del amortiguador

3.2.3. Elementos estructurales y de guiado de la suspensión

Para que un vehículo se encuentre suspendido sobre las ruedas y no apoyado en ellas, es necesaria la utilización de estos elementos. Son aquellos que servirán de guiado y de sujeción a la rueda en su desplazamiento, haciendo posible el funcionamiento de la suspensión y de la amortiguación, e interrelacionándolos con los dispositivos de tracción y dirección.

Estos elementos también sirven de soporte y fijación de los elementos citados anteriormente, como son muelles y barras de torsión.

3.2.3.1. Triángulo

Es un elemento de unión con tres extremos. Normalmente tiene dos en el bastidor y uno en la mangueta. Sirven de soporte y fijación de la mangueta a través de una rótula, y la fijación y pivotamiento de estos se consigue con dos articulaciones a través de la cuna mediante silentblocks. Se construyen en chapa de acero, en acero macizo e incluso en fundición de aluminio. Se pueden distinguir dos tipos de triángulos: en L y en A.



Figura 3.15. Triángulo en L

En la distribución en L, figura 3.15, el triángulo teórico que forman las tres articulaciones tiene un ángulo recto y un lado paralelo (o casi) al eje de las ruedas.

En la distribución en A, figura 3.16, el triángulo puede tener formas y ubicaciones más variadas. En unos casos tienen la articulación de la rueda entre las dos articulaciones del bastidor y en otros, las dos articulaciones del bastidor están por delante de la de la rueda el triángulo.

El triángulo en A puede estar abierto con forma de ángulo, denominado por los británicos whisbone, por su analogía al “hueso del deseo”. También puede estar cerrado con una unión intermedia entre los lados.

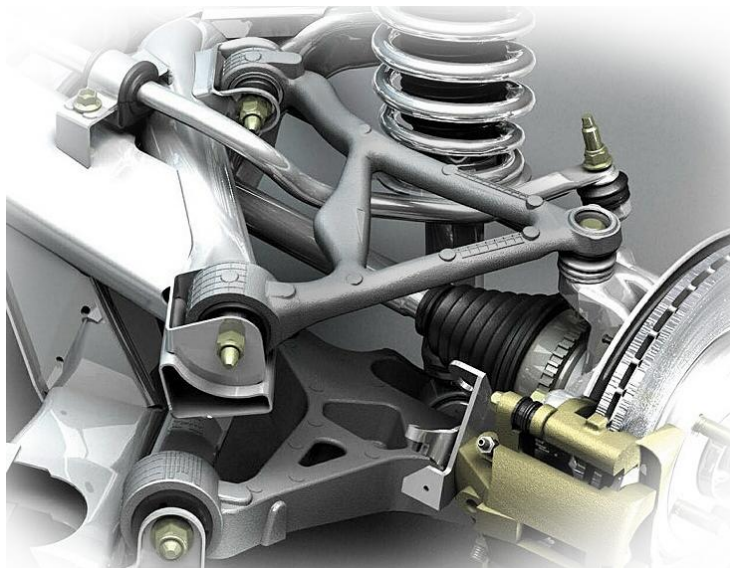


Figura 3.16. Triángulo en A

3.2.3.2. Trapecio

Es un elemento de unión con cuatro extremos, apropiado para soportar grandes esfuerzos longitudinales y transversales. A diferencia de un brazo o un triángulo, un trapecio tiene necesariamente dos y solo dos ejes de giro (uno en el bastidor y otro en la mangueta). Este tipo de elemento de unión se ha usado sólo en ejes motores.

Hay elementos de unión con forma de triángulo que equivalen funcionalmente a un trapecio, porque tienen pernos en sus dos extremos que impiden cualquier movimiento que no sea en sus dos ejes.

En la figura 3.17, se muestra un trapecio situado en eje trasero de un vehículo.



Figura 3.17. Trapecio

3.2.3.3. Brazos

Es un elemento de unión con dos extremos. Un brazo está hecho para soportar esfuerzos en la dirección del propio brazo, en ambos sentidos (tracción o compresión). Por su forma y por el tipo de articulaciones que tiene normalmente, no está hecho para soportar esfuerzos laterales.

Los brazos pueden ser rectos (figura 3.18) o curvos, rígidos o flexibles, y pueden provenir de una pieza de fundición (de hierro o aluminio) o de chapa de acero estampada.



Figura 3.18. Brazo recto y rígido

Un tipo especial de brazo son los tirantes: que sirven como complemento a ciertos elementos de la suspensión, con los que no se consigue un guiado y sujeción efectivo. Con su disposición se evitan alteraciones en la geometría de la misma y sus ángulos. En algunos casos disponen de un extremo roscado, para efectuar correcciones en la geometría de la rueda y en otros se emplean como reenvíos de la barra estabilizadora.

Otro brazo especial, sería el brazo telescópico (figura 3.19), que es el elemento de unión característico de la suspensión McPherson, que tiene un tubo interior que corre dentro de un tubo exterior. Normalmente es el amortiguador.

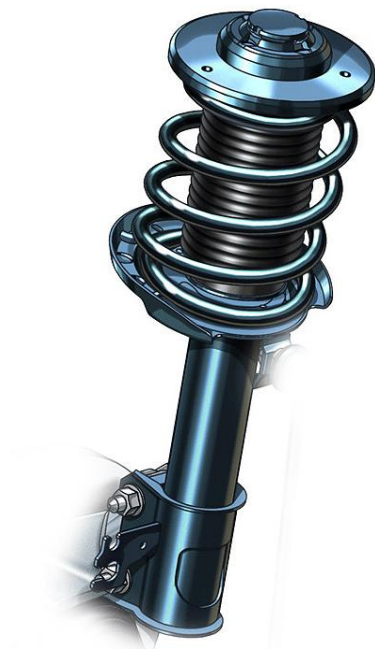


Figura 3.19. Brazo telescópico

3.2.3.4. Manguetas

La mangueta de la suspensión es aquella en la que se fijan, directa o indirectamente, la mayoría de los elementos de los sistemas de suspensión (tirantes, trapecios, amortiguador, etc.) y dirección, incluyendo la rueda. Se fabrica en acero con excelentes propiedades mecánicas. La mangueta va fijada a través del buje, que es el elemento giratorio al que también va fijada la rueda, el disco o el tambor de freno. En el interior del buje se montan los rodamientos o cojinetes que garantizan el giro de la rueda.

En la figura 3.20 se puede ver la mangueta de un Seat León, que es la que se ha utilizado para el diseño 3D.



Figura 3.20. Mangueta

3.2.3.5. Rótulas, silentblocks y articulaciones

Las rótulas (figura 3.21) constituyen un elemento de unión y fijación de la suspensión y de la dirección, al permitir el pivotamiento y giro manteniendo la geometría de las ruedas. Se trata de una esfera, a cuyo extremo es solidario uno de los elementos de la unión articulada. El alojamiento de la citada esfera, posee la misma forma interior que ésta, de tal forma, que sin dejar de ser solidarios, pueden adoptar diversas posiciones angulares entre sí.



Figura 3.21. Rótula

Los castillos o *silentblock* (figura 3.22) son elementos de caucho vulcanizado u otro material elastómero que se utilizan unir las suspensiones al chasis, de forma que no existan piezas móviles metálicas en contacto. Su misión es conseguir un buen aislamiento y amortiguar los golpes existentes entre dos elementos en los que existe movimiento relativo. Suelen montarse a presión o atornillados. No necesitan mantenimiento pero son sensibles a la temperatura, inclemencias del tiempo, a los productos químicos y al aceite.



Figura 3.22. Silentblock

En ciertos vehículos deportivos, para mejorar la precisión en las articulaciones, se sustituyen los casquillos por las rótulas “uniball”, que lo que las diferencia de las rótulas normales es que la esfera es atravesada por un tornillo pasante, absorbiendo así las torsiones generadas por las reacciones mecánicas, y con el inconveniente de que transmiten al conductor todos los ruidos y vibraciones.

3.2.4. Otros elementos

El bastidor o chasis no forma parte del sistema de suspensión en sí, pero es el armazón metálico sobre el que se montan y relacionan todos los elementos del automóvil: la carrocería, el motor y la transmisión por la parte superior y la suspensión con las ruedas por la parte inferior. Sus principales funciones son las de soportar el peso de todos los elementos del vehículo, soportar todas las cargas dinámicas que puedan generarse durante la conducción y las originadas por el funcionamiento de los distintos sistemas (motor, dirección, transmisión, etc.). Esto se puede ver en la figura 3.23.

La concepción clásica de los bastidores era una estructura formada por dos travesaños longitudinales con refuerzos transversales, sobre los que se anclaban suspensiones, carrocería y motor. En la actualidad se siguen utilizando muchos vehículos todo-terrenos por su robustez.



Figura 3.23. Chasis

Su estructura se diseño para deformarse en caso de colisión, dejando así que el chasis sea el que absorba la energía del impacto en vez de los ocupantes del vehículo. Se utiliza la carrocería auto portante, en la cual el bastidor como tal desaparece y se integra mediante refuerzos específicos en la propia carrocería.

3.3. CLASIFICACIÓN DE LAS SUSPENSIONES SEGÚN LA GEOMETRÍA

Dentro de las diferentes clasificaciones que podemos dar a los sistemas de suspensión, en este proyecto se van a desarrollar dos: la primera atiende a los diferentes sistemas según su geometría, y la segunda, atenderá a los diferentes tipos de control de actuación sobre el sistema de suspensión.

Otras clasificaciones posibles serían según el elemento amortiguador, las componentes que conforman la amortiguación, etc.

La clasificación según su geometría, engloba a tres grandes grupos de suspensión principales: suspensiones rígidas, suspensiones semirrígidas y suspensiones independientes.

3.3.1. Suspensión rígida

Se llama suspensión rígida a aquella suspensión que tienen como elemento de unión entre las ruedas de un mismo eje, un elemento rígido (barra). También es denominado sistema “dependiente”, ya que una rueda transmite todo el movimiento a la otra. En la figura 3.24 se puede observar un sistema rígido, y vemos como al elevarse una rueda, la inclinación de esta, se trasmite al eje y a su vez a la otra rueda. Debido a que el bastidor va fijado a los ejes, la inclinación del suelo afecta a todo el vehículo [5].

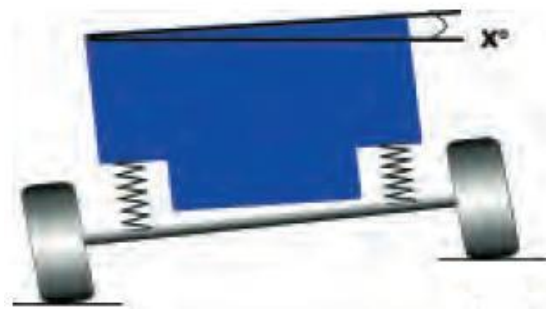


Figura 3.24. Suspensión rígida

Las suspensiones rígidas presentan pocas ventajas frente a las otras dos, y son su menor coste de diseño y fabricación, que no producen variaciones significativas en los parámetros de la rueda, y sobre todo destaca su sencillez. Se trata de una buena suspensión para soportar grandes cargas, debido esto a su rigidez y esto hace que sea típico verlos en ejes traseros de todoterrenos y camiones de bajo y gran tonelaje.

Dentro de los inconvenientes, cabe destacar, que al encontrarse unidas las ruedas, las vibraciones producidas por la acción de las irregularidades del pavimento, se transmiten de un lado al otro del eje, el peso de las masas no suspendidas aumenta notablemente debido al peso del eje rígido y al peso del grupo cónico diferencial en los vehículos de tracción trasera. Esto hace que sean incómodas en la conducción y que sean menos seguras.

3.3.2. Suspensión semirrígida

Las suspensiones semirrígidas se diferencian de las rígidas en que transmiten de forma parcial las irregularidades del terreno. En cualquier caso aunque la suspensión no es rígida total, tampoco es independiente.

En la figura 3.25 se muestra una suspensión de este tipo, es la llamada suspensión con “eje de Dion”, en ella las ruedas van sujetas mediante soportes articulados al grupo diferencial. De esta manera se transmite el giro a las ruedas a través de dos semiejes (palieres), y a su vez las ruedas van unidas entre sí mediante el tubo de Dion. Este sistema presenta ventajas frente al rígido de que disminuye la masa no suspendida, manteniendo así los parámetros de la rueda prácticamente constantes.

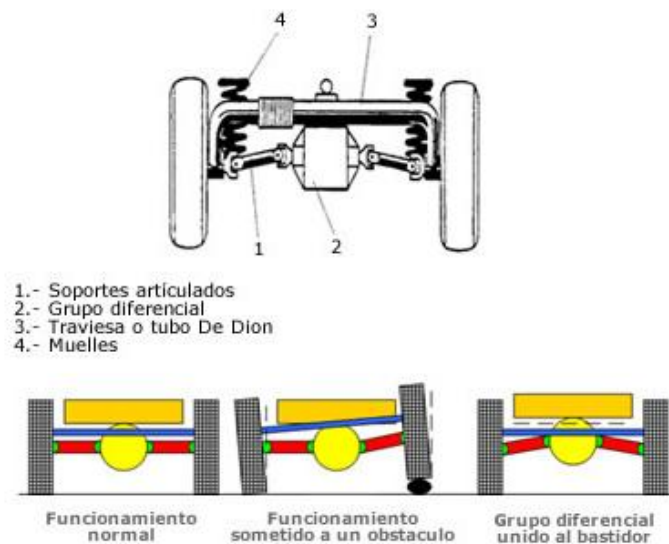


Figura 3.25. Esquema de una suspensión De Dion

El "eje torsional" es otro tipo de suspensión semirrígida utilizada en las suspensiones traseras, en vehículos que tienen tracción delantera, tiene forma de "U", por lo que es capaz de deformarse elásticamente un cierto ángulo cuando una de las ruedas encuentra un obstáculo.

Este sistema mediante la torsión del puente permite, una recuperación parcial del ángulo de caída de alto efecto de estabilización, características que junto al bajo peso, al bajo coste y al poco espacio que ocupan la hacen ideal para instalarla junto con otros componentes debajo del piso.

3.3.3. Suspensión independiente

Actualmente este tipo de suspensión es el que se utiliza más debido a que es la más óptima desde el punto de vista del confort y la estabilidad al reducir de forma independiente las oscilaciones generadas por el pavimento. Además posee menor peso frente a las otras [4].

En la configuración de eje independiente las ruedas están conectadas al cuerpo del vehículo mediante un sistema articulado que les permite desplazarse verticalmente sin afectar a la rueda opuesta. Esto se muestra en la figura 3.26.

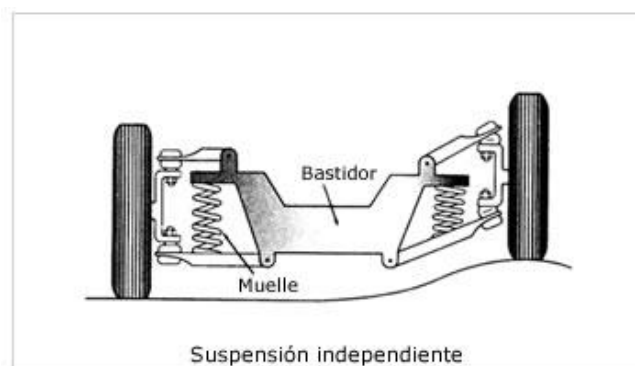


Figura 3.26. Suspensión independiente

El diseño de este tipo de suspensión deberá garantizar que las variaciones de caída de rueda y ancho de ruedas en las ruedas directrices deberán ser pequeñas para conseguir una dirección segura del vehículo.

Por contra las suspensiones independientes tienen la desventaja de tener un mayor coste, presentar una mayor complejidad del sistema y para cargas elevadas esta suspensión puede presentar problemas.

A continuación se describen las características más relevantes de los principales tipos de suspensión independientes así como sus características frente al resto de suspensiones:

3.3.3.1. Suspensión de eje oscilante

La peculiaridad de la suspensión mediante eje oscilante, figura 3.27, se encuentra en que el elemento de rodadura y el semieje son solidarios (salvo el giro de la rueda), de forma que el conjunto oscila alrededor de una articulación próxima al plano medio longitudinal del vehículo. Este tipo de suspensión no se puede usar como eje directriz puesto que en el movimiento oscilatorio de los semiejes altera notablemente la caída de las ruedas en las curvas.

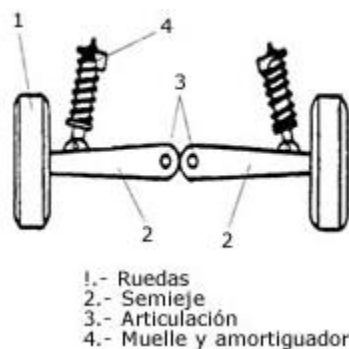


Figura 3.27. Esquema de una suspensión de eje oscilante

3.3.3.2. Suspensión de brazos tirados o arrastrados

La suspensión de brazos tirados realiza la unión de la rueda y el bastidor mediante una articulación por delante del eje, mediante un brazo que en su parte anterior está unido al bastidor y en la posterior a la rueda. En cualquier caso, las ruedas son tiradas o arrastradas por los brazos longitudinales que pivotan en el anclaje de la carrocería.

El elemento de unión puede ser más complejo que un brazo, bien un triángulo (dos puntos de unión al bastidor en lugar de uno) o bien varios brazos independientes. También puede haber diferencias en el sistema elástico utilizado.

En la figura 3.28 se muestra una figura que ilustra una suspensión de "brazos semi-arrastrados" y tiene la ventaja de que no precisa estabilizadores longitudinales debido a la componente longitudinal que tiene el propio brazo o soporte.

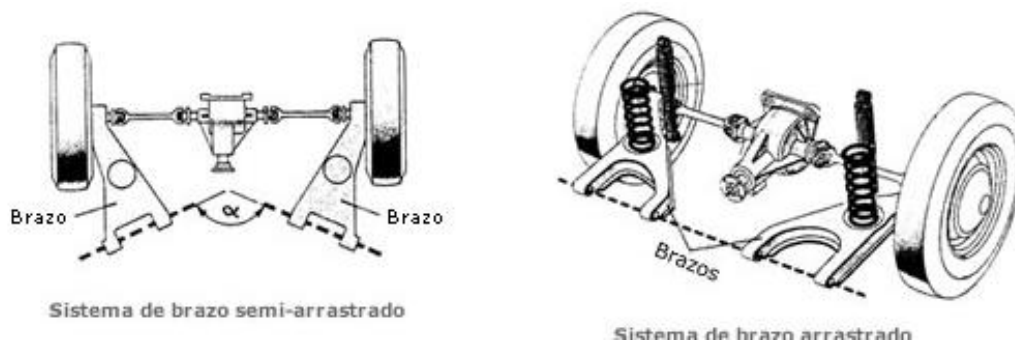


Figura 3.28. Sistema de brazos arrastrados

3.3.3.3. Suspensión McPherson

Esta es la suspensión que se va a diseñar, simular y estudiar en el presente proyecto, por ello se ahondará más en su explicación.

La suspensión McPherson es el sistema más compacto y liviano. Actualmente es el sistema de suspensión más utilizado en el eje delantero de los automóviles, permite un menor consumo de gasolina y un menor número de componentes en el sistema logrando así ahorro de espacio del motor. Por último, permite un sistema de tracción delantera más sencillo.

Con esta suspensión es imprescindible que la carrocería sea más resistente en los puntos donde se fijan los amortiguadores y muelles, con objeto de absorber los esfuerzos transmitidos por la suspensión.

Se trata de una suspensión en la que el amortiguador está solidariamente unido al buje de la rueda, de manera que el movimiento del bastidor con relación a la rueda

Despiece de una suspensión McPherson

- 1.- Cuna
- 2.- Travesaño
- 3.- Barra estabilizadora
- 4.- Bieleta de conexión de barra estabilizadora
- 5.- Triángulo de suspensión
- 6.- Mangueta
- 7.- Cubo
- 8.- Tuerca de transmisión
- 9.- Rodamiento de cubo
- 10.- Fijación inferior del amortiguador
- 11.- Amortiguador
- 12.- Muelle
- 13.- Guardapolvo (fuelle)
- 14.- Tope elástico
- 15.- Copela superior
- 16.- Cojinete de fijación
- 17.- Tornillo de fijación del cojinete a la carrocería
- 18.- Tuerca de vástago al amortiguador
- 19.- Tapa de plástico

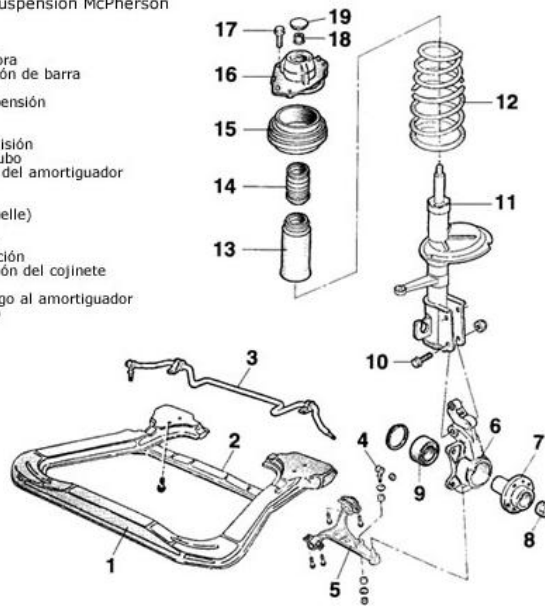


Figura 3.31. Despiece de una suspensión McPherson

La suspensión perpendicular o McPherson es en realidad una variante de la de movimiento transversal de dos planos, en la que el elemento superior es una columna telescópica casi perpendicular.

El movimiento de la rueda nunca es perfectamente perpendicular al suelo por dos razones: primero, los elementos de unión inferiores describen un arco y el amortiguador se desplaza lateralmente para seguirlo. Segundo, el amortiguador tiene una orientación siempre hacia delante en las rueda delantera y normalmente hacia afuera en las cuatro ruedas. Estos ángulos se muestran en la figura 3.32.

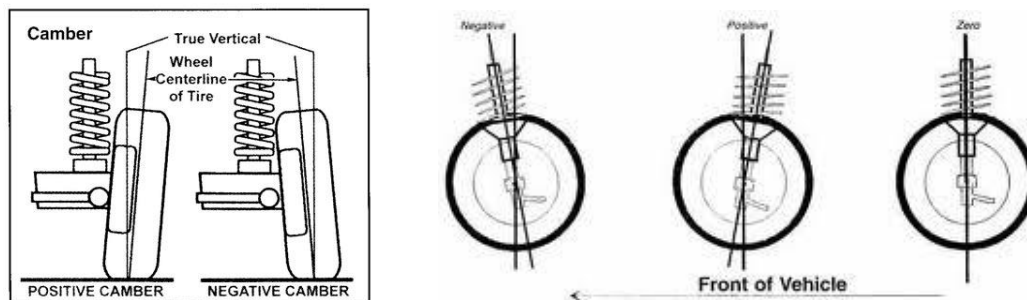


Figura 3.32. Ángulos de caída y avance

Se puede distinguir una suspensión McPherson porque el amortiguador es solidario con el buje, bien porque va embutido dentro o bien sujeto con tornillos. El muelle de la suspensión McPherson siempre es helicoidal, pero no necesariamente es concéntrico con el amortiguador. Los casos en los que el amortiguador está fuera del muelle helicoidal son muy raros.

El funcionamiento de la suspensión McPherson depende en gran medida de la calidad del amortiguador. Al ser un tubo telescópico sujeto a esfuerzos transversales a su eje, sus dimensiones y el acabado de sus superficies son determinantes para que, por ejemplo, los tubos no se acúñen, lo que hace que una suspensión sea seca incluso con un amortiguador de ajuste blando. A igualdad de calidad, un amortiguador para una suspensión McPherson suele ser más caro que uno para otro tipo de suspensión.

El diseño original de Earle McPherson tenía el amortiguador como elemento de guiado en la parte superior del buje y, en la inferior, dos elementos: un brazo transversal para soportar los esfuerzos trasversales, y el brazo de palanca de la estabilizadora para soportar los esfuerzos longitudinales. Este tipo de suspensión se ha utilizado hasta los años 80. Hay quien llama «falsa McPherson» o «pseudo» McPherson a cualquier variante de este tipo de suspensión.

La suspensión McPherson se usa en los dos ejes, pero es más frecuente en el delantero. Según el eje en el que esté tiene ciertas características:

a. McPherson en el eje delantero. Cuando una suspensión de tipo McPherson está en el eje de la dirección tiene como sujeción inferior, bien un triángulo o bien dos brazos que forman un triángulo.

b. McPherson en el eje trasero. Cuando hay una suspensión McPherson en un eje que no tiene dirección, lo normal es que haya tres elementos inferiores de unión: dos brazos transversales y uno oblicuo o longitudinal.

3.3.3.4. Suspensión de paralelogramo deformable

La suspensión de paralelogramo deformable junto con la McPherson es la más utilizada en un gran número de automóviles tanto para el tren delantero como para el trasero. Esta suspensión también se denomina: suspensión por trapecio articulado o suspensión de triángulos superpuestos.

En este sistema de suspensión, la unión entre la rueda y la carrocería son elementos transversales, colocados en diferentes planos. Toma su nombre de los primeros sistemas de este tipo, en los que hay dos elementos superpuestos paralelos que, junto con la rueda y la carrocería, forman la aproximadamente la figura de un paralelogramo. Al moverse la rueda con relación a la carrocería, ese paralelogramo se «deforma». No todos los paralelogramos deformables son tan simples, los hay con varios elementos (hasta cinco) y no todos ellos transversales, también alguno oblicuo. El paralelogramo deformable es fácilmente visible en la suspensión delantera de un auto de Fórmula 1, como se muestra en la figura 3.33.



Figura 3.33. Suspensión de paralelogramo deformable

El paralelogramo deformable más común inicialmente tenía como elementos de unión dos triángulos superpuestos. Hay variantes de este sistema en el que se reemplaza un triángulo por otro elemento de unión; en esta suspensión, el plano inferior lo forman un brazo transversal (que hace de soporte para el muelle) y un brazo casi longitudinal. En esta suspensión hay un brazo curvo como elemento superior y un trapecio en el plano inferior.

En la figura 3.34 se muestran los paralelogramos deformables del tren posterior de un vehículo.

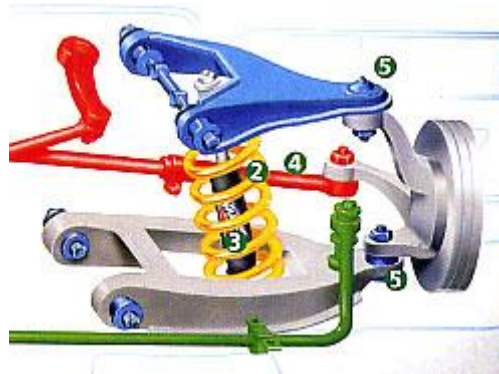


Figura 3.34. Paralelos deformables

3.3.3.5. Suspensiones multibrazo o *multilink*

Las suspensiones multibrazo se basan en el mismo concepto básico que sus precursoras las suspensiones de paralelogramo deformable, es decir, el paralelogramo está formado por dos brazos transversales, la mangueta de la rueda y el propio bastidor. La diferencia fundamental que aportan estas nuevas suspensiones es que los elementos guía pueden tener anclajes elásticos mediante manguitos de goma. Gracias a esta variante, las multibrazo permiten modificar tanto los parámetros de la rueda, (la caída o la convergencia), de la forma más apropiada de cara a la estabilidad en las distintas situaciones de uso del automóvil.

Las suspensiones multibrazo se pueden clasificar en dos grupos fundamentales:

- Suspensiones multibrazo con elementos de guía transversales u oblicuos con funcionamiento similar al de las suspensiones de paralelogramo deformable.
- Suspensiones multibrazo que además disponen de brazos de guía longitudinal con un funcionamiento que recuerda a los sistemas de suspensión de ruedas tiradas por brazos longitudinales.

La figura 3.35 muestra una vista en planta del tren posterior de un vehículo equipado con un sistema de suspensión de tipo multibrazo.

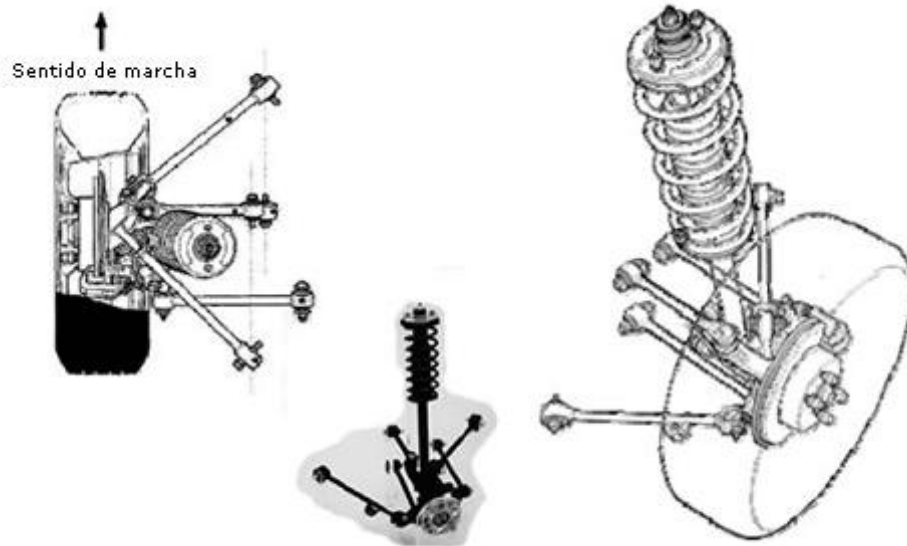


Figura 3.35. Suspensión multibrazo

3.4. CLASIFICACIÓN DE LAS SUSPENSIONES 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, estas son las suspensiones pasivas, activas y las semiactivas. A continuación se explican las diferencias entre los tres modelos existentes.

3.4.1. Suspensión pasiva

Tradicionalmente, este tipo de suspensiones son las que se montan en los vehículos ya que es el sistema idóneo para aumentar el confort del pasajero y por su menor coste. Consiste en un sistema de muelle-amortiguador que trata de absorber las irregularidades del terreno, aumentando la seguridad y nivel del confort de los pasajeros al absorber las irregularidades del firme. . La característica principal de estos sistemas es que, una vez que están instalados en el vehículo, los parámetros de la suspensión (resistencia, altura,...) no se pueden controlar desde fuera.

Al tratarse estas suspensiones como suspensiones blandas, el nivel de confort de los pasajeros es el idóneo, pero no lo es a nivel de seguridad, ya que se produce un balanceo excesivo en curvas y se favorece el cabeceo durante la frenada y puede resultar peligroso para la seguridad de los pasajeros. Es por ello por lo que este tipo de suspensión no alcanza un resultado satisfactorio.

Para evitar estos movimientos no deseados (cabeceo y balanceo) se tendría que utilizar una suspensión más rígida aunque con ello disminuya el confort de los pasajeros, por lo que un sistema de suspensión se tendría que conseguir un compromiso aceptable entre nivel de confort y seguridad en el vehículo.

En la figura 3.36, se puede ver un esquema de este tipo de suspensión.

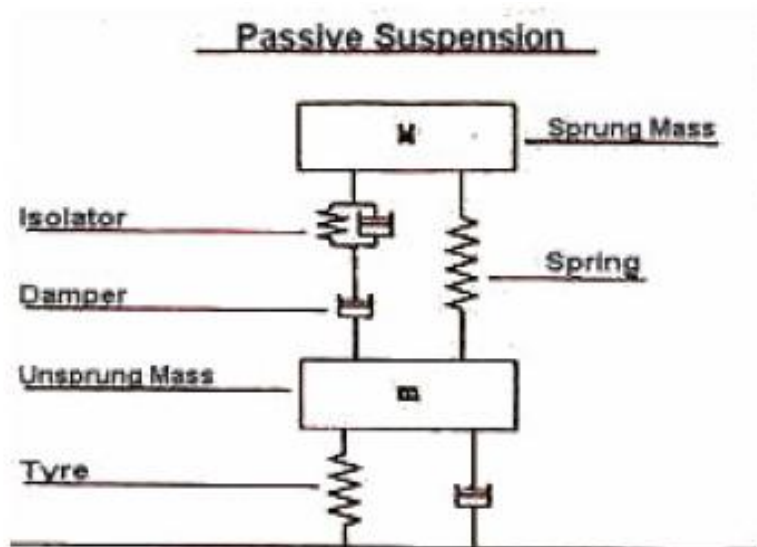


Figura 3.36. Esquema suspensión pasiva

3.4.2. Suspensión semi-activa

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 semi-activas 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 semi-activa 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.

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.

En la figura 3.37 se puede observar el esquema de funcionamiento de una suspensión semi-activa en un automóvil.

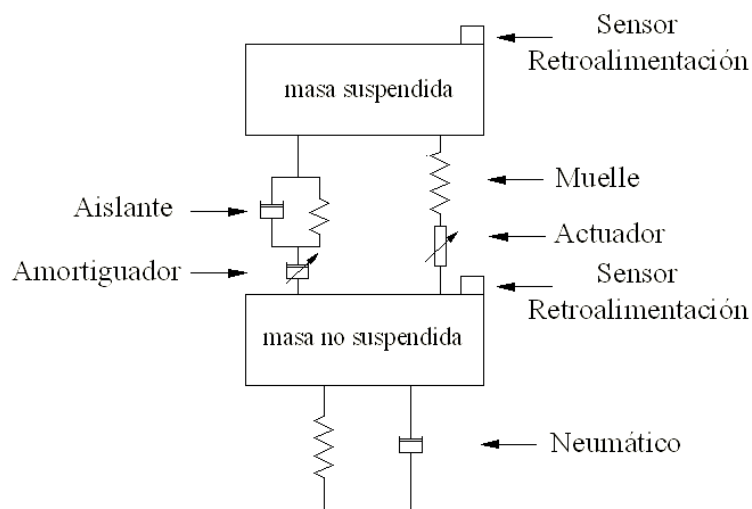


Figura 3.37. Esquema suspensión semi-activa

El sistema hidroneumático aporta algunas ventajas como el poder nivelar el vehículo y la posibilidad de ajustar la rigidez de la suspensión. Un esquema de este tipo de suspensión hidroneumática se muestra en la figura 3.38.

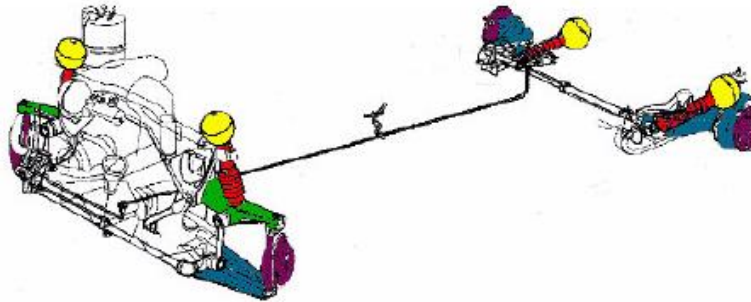


Figura 3.38. Suspensión hidroneumática

3.4.3. Suspensión activa

La suspensión activa ofrece una solución tecnológica muy avanzada para conseguir los dos objetivos primordiales: el confort de los ocupantes y mantener en contacto los neumáticos con el suelo para eliminar el balanceo en curva y cabeceo en la frenada. Las suspensiones actuales trabajan de forma progresiva permitiendo una mejor adaptación al nivel de carga del vehículo.

Estas suspensiones constan de un sistema con un actuador hidráulico que genera fuerzas para compensar el balanceo y cabeceo del vehículo. Un ordenador electrónico se encarga de monitorizar constantemente el perfil de la carretera y envía señales eléctricas a las suspensiones delantera y trasera. Aquí es donde los componentes hidráulicos (consistentes en bombas, actuadores y servoválvulas) actuarán manteniendo un nivel de estabilidad máxima.

Uno de los parámetros indicativos de la calidad de una suspensión activa o semiactiva es el tiempo de respuesta. Cuanto menor sea este tiempo, más rápido será capaz de reaccionar la suspensión ante una irregularidad del terreno, un frenazo o un giro brusco.

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 3.39 se muestra un esquema simplificado del funcionamiento de una suspensión activa.

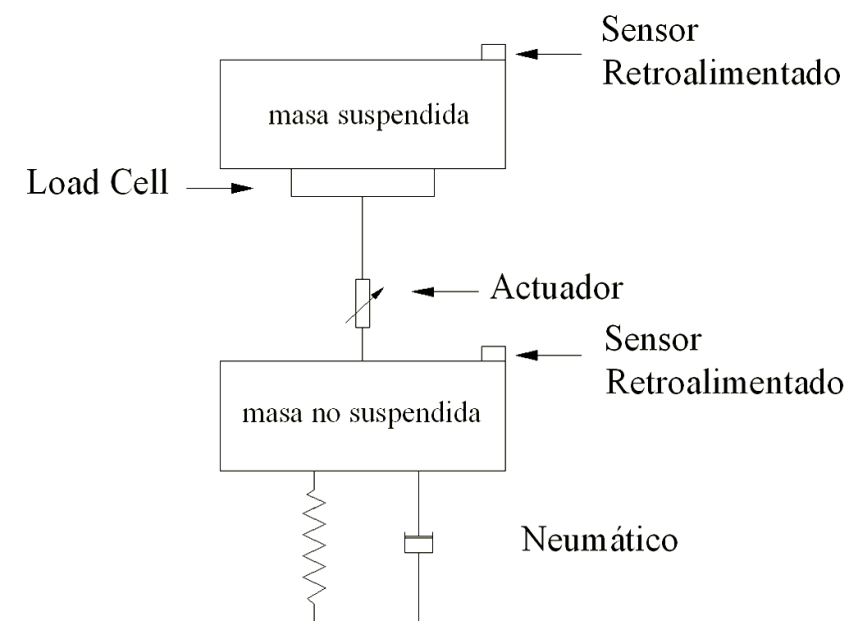


Figura 3.39. Esquema suspensión activa

4. DISEÑO EN SOLID EDGE

El diseño en ingeniería, es el proceso de aplicar los métodos de la ciencia y la ingeniería para idear un componente o sistema con el suficiente detalle que permita su realización [10].

El diseño por ordenador, más conocido por sus siglas inglesas CAD (computer-aided design), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y a otros profesionales del diseño en sus respectivas actividades.

Estas herramientas se pueden dividir básicamente en 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 modeladores en 3D añaden superficies y sólidos.

Existe cierta confusión cuando se asocia indiscriminadamente el concepto de CAD tanto con el dibujo como con el diseño asistido por ordenador. Hay numerosos programas de dibujo, que son programas de dibujo pero que no se denominan como CAD propiamente dichos.

En la mayoría de las referencias bibliográficas se asocia acertadamente, el dibujo y diseño asistido por ordenador con los sistemas CAD. La matización conceptual importante que determina la clasificación entre programas de dibujo asistido por ordenador (D de Drafting) y programas de diseño asistido por ordenador (D de Design), viene determinada por el análisis de los sistemas CAD dentro del marco CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Un sistema CIM según la definición de Arthur Andersen & Co., 1986, es: "*La aplicación integrada de conceptos y técnicas de organización y gestión de la producción, junto con las nuevas tecnologías de diseño, fabricación e información, con el objeto de diseñar, fabricar y distribuir un producto acorde a las necesidades de mercado, con una alta calidad, óptimo nivel de servicio y los menores costes*".

Dentro de esta definición queda claro el concepto integración en el desarrollo de sistemas de diseño y la producción que deben ir orientados al necesario intercambio

de información entre los sistemas CAD y los sistemas CAM. En el año 1969 publicaron la necesaria interrelación de los sistemas CAD con las máquinas NC (Numerical Control). Por otra parte, el fabricante norteamericano de máquina herramienta Chinchinati, desde el inicio, en todos los desarrollos de máquinas bajo control numérico, establecía implícitamente la integración o al menos la intercomunicación de datos con los sistemas CAD.

4.1. HISTORIA

Los fabricantes del sector CAD siempre han sido punteros en aprovechar la tecnología informática más avanzada. Técnicas como el diseño vectorial, la organización de los proyectos en capas, la medición automatizada, el trabajo directo con objetos y procedimientos, la ampliación de los programas con extensiones especializadas o el diseño con modelos 3D, tienen su origen en aplicaciones de CAD, aunque en la actualidad se pueden encontrar en otros tipos de programas [10].

La evolución y desarrollo de las aplicaciones CAD han estado íntimamente relacionados con los avances del sector informático. El nacimiento del CAD, lo podemos situar al final periodo de los ordenadores de primera generación, pero tiene su pleno desarrollo a partir de la aparición de los ordenadores de cuarta generación en que aparecen los circuitos de alta escala de integración LSI (Large Scale Integration) y ya están desarrollados plenamente los lenguajes de alto nivel. Están desarrolladas: la memoria virtual utilizando sistemas de memoria jerárquicamente estructurados, la multiprogramación y la segmentación con el propósito de permitir la ejecución simultánea de muchas partes del programa.

En 1955 aparece el primer sistema gráfico SAGE (Semi Automatic Ground Environment) de las Fuerzas Aéreas Norteamericanas, era capaz de procesar datos de radar y otras informaciones de localizaciones de objetos. Serían diez años más tarde cuando el CAD irrumpe en el mercado, y es utilizado para investigaciones en universidades. Pero la difusión global del CAD, la lleva a cabo John Walker cuando en 1982 funda AUTODESK para producir un programa CAD para PC de menos de 1000 \$, naciendo así el primer Auto CAD.

4.2. UTILIDAD DE LOS PROGRAMAS CAD

Al igual que ocurre con el dibujo manual, con un programa de CAD, se puede conseguir cualquier composición, por muy compleja que sea, creando cuantos objetos gráficos básicos sean precisos, enlazados entre sí, hasta formar las figuras adecuadas al proyecto, procediendo a su plasmación en papel cuando esté finalizado el trabajo en la pantalla. Un programa de CAD es capaz de crear, modificar e imprimir figuras geométricas elementales (líneas, arcos, rectángulos, elipses, etc.), con propiedades individuales propias (color, tipo de línea, medidas, etc.).

El proceso general de trabajo se basa en dos fases: subdividir el dibujo en entidades gráficas básicas, y después, seleccionar la función que hay que ejecutar e introducir los datos que solicita el programa, repitiendo esta acción cuantas veces sea preciso.

De los modelos pueden obtenerse planos con cotas y anotaciones para generar la documentación técnica específica de cada proyecto. Los modeladores en 3D pueden, además, producir previsualizaciones foto-realistas del producto, aunque a menudo se prefiere exportar los modelos a programas especializados en visualización y animación.

4.3. SOLID EDGE

Solid Edge es un sistema de diseño asistido por computador (CAD) para el modelado de máquinas y elementos mecánicos, todo guiado a la producción de dibujos. Solid Edge se ha desarrollado con la tecnología STREAM. Su fabricante es la empresa multinacional EDS [11 y 17].

La tecnología STREAM de Solid Edge agiliza la producción de montajes y elementos mecánicos al capturar las intenciones del diseñador mediante los conceptos de lógica de deducción y gestión de decisiones. La tecnología STREAM hace de Solid Edge un sistema CAD fácil de usar y más productivo que cualquier otro sistema CAD de gama media del mercado.

Entre muchas otras, Solid Edge presenta las siguientes características:

- Cuenta con herramientas específicas para el proceso de modelado de piezas de plásticos.
- Solid Edge tiene la capacidad de gestionar grandes conjuntos complejos formados por muchas piezas y subconjuntos.
- Puede gestionar datos de conjunto desde las primeras fases de planificación del proyecto hasta los ciclos de revisión, fabricación, mantenimiento del proyecto y archivado.
- En el módulo Conjunto se puede hacer una verificación visual del movimiento en un ensamble y búsqueda de interferencias en todo el rango de movimiento.
- Con Solid Edge se generan modelos virtuales muy precisos incorporando conocimiento de ingeniería para evitar errores costosos y trabajo innecesario.
- Facilidad para la evaluación de un mayor número de alternativas de diseño en menos tiempo, para optimizar el rendimiento y aumentar la fiabilidad.
- Seguimiento de los dibujos de ingeniería, consecuencia de las alteraciones del modelo de diseño en 3D.
- Sistema asociativo de producción de planos que crea y actualiza automáticamente los dibujos de modelos 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.
- Conversión de datos desde y hacia formatos CAD: ACIS, Auto CAD (DXF/DWG), IGES, MicroStation, STEP, Parasolid, Pro/ENGINEER....

A continuación se va a explicar brevemente los diferentes menús que se encuentran en Solid Edge, así como de la utilización de los mismos, y se termina con un ejemplo referido a una pieza de nuestra suspensión.

4.4. UTILIZACION DE SOLID EDGE

Al ejecutar Solid Edge aparece una ventana similar a la de la figura 4.1., en la que se puede acceder a los diferentes entornos que contiene el programa [11].



Figura 4.1. Pantalla inicial de Solid Edge

Al entrar en cualquier módulo 3D nos encontramos con un entorno como el de la figura 4.2.

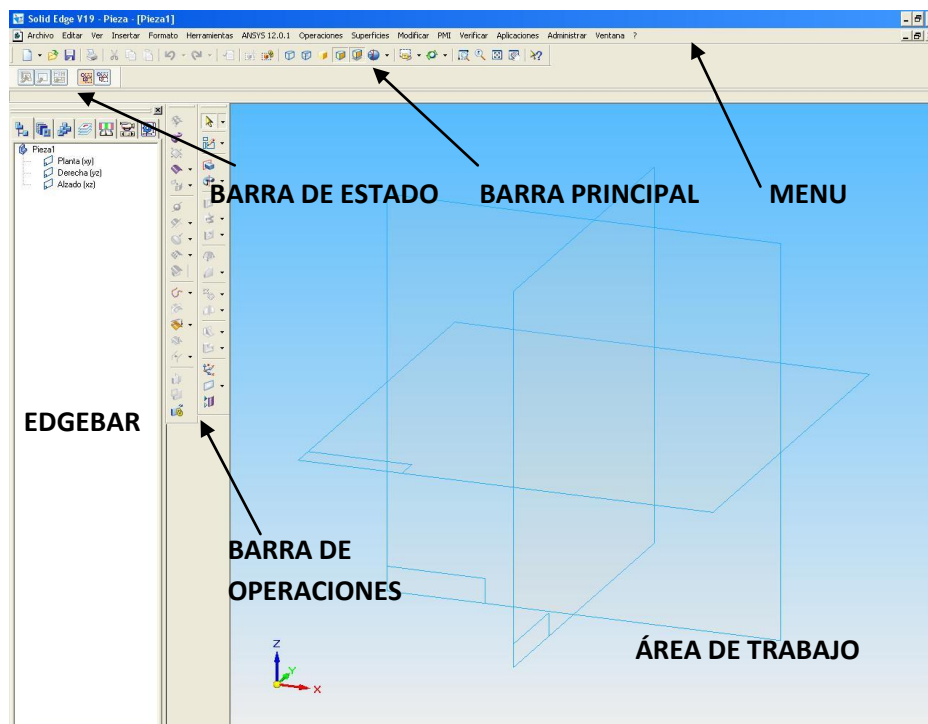


Figura 4.2. Entorno 3D

a. Menú (figura 4.3): Como en todos los programas de Windows, el menú es un campo desde donde se puede acceder a todas las herramientas de Solid Edge.



Figura 4.3. Menú

b. Barra principal (figura 4.4): Desde esta barra se pueden ejecutar las herramientas más comunes, como guardar, copiar, pegar, deshacer, rehacer, etc.



Figura 4.4. Barra principal

c. Cinta (figura 4.5): Esta es una de la barras de mayor funcionalidad de Solid Edge. La cinta guía al usuario paso a paso en la definición de todas las operaciones de Solid Edge. Su aspecto cambia de acuerdo a la operación que se ejecute.



Figura 4.5. Cinta

d. Barra de estado (figura 4.6): La barra de estado muestra información y mensajes en la parte superior o inferior de la ventana. Parte de esta información se refiere a lo que hace un comando determinado o a la acción que debería adoptar el usuario.

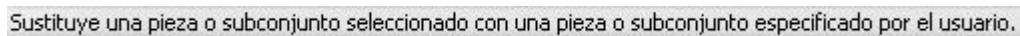


Figura 4.6. Barra de estado

e. EdgeBar (figura 4.7): Según el módulo que en que se encuentre, la EdgeBar presenta varias fichas que cumplen distintas funciones. En la ilustración, a continuación, se muestra la ficha PathFinder de conjunto.

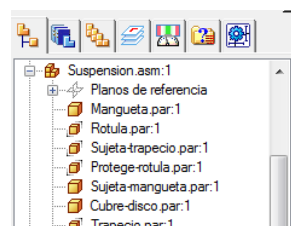


Figura 4.7. EdgeBar

f. Barra de operaciones (figura 4.8): En esta barra se encuentran todas las operaciones para el módulo que se encuentre. Se puede desplegar el menú haciendo clic sostenido sobre el botón que tiene un triángulo al lado inferior derecho.

A continuación se muestran las barras Operación para cada módulo, para dibujo, para chapa, para pieza, para soldadura y para conjunto.

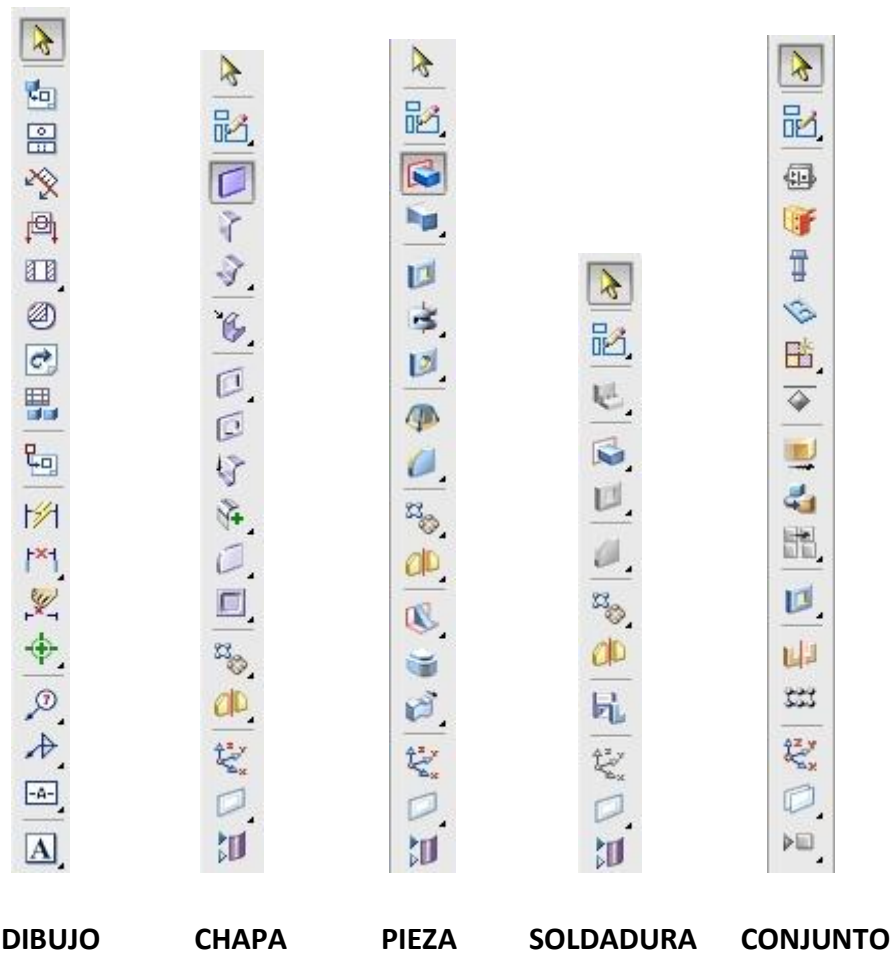










Figura 4.8. Barras de operación para diferentes módulos

A continuación se detallan aquellas operaciones principales que se han utilizado con más frecuencia para la realización de la suspensión McPherson:

- Protrusión por proyección: se genera un volumen con el recorrido de un perfil a lo largo de una trayectoria .
- Protrusión por revolución: se crea un volumen mediante la revolución de un perfil bidimensional alrededor de un eje contenido en el mismo plano .

- Vaciado por proyección: se elimina un volumen con el recorrido de un perfil a lo largo de una trayectoria .
- Agujero: se utiliza para hacer taladros, de tal manera que se puedan definir el tipo de taladro (abocardado, avellanado, roscado) y el diámetro del mismo .
- Rosca: se utiliza para roscar cilindros, por ejemplo, para indicarle la rosca a un tornillo .
- Patrón: realiza una operación tantas veces como indique el patrón de referencia .
- Redondear y achaflanar: son operaciones de suavizado de bordes .
- Boceto: dibujo preliminar que luego puedes utilizar para cualquier operación de las descritas anteriormente .

Para la generación de perfiles, se utilizan las herramientas que aparecen la figura 4.9.



Figura 4.9. Herramientas de dibujo

Para que los comandos que necesita resulten más accesibles, Solid Edge se divide en varios módulos para crear piezas, construir conjuntos y producir dibujos. Por ejemplo, todos los comandos necesarios para la creación de montajes se encuentran en el entorno Conjunto. Los entornos están estrechamente relacionados, por lo que resulta fácil moverse entre ellos para generar los diseños.

4.4.1. Entorno pieza (.par)

El entorno de modelado de piezas de Solid Edge permite construir modelos sólidos, ver figura 4.10. El proceso de modelado de piezas comienza con una operación base que se trabaja con operaciones de pieza para crear un modelo. Las operaciones de pieza incluyen protrusiones y vaciados, agujeros, refuerzos, redondeos, ángulos de desmoldeo y chaflanes. También se pueden construir patrones de operaciones circulares y rectangulares y copias simétricas.



Figura 4.10. Entorno pieza

4.4.2. Entorno conjunto (.asm)

Solid Edge puede gestionar grandes conjuntos complejos formados por muchas piezas y subconjuntos, ver figura 4.11. El módulo Conjunto contiene comandos para el ensamblado de piezas, como la coincidencia y el alineamiento. Solid Edge se adapta al hecho de que la mayoría de las piezas se diseñan como parte de un conjunto. Para permitir este flujo de trabajo, Solid Edge proporciona una estrecha integración con el entorno de modelado de piezas, las herramientas de visualización, las herramientas de administración de datos y de relaciones pieza a pieza.

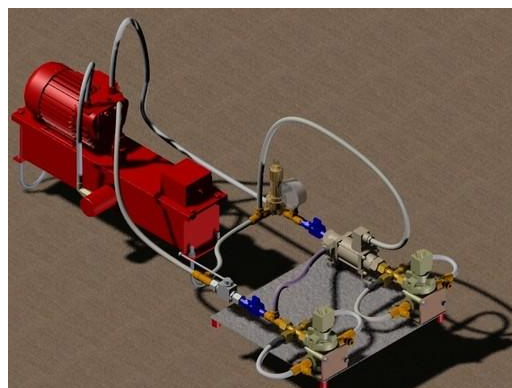


Figura 4.11. Entorno conjunto

4.4.3. Entorno plano (.dft)

Solid Edge puede gestionar grandes conjuntos complejos formados por muchas piezas y subconjuntos, ver figura 4.12. El módulo Conjunto contiene comandos para el ensamblado de piezas, como la coincidencia y el alineamiento. Solid Edge se adapta al hecho de que la mayoría de las piezas se diseñan como parte de un conjunto. Para permitir este flujo de trabajo, Solid Edge proporciona una estrecha integración con el entorno de modelado de piezas, las herramientas de visualización, las herramientas de administración de datos y de relaciones pieza a pieza.

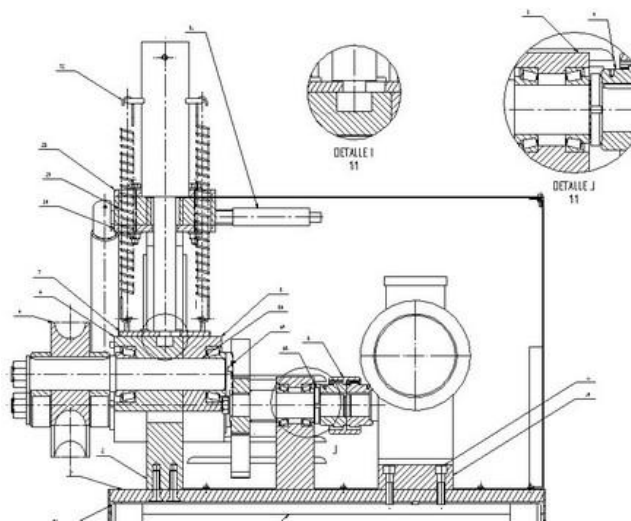


Figura 4.12. Entorno plano

Solid Edge puede gestionar grandes conjuntos complejos formados por muchas piezas y subconjuntos. El módulo Conjunto contiene comandos para el ensamblado de piezas, como la coincidencia y el alineamiento. Solid Edge se adapta al hecho de que la mayoría de las piezas se diseñan como parte de un conjunto. Para permitir este flujo de trabajo, Solid Edge proporciona una estrecha integración con el entorno de modelado de piezas, las herramientas de visualización, las herramientas de administración de datos y de relaciones pieza a pieza.

Solid Edge proporciona un entorno de plano independiente para producir dibujos técnicos directamente a partir de piezas tridimensionales o modelos de conjunto. Los dibujos de Solid Edge están vinculados con el modelo tridimensional, de manera que el dibujo refleja los cambios en el modelo a medida que progresa el diseño.

Puede crear dibujos que muestren varias vistas, secciones, detalles, cotas, notas y anotaciones. También puede añadir marcos de control de operación, marcos de referencia absoluta, símbolos de soldadura y símbolos de acabado superficial a los dibujos. Resulta sencillo verificar que las cotas y anotaciones de sus dibujos se ajustan a las normas de su empresa o a las normas internacionales.

4.4.4. Entorno chapa (.psm)

Solid Edge ofrece un entorno independiente de modelado de piezas de chapa para acomodar más eficazmente los requisitos únicos de las piezas de chapa, ver figura 4.13. Al igual que en el módulo Pieza, el proceso de modelado de chapa comienza con una operación base que se construye con operaciones añadidas. Las operaciones añadidas pueden ser secciones planas, pestañas simples o complejas, y bordes interrumpidos, como chaflanes y redondeos. Se incluyen también comandos de operaciones disponibles en el entorno Pieza; éstos incluyen comandos de agujeros, de vaciados, de operación patrón y de simetría.

Al terminar, la pieza de chapa se puede desarrollar rápidamente, utilizando fórmulas estándar o programas personalizados que define el usuario.



Figura 4.13. Entorno chapa

4.4.5. Entorno soldadura

El módulo Soldadura de Solid Edge proporciona un conjunto de comandos pensados para la construcción eficaz de soldaduras, ver figura 4.14. Soldadura no es un producto aparte sino un entorno de Solid Edge (como Solid Edge Pieza, Solid Edge Chapa, Solid Edge Conjunto o Solid Edge Plano).

Puede comenzar una soldadura utilizando el comando Soldadura, del menú Insertar, para seleccionar un documento de conjunto. El cuadro de diálogo Parámetros de soldadura permite seleccionar las piezas del conjunto que desea incluir en la soldadura.

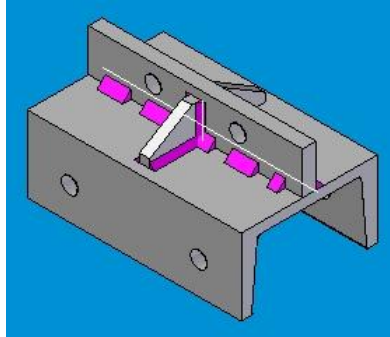


Figura 4.14. Entorno soldadura

4.5. DISEÑO DE LAS PIEZAS DE LA SUSPENSIÓN

A continuación se describe el proceso de creación de una de las piezas del presente proyecto, indicando cada uno de los pasos para formar el triángulo de la suspensión, ver figura 4.15:



Figura 4.15. Triángulo

- a. En primer lugar se realiza un boceto con el perfil de la “L” que es la forma del trapecio (figura 4.16 izquierda), y se realiza una protrusión para convertirlo en un volumen (figura 4.16 derecha).

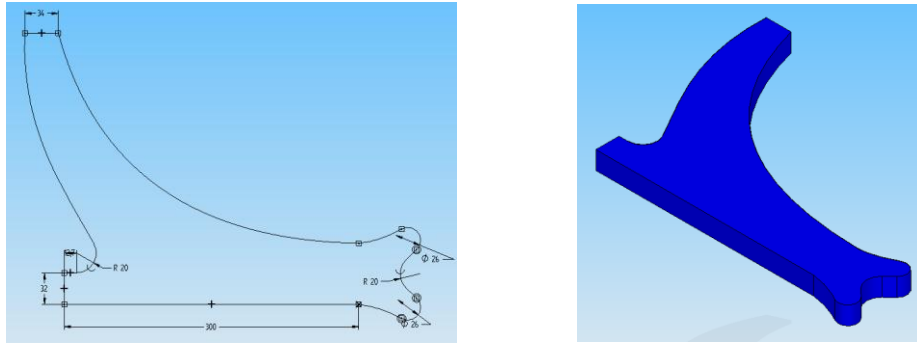


Figura 4.16. Creación del triángulo I

b. A continuación, se realiza un aligeramiento de la pieza mediante un vaciado por proyección en la cara superior, seguido de un redondeo de aristas para eliminar tensiones y para reducir las aristas vivas, ver figura 4.17.

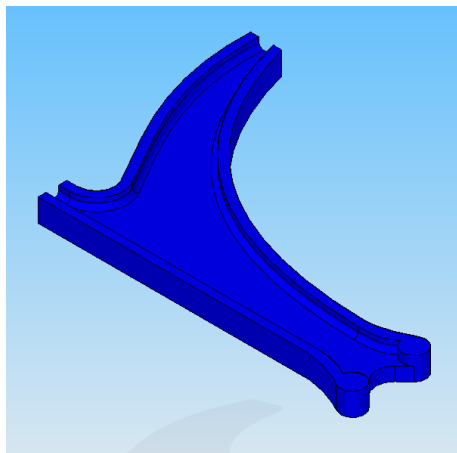


Figura 4.17. Creación del triángulo II

c. Ahora se pasa a realizar los mismos pasos que el punto anterior pero en la cara inferior. Para no repetir ambas operaciones, se realiza una simetría por el plano intermedio entre ambas caras, ver figura 4.18.

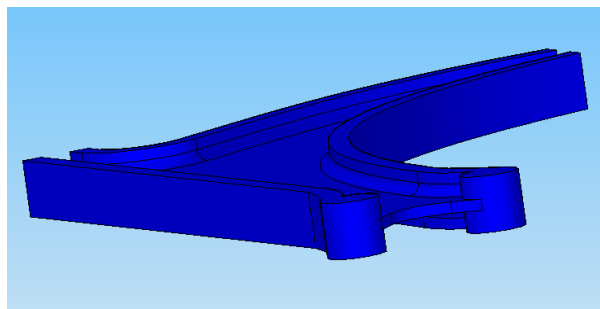


Figura 4.18. Creación del triángulo III

El siguiente paso es el de aligerar el triángulo mediante dos vaciados con sus respectivos redondeos de aristas, se muestra en figura 4.19.

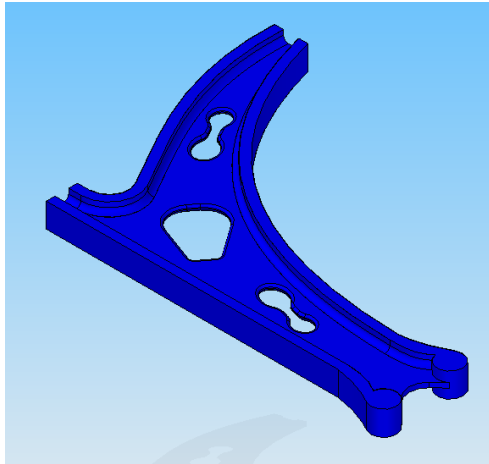


Figura 4.19. Creación del triángulo IV

d. Ahora que el cuerpo ya está diseñado, se pasa a diseñar en los siguientes puntos los diferentes sistemas de sujeción que lleva el trapecio con la bancada por un lado y con la mangueta por el otro.

Para la primera sujeción, vamos a realizar una protrusión por secciones. Este tipo de operación crea un volumen a partir de dos o más perfiles unidos entre ellos por una trayectoria, como se muestra en la figura 4.20.

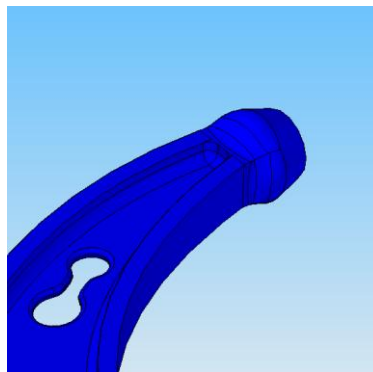


Figura 4.20. Creación del triángulo V

e. Para la segunda sujeción a la bancada, se va a realizar una protrusión por revolución para generar un cilindro hueco en el cual se coloca un silentblock, como se muestra en la figura 4.21.

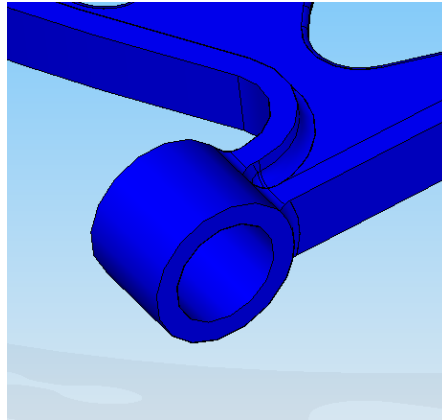


Figura 4.21. Creación del triángulo VI

f. Para la unión entre el trapecio y la mangueta, se utiliza una pieza que contiene una rótula, permitiendo el movimiento libre al trapecio. Esta pieza lleva una sujeción con 3 tornillos al trapecio, para su realización se siguen los pasos indicados a continuación.

Lo primero que se hace es dar un poco de espesor al trapecio en la parte central para tener donde amarrar el tornillo (figura 4.22 izquierda). Lo siguiente que se hace son 3 taladros, mediante la operación de agujereado, y por último se realizan los redondeos oportunos (figura 4.22 derecha).

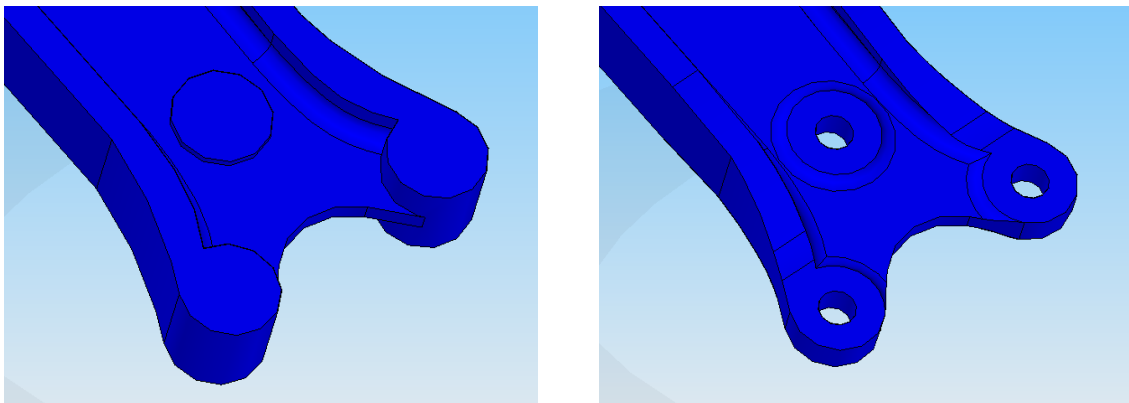


Figura 4.22. Creación del triángulo VII

Para finalizar este punto, se muestran todas las piezas que se han creado en Solid Edge para la creación de la suspensión McPherson y su posterior simulación en realidad virtual (ver figuras desde la 4.23 hasta la 4.50).



Figura 4.23. Lanta aleación



Figura 4.24. Neumático

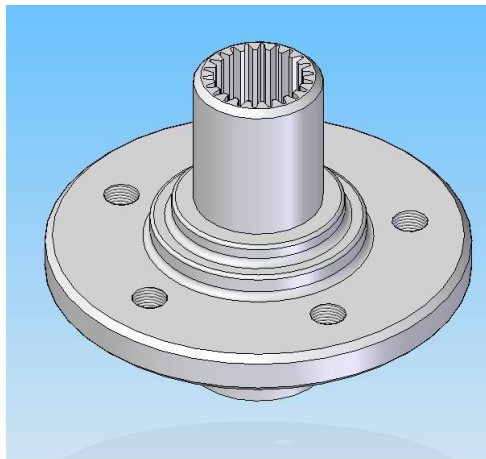


Figura 4.25. Cubo

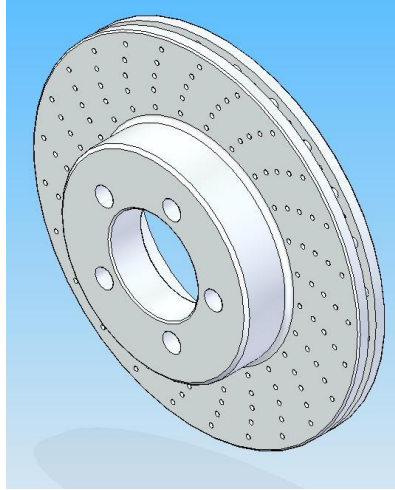


Figura 4.26. Disco freno

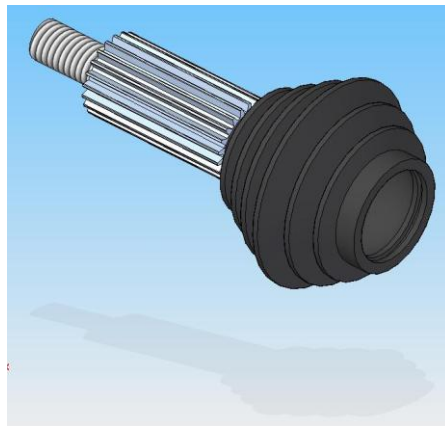


Figura 4.27. Eje transmisión

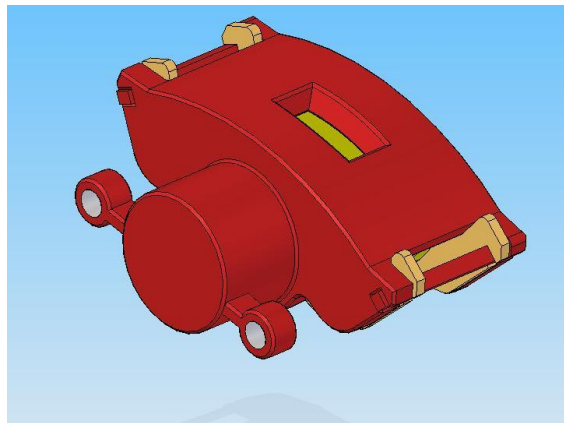


Figura 4.28. Pinzas de freno

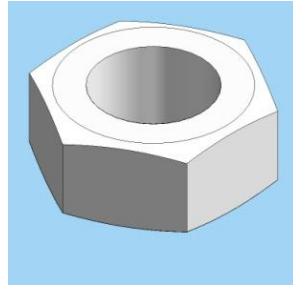


Figura 4.29. Tuerca M15

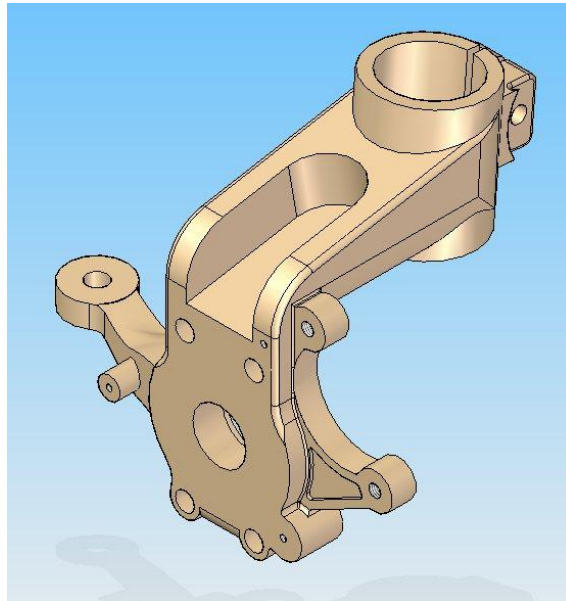


Figura 4.30. Mangueta

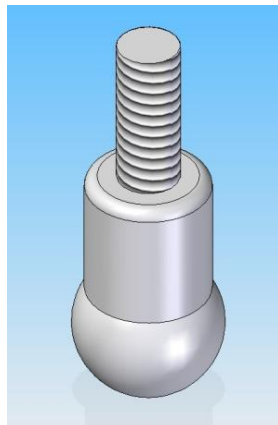


Figura 4.31. Rótula M10

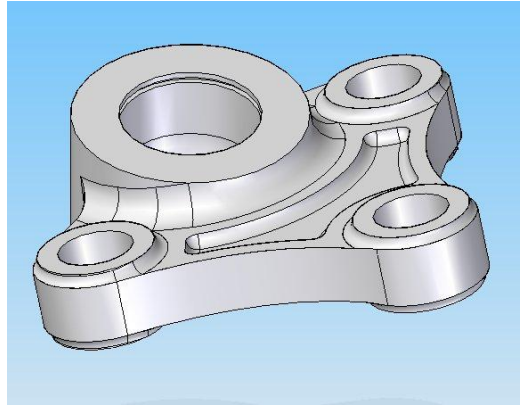


Figura 4.32. Elemento sujeción triángulo

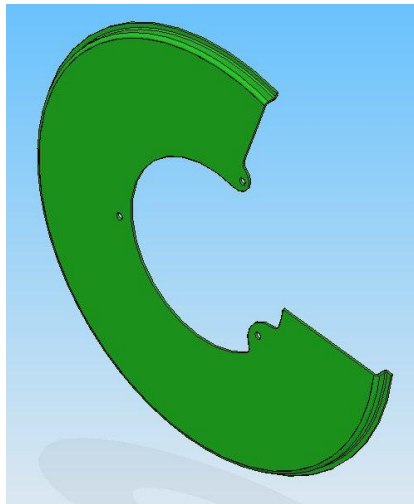


Figura 4.33. Cubre disco

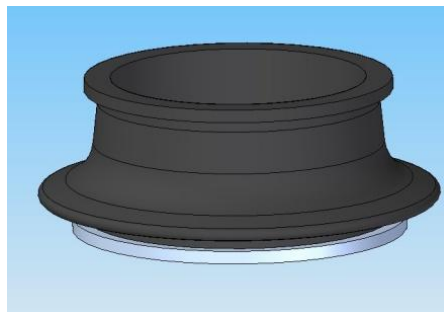


Figura 4.34. Fuelle (rótula)

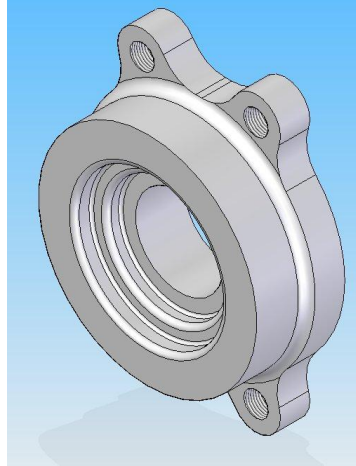


Figura 4.35. Sujeción mangueta

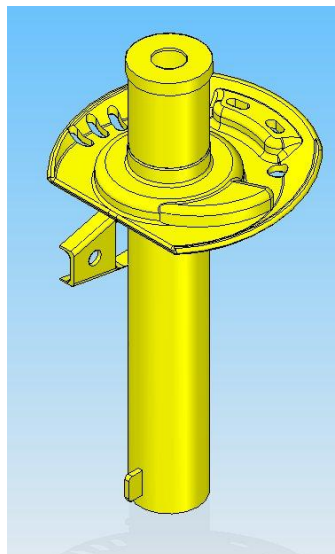


Figura 4.36. Tubo absorbedor golpes

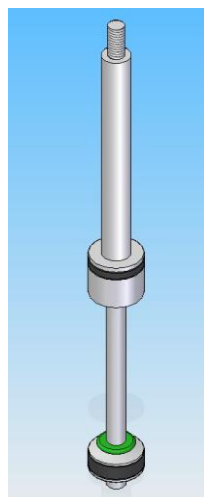


Figura 4.37. Pistón amortiguador

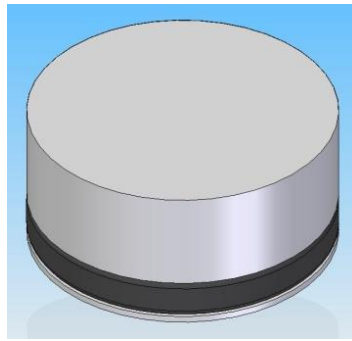


Figura 4.38. Émbolo flotante

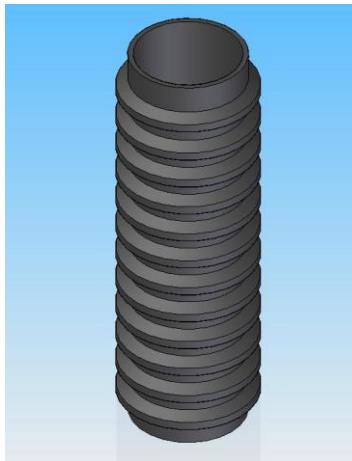


Figura 4.39. Fuelle

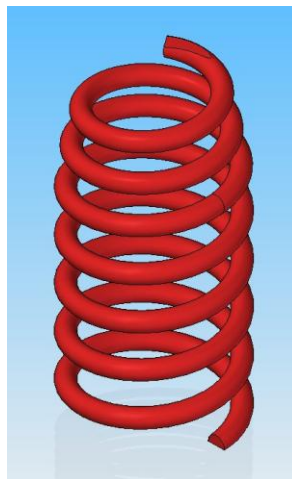


Figura 4.40. Muelle

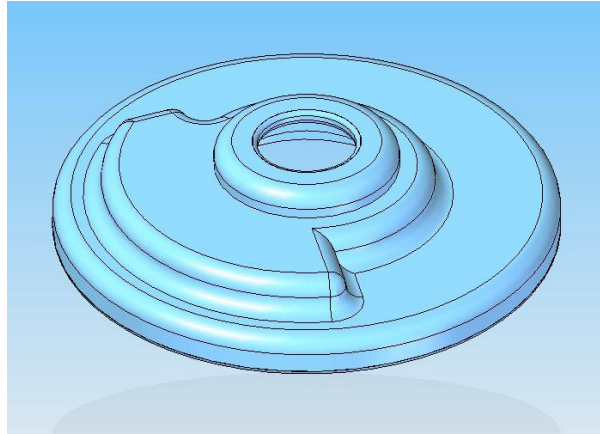


Figura 4.41. Copela superior

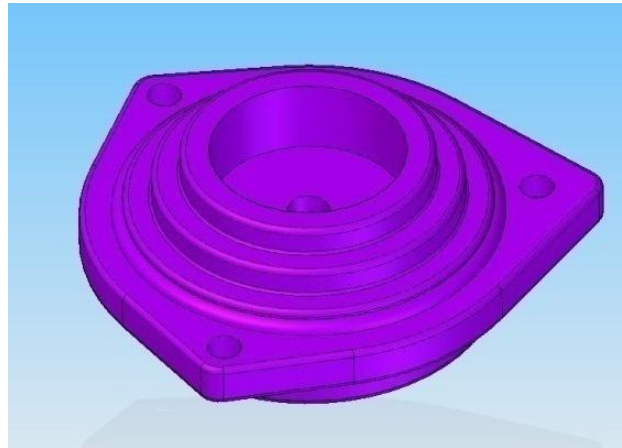


Figura 4.42. Cojinete de fijación

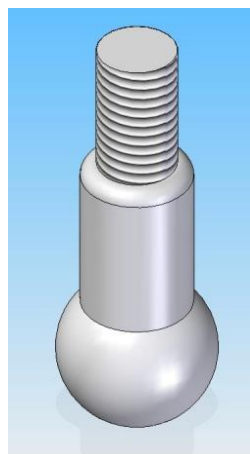


Figura 4.43. Rótula M12

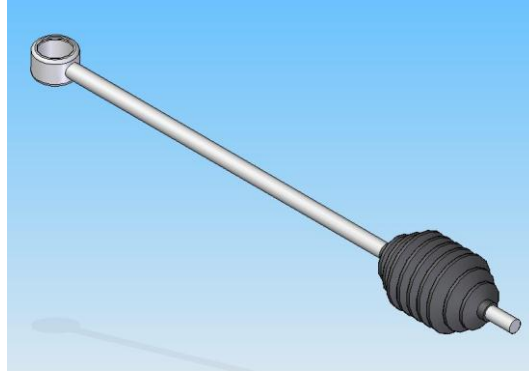


Figura 4.44. Brazo dirección

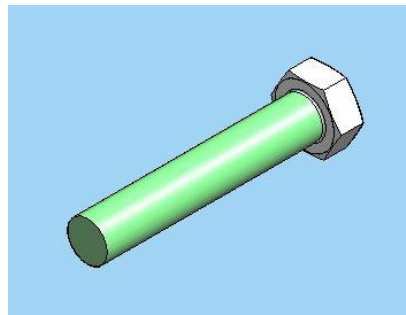


Figura 4.45. Tornillo M12

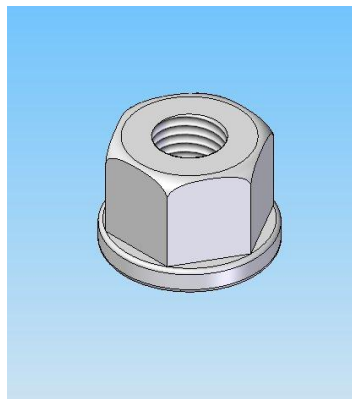


Figura 4.46. Tuerca M10

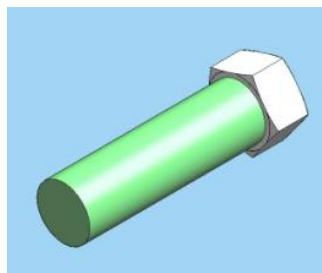


Figura 4.47. Tornillo M10

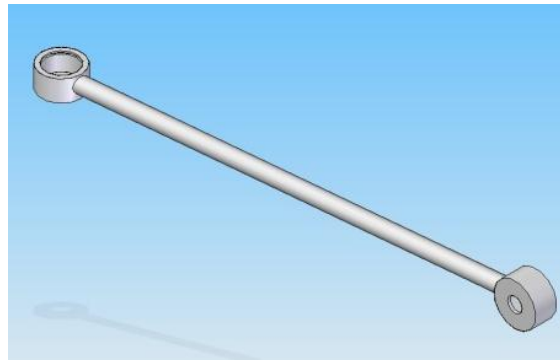


Figura 4.48. Tirante

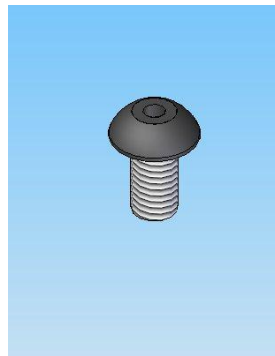


Figura 4.49. Tornillo gota sebo

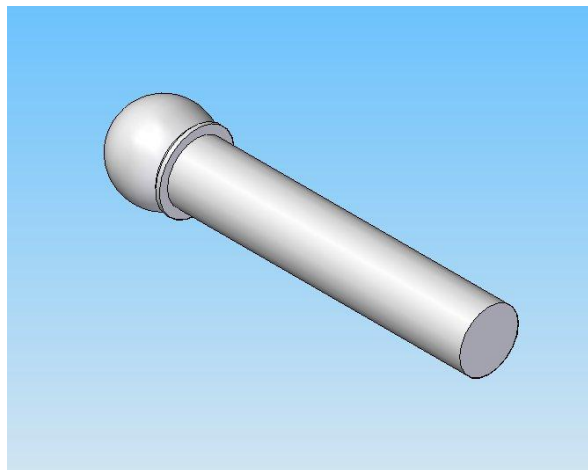


Figura 4.50. Eje

A continuación, se muestran varios conjuntos realizados para el entendimiento del diseño realizado (ver figuras desde la 4.51 hasta la 4.58).



Figura 4.51. Conjunto neumático y llanta

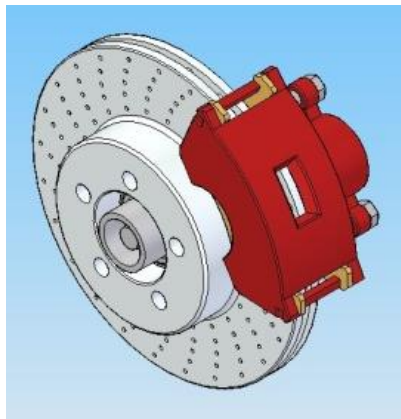


Figura 4.52. Sistema de frenado

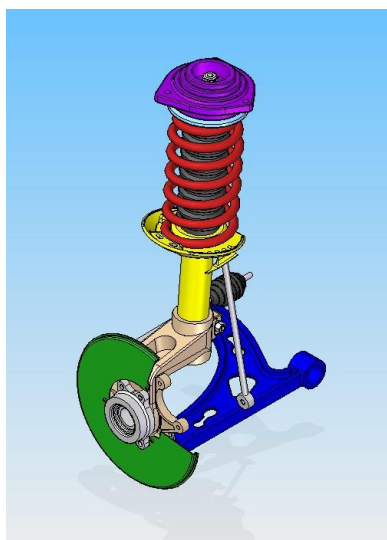


Figura 4.53. Suspensión McPherson

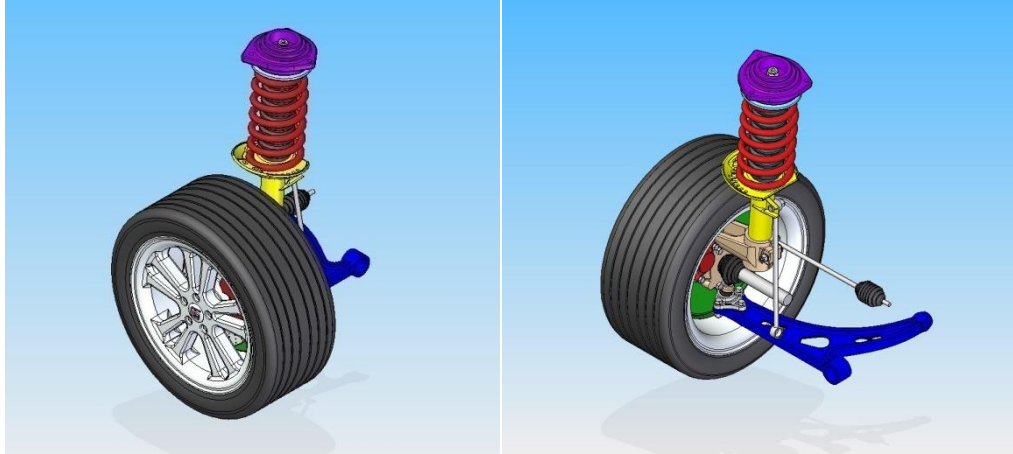


Figura 4.54. Conjunto completo. Vista por delante y detrás

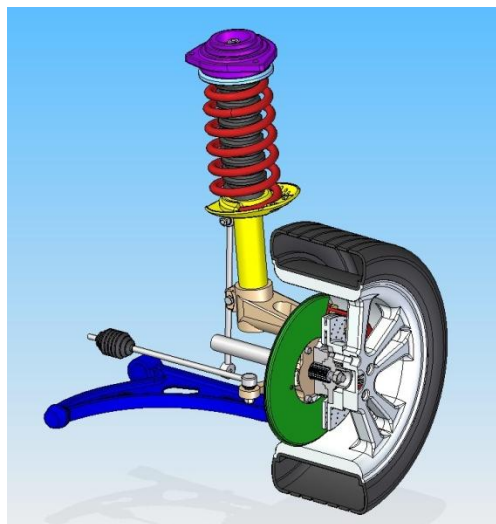


Figura 4.55. Sección rueda

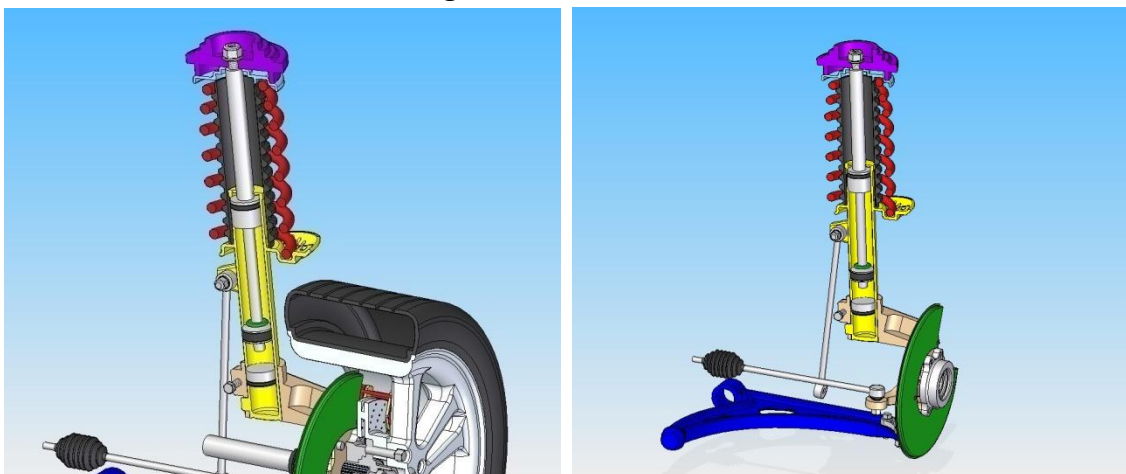


Figura 4.56. Sección cilindro, para sistema de amortiguación

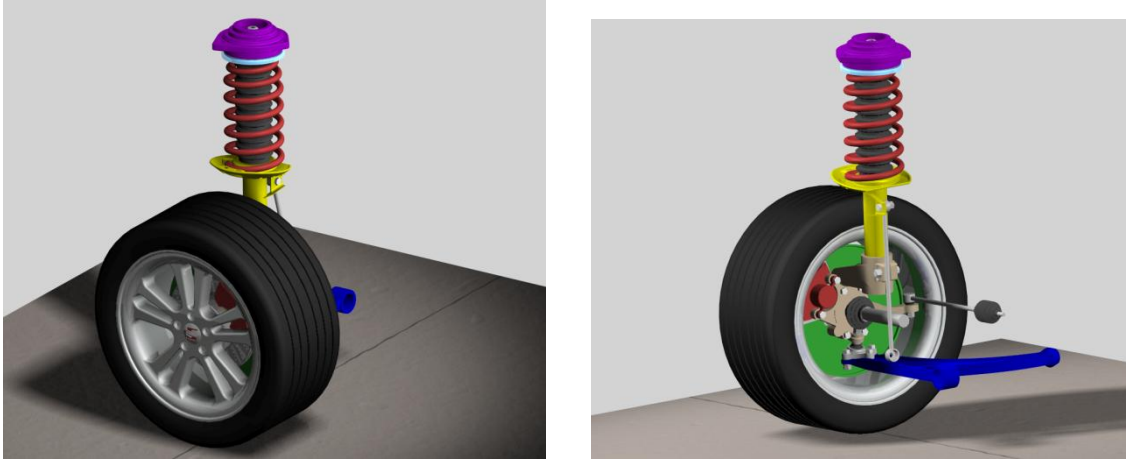


Figura 4.57. Conjunto completo. Vista por delante y detrás

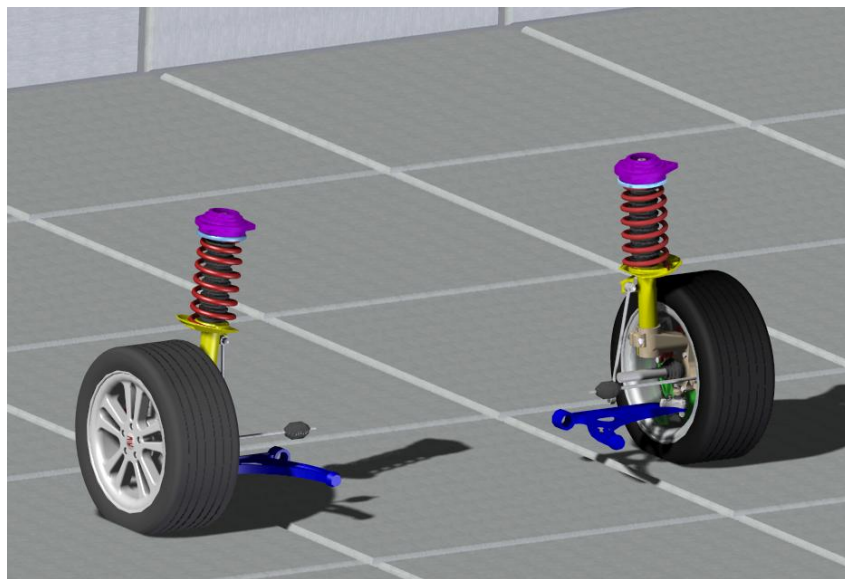


Figura 4.58. Eje delantero, suspensión McPherson

5. REALIDAD VIRTUAL

5.1. INTRODUCCIÓN

La evolución en el desarrollo tecnológico y la creciente necesidad de nuevas y mejores tecnologías que vivimos en la actualidad, provoca que nos mantengamos al margen de las nuevas herramientas que surgen para satisfacer demandas de visualización e interacción en modelos que manejan grandes cantidades de información [12].

El sector de las Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (NTIC), explicado en el capítulo 2 de este proyecto, está compuesto por las tecnologías de la información, las telecomunicaciones, los contenidos digitales y los servicios audiovisuales, han conseguido impactar positivamente en la sociedad, ya que facilitan la transformación de procesos en los demás sectores así como la creación de servicios innovadores.

Con la aparición de estas nuevas tecnologías emergentes, ha llegado la revolución tecnológica, y los contenidos audiovisuales, en general y el ocio digital están generando un estilo de vida que abre nuevas puertas y revolucionarias posibilidades. Además se ha generado una gran cantidad de conocimiento, alterándose las formas y funciones para llevar a cabo las actividades.

La industria de contenidos digitales despierta cada día mayor interés entre los ciudadanos y de forma muy especial entre los emprendedores, porque cada vez perciben con mayor claridad los beneficios de las nuevas tecnologías.

Sin duda, el gran crecimiento en el desempeño de los ordenadores y en particular de las tarjetas gráficas, ha permitido la incorporación de nuevas tecnologías de visualización y modelación como lo es la Realidad Virtual, la cual proporciona un mejor entendimiento de fenómenos o hechos reales mediante su simulación tridimensional e interacción con equipos especializados.

La Realidad Virtual irrumpe en el mercado poniendo a disposición de cualquier usuario dicha tecnología aún sin madurar pero con un horizonte impresionante de desarrollo.



Figura 5.1 Mundo virtual

Los contenidos digitales van más allá del sector de los videojuegos, y abren nuevas líneas o ámbitos como *"serious games"*, ver figura 5.1, turismo interactivo, *"objetos digitales educativos"*.

5.2. REALIDAD VIRTUAL

La tecnología de Realidad nació ya a finales de los años 70 para usos militares, y estaba principalmente destinada a simulaciones de vuelo, pasando también por la industria del cine y de los videojuegos [13 y 14].

La Realidad Virtual consiste en la simulación tridimensional de un entorno donde el usuario puede interactuar. Puede moverse libremente en el mundo virtual que tal vez exista o aún no. La gran diferencia frente a otras tecnologías, es que en la realidad virtual el usuario tiene el control absoluto de los movimientos y ofrece un alto realismo.

La realidad virtual es por lo general un mundo virtual generado por ordenador (o sistemas informáticos) en el que el usuario tiene la sensación de estar en el interior de este mundo, y dependiendo del nivel de inmersión este puede interactuar con este mundo y los objetos del mismo en un grado u otro.

No obstante el término realidad virtual también puede aplicarse a otros mundos virtuales generados por otros medios, como por ejemplo a través de la imaginación (sueños, libros, cine, etc.).

La realidad virtual ideal sería la que desde una inmersión total permita una interacción sin límites con el mundo virtual, además de aportar como mínimo los mismos sentidos que tenemos en el mundo real (vista, oído, tacto, gusto, olfato). Sin embargo, la mayoría de los sistemas actuales se centran en únicamente 2 sentidos (vista y oído), debido a las dificultades y costes de simular los otros sentidos.

Las principales características de la tecnología de Realidad Virtual son:

- Generación de Imágenes en tiempo real.
- Tridimensionalidad y profundidad de los objetos.
- Interacción y exploración libre del usuario.
- Simulación del modelo o mundo en el que se va a experimentar.
- Percepción e inmersión en el mundo virtual.

Los usos actuales más frecuentes de la realidad virtual son los siguientes:

- Entrenamiento de pilotos, astronautas, soldados, etc.
- Medicina educativa, por ejemplo para la simulación de operaciones.
- CAD (diseño asistido por ordenador). Permite ver e interactuar con objetos antes de ser creados, con el evidente ahorro de costes.
- Creación de entornos virtual (museos, tiendas, aulas, etc.).
- Tratamiento de fobias. (aerofobia, aracnofobia, claustrofobia, etc.).
- Juegos, Cine 3D y todo tipo de entretenimiento.

En cuanto a los tipos de Realidad Virtual, esta puede subdividirse de modos diversos: según el tipo de inmersión y según si se trata de una experiencia individual o compartida.

5.2.1. Tipos de inmersión

La realidad virtual puede ser de dos tipos: inmersiva y no 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 puede interactuar a tiempo real con diferentes personas

en espacios y ambientes que en realidad no existen sin la necesidad de dispositivos adicionales al ordenador.

A continuación, se describen cada uno de ellos:

- Realidad virtual no inmersiva

Es aquella que ofrece un nuevo mundo a través de una ventana de escritorio. Este enfoque no inmersivo tiene varias ventajas sobre el enfoque inmersivo como: bajo coste y fácil y rápida aceptación de los usuarios. Los dispositivos inmersivos son de alto coste y generalmente el usuario prefiere manipular el ambiente virtual por medio de dispositivos familiares como son el teclado y el ratón que por medio de cascos pesados o guantes.

Actualmente Internet proporciona medios para que diferentes personas puedan reunirse en el mismo espacio virtual. En este sentido Internet tiende a ser un mecanismo de telepresencia. Este medio brinda espacios o realidades que físicamente no existen pero que sin embargo forman parte de nuestras formas de vida.

- Realidad virtual inmersiva

Los métodos inmersivos de realidad virtual se ligan con frecuencia a un ambiente tridimensional creado por un 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.

5.2.2. Individual o compartida

La Realidad Virtual también se puede dividir basándose en la interacción de la persona o personas con la máquina, en:

- Humano – Máquina: Únicamente puede interaccionar una persona por mundo virtual. Ejemplo de este tipo de RV serian los videojuegos no multijugados, Cines 3d, etc.
- Humanos – Máquina: Es posible que más de una persona compartan el mismo mundo virtual e interaccionen al mismo tiempo con el mismo y/o entre ellos.

5.3. APLICACIONES

La Realidad Virtual es una tecnología que puede ser aplicada en cualquier campo, como la educación, gestión, telecomunicaciones, juegos, entrenamiento militar, procesos industriales, medicina, trabajo a distancia, consulta de información, marketing, turismo, etc. [12, 15].

Una de las principales aplicaciones es la telerobótica, que consiste en el manejo de robots a distancia, pero con la salvedad de que el operador ve lo que el robot está viendo e incluso tiene el tacto de la máquina.

En la industria se utiliza también la Realidad Virtual para mostrar a los clientes aquellos productos que sería demasiado caro enseñar de otra manera o simplemente no están contruidos porque se realizan a medida. Se están utilizando sistemas de este tipo, por ejemplo, para el diseño de calzado deportivo, permitiendo acortar los tiempos de diseño de un producto de vida muy corta en cuanto a la permanencia de un modelo en el mercado.

La Realidad Virtual también se utiliza para tratar sistemas que no pueden ser manejados en el mundo real. Por ejemplo, simulaciones de enfrentamientos bélicos, o simuladores de vuelo.

Otro campo de aplicación es el de la construcción de edificios. Entre otras posibilidades, la realidad virtual permite el diseño del interior y exterior de una vivienda antes de construirla, de forma que el cliente pueda participar en el mismo realizando una visita virtual de la vivienda que se va a construir.

En el ámbito de la medicina, además de facilitar la manipulación de órganos internos del cuerpo en intervenciones quirúrgicas, la realidad virtual permite, entre otras posibilidades, la creación, para los estudiantes de medicina, de pacientes virtuales que adolecen de diversas enfermedades y presentan los síntomas característicos para poner en práctica las habilidades terapéuticas del futuro médico. En el tratamiento de fobias también se ha comprobado la utilidad de los sistemas de realidad virtual, donde el paciente tiene el control de la "realidad" y puede ir manejando su experiencia dentro de la misma.

Otras aplicaciones científicas de la Realidad Virtual consisten en el estudio de tormentas eléctricas, los impactos geológicos de un volcán en erupción, el diseño de compuestos químicos, el análisis molecular, la investigación en ingeniería genética, etc.

5.4. DISPOSITIVOS DE LA REALIDAD VIRTUAL

La Realidad Virtual en el área de la visión trabaja básicamente con cascos (figura 5.2 izquierda) o con equipos basados 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 está inmerso el usuario. Una característica de estos dispositivos es la visión estereoscópica (figura 5.2 derecha), sensación de ver una determinada imagen en tres 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 [12].



Figura 5.2. Cascos y gafas 3D

Los audífonos son el equipo básico empleado para escuchar los sonidos propios de un ambiente virtual. Con los denominados *audífonos convencionales*, los de uso más corriente, se escucha el sonido simulado de los objetos sin identificar auditivamente el punto de ubicación de los mismos. Utilizando audífonos especiales, como el *convolutrón*, además de simular el sonido propio de los objetos, se puede simular la ubicación de los mismos dentro del ambiente virtual.

En la actualidad la Realidad Virtual está haciendo uso de guantes (figura 5.3 izquierda) y trajes como medio para interactuar en un ambiente virtual, para lograrlo, estos dispositivos se comportan inicialmente como dispositivos de entrada que permiten al computador "conocer" las actuaciones del usuario. Cuando actúan como dispositivos de salida, pueden utilizarse para hacer llegar al usuario, por ejemplo, la

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 peso. También se puede llegar a percibir la rugosidad y forma propias de objetos virtuales, lo cual se logra con dispositivos que tienen partes de aleaciones con memoria que tras variaciones en la temperatura toman formas que se les han practicado con anterioridad.



Figura 5.3. Guantes y sistema de tracking (posicionamiento)

Los denominados dispositivos de seguimiento (figura 5.3 derecha) son aquellos mediante los cuales el computador localiza al usuario dentro del ambiente virtual. Uno de los más utilizados es el *tracking óptico*, mecanismo que consta de un casco que es llevado por la persona que se encuentra inmersa en la escena virtual. Este casco tiene en su parte superior una cámara que enfoca el techo de la sala dentro de la cual se desplaza el usuario. En el techo se encuentran ubicadas unas lámparas que se encienden y apagan secuencialmente a gran velocidad y las cuales reciben la señal enviada por la cámara. La lámpara que se enciende en el momento en que la persona pasa bajo ella es la que envía la señal de ubicación al ordenador.

6. SIMULACIÓN EN VRML

VRML es un acrónimo para Virtual Reality Modeling Language (Lenguaje para Modelado de Realidad Virtual). Permite describir objetos 3D y combinarlos en escenas y mundos virtuales y se utiliza para crear simulaciones interactivas, que incorporen animaciones, contenidos multimedia y participación multiusuario en tiempo real a los cuales se accede a través de la Web [12].

Otro lenguaje para la realidad virtual en la web, es X3D (extensible 3D): es la nueva generación del estándar abierto para la Web basado en XML. Este es un estándar extensible que puede ser soportado fácilmente por herramientas de creación, browsers propietarios, y otras aplicaciones 3D, sea para importar o exportar. Reemplaza a VRML, pero también proporciona compatibilidad con los contenidos y browsers VRML existentes.

Para ver mundos creados en estos lenguajes es necesaria la instalación previa de un pluging, en este caso se hizo con el Cortona, para que los navegadores interpreten la información.

Estos lenguajes tienen la gran ventaja de que las mejores herramientas de modelado como pueden ser Auto CAD o Solid Edge, disponen de herramientas de exportación a estos formatos, lo que permite su fácil desarrollo y su implementación en entornos web.

El VRML surgió en la primavera de 1994, durante una reunión convocada por Tim Berners-Lee y Dave Ragget para tratar de acercar los desarrollos de realidad virtual a Internet. En esta reunión los asistentes llegaron a la conclusión que se tenía que desarrollar un lenguaje común para la descripción de los mundos en 3D.

De este modo, en la Primera Conferencia Mundial de la WWW en Ginebra se aprobó el desarrollo de un nuevo lenguaje que permitiese crear mundos en tres dimensiones a los que se pudiera acceder por la World Wide Web.

Con el tiempo se desarrolló el lenguaje dentro de varios requisitos: que fuese adaptable a la red, que no requiriese una línea de alta velocidad (anchos de banda elevados), que fuese multiplataforma, etc.

VRML es un lenguaje para el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual en Internet, en forma de mundos virtuales compuestos de un espacio, normalmente tridimensional, donde los objetos son interactivos. En estos mundos virtuales el usuario podrá adentrarse, eligiendo entre varias perspectivas, e interactuar con los objetos que allí se encuentran. Esta tecnología es cada vez más accesible para el usuario medio, quién puede disponer de mejores equipos multimedia a precios asequibles [14,15].

La especificación original de este lenguaje, denominada VRML 1.0, data de octubre de 1994, y se basaba en un producto de la Compañía Silicon Graphics. En 1994 se creó el *VRML Architecture Group* (VAG), con el objetivo de ayudar en la clarificación e implementación de la especificación inicial de este nuevo lenguaje. Con posterioridad, este organismo ha sido sustituido por el *VRML Consortium*, entre cuyos miembros se encuentran Netscape, Microsoft, IBM o Silicon Graphics.

VRML 1.0 es un lenguaje para la descripción de mundos virtuales estáticos, que cumple tres requisitos fundamentales: es independiente de la plataforma donde se ejecute el visualizador, tiene capacidad para trabajar de un modo eficiente con conexiones lentas, y es extensible, es decir, susceptible de ser ampliado fácilmente.

Después de la definición de la primera versión, se observó que los mundos estáticos no eran suficientes, sino que hacía falta que los objetos tuviesen comportamientos propios y que el usuario pudiese interactuar con ellos. Por ello, en 1995 el VAG solicitó propuestas de modificaciones de la especificación VRML que permitiesen lograr dichos objetivos. En 1996, la propuesta denominada *Moving Worlds* presentada por Silicon Graphics fue ratificada por el VAG como la especificación oficial VRML 2.0. Esta nueva versión es mucho más compleja que su predecesora, y en ella destacan los siguientes aspectos:

- Posibilidad de especificar comportamientos para los objetos, ya sea usando el propio lenguaje VRML o mediante *scripts* en lenguajes externos (Java Script, Java, Visual Basic, etc.), los cuales no están limitados por la especificación.

- Posibilidad de interacción con el usuario mediante la definición de una serie de sensores de posición, de contacto, de colisión, etc. La información registrada por estos sensores es enviada a los diferentes objetos que componen el mundo virtual y, en función de los valores recibidos, cada objeto virtual actuará en consecuencia.
- Finalmente, el lenguaje de descripción de escenas tridimensionales ha sido ampliado significativamente, posibilitando efectos de fondo, sonidos tridimensionales, niebla, etc.

VRML 2.0 permite interactuar con el mundo virtual; sin embargo, no es posible interactuar con otras personas que estén accediendo al mismo mundo en el mismo instante. *Living Worlds* es la nueva propuesta de Silicon Graphics que está actualmente examinando el *VRML Consortium* para la nueva versión 3.0. Según esta propuesta, todas las personas que acceden a un mundo virtual pueden definir su propia representación en el entorno tridimensional, tanto para la detección de colisiones como para el aspecto que el usuario tendrá ante el resto de los visitantes.

En cuanto a las aplicaciones de VRML, éstas coinciden con las indicadas en el apartado anterior para el caso general de la Realidad Virtual. Así, con VRML se pueden desarrollar proyectos de arquitectura y decoración de edificios virtuales que pueden ser recorridos libremente por los propietarios o posibles compradores de los mismos. Esto se muestra en la figura 6.1.



Figura 6.1. Edificio virtual creado en VRML

También se utiliza este lenguaje para crear animaciones interactivas que muestren, de forma tridimensional, los pasos de montaje de un determinado aparato

o de un kit de bricolaje. En el ámbito de la ciencia, se aplica en la visualización tridimensional de compuestos, para el estudio de las tensiones internas que sufre un sólido al deformarse, etc. También existe la posibilidad de realizar laboratorios virtuales, en los que se demuestra un determinado fenómeno físico. En estos laboratorios las condiciones del experimento se pueden modificar, observando que ocurre en cada caso.

Otra posibilidad del lenguaje VRML es la creación de mundos virtuales que representen lugares geográficos remotos cuya visita se ofrezca a los viajeros que vayan a visitarlos de forma real para familiarizarse previamente con el lugar, como se muestra en la figura 6.2.

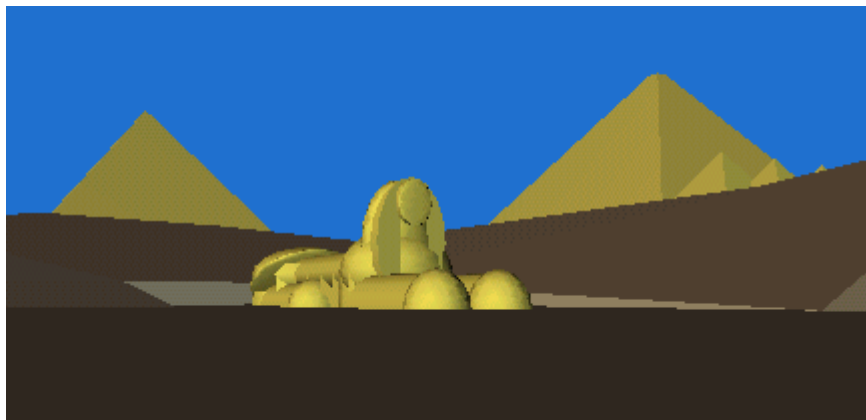


Figura 6.2. Lugar geográfico convertido en mundo virtual

Una de las herramientas imprescindibles para reconocer cualquiera de los mundos virtuales realizados con VRML es el denominado visualizador o navegador, se trata de un software que puede funcionar como un programa independiente o ser un *plug-in* (programa-añadido) de un navegador de Internet como Netscape Navigator o Microsoft Internet Explorer. Todos ellos tienen al menos tres características en común: visualizan presentaciones tridimensionales de un archivo VRML, también ofrecen algún mecanismo para cambiar el punto de vista del usuario dentro del mundo virtual, y tienen algún medio para acceder a Internet. Uno de los más conocidos es *Cosmo Player*.

Por otra parte, existen también editores o programas que permiten crear objetos y mundos virtuales. VRML es un lenguaje de descripción de escenas en el que cada

escena se compone de objetos, éstos pueden ser elementos sólidos situados y orientados de determinada forma o elementos intangibles que afectan a la escena, como luces, sonido y distintos puntos de vista. Los objetos sólidos se codifican en VRML como listas de números que definen su forma, como conjunto de coordenadas (x, y, z), y su tamaño. Los editores VRML ofrecen herramientas gráficas para crear los objetos y para añadir texturas y colores a su superficie. Los mundos virtuales creados con un editor se registran en archivos de texto, cuya extensión es .wrl. También existe la posibilidad de utilizar programas de diseño gráfico, los cuales generan automáticamente archivos en formato VRML.

6.1. UTILIZACIÓN DE VRML

Como se ha explicado en el punto anterior, para realizar la simulación en realidad virtual de la suspensión McPherson, se va a utilizar un editor de textos (Bloc de notas de Windows) teniéndose en cuenta las siguientes normas y usando las herramientas correspondientes:

a. Extensión, cabecera y comentarios:

La extensión que deben llevar los entornos que se construyan será .wrl, esto es porque se les conoce como mundos o worlds [16,18].

Los archivos de VRML se componen de tres tipos de elementos: cabecera, comentarios y nodos. La cabecera de un archivo VRML 2.0 es: `#VRML V2.0 utf8`, donde VRML V2.0 indica el estándar empleado y utf8 autoriza el uso de caracteres internacionales. Los comentarios se escriben precedidos de símbolo #.

b. Nodos:

El tercer elemento del formato es el nodo, se trata de la estructura mínima indivisible de un archivo VRML y tiene como misión la de definir las características de un objeto o bien las relaciones entre distintos objetos. La mayoría de los nodos pueden repetirse tantas veces como sea necesario en una escena, salvo una serie de nodos especiales, como los que definen la niebla o la panorámica del mundo virtual, que aparecen una sola vez.

No todos los nodos afectan al aspecto visual del mundo. Por ejemplo, existen nodos que actúan como sensores que detectan acciones del usuario e informan de ellas a otros objetos, y otros que se encargan de modelar los sonidos.

Los nodos a su vez contienen campos que describen propiedades. Todo campo tiene un tipo determinado y no se puede inicializar con valores de otro tipo. De este modo, cada tipo de nodo tiene una serie de valores predeterminados para todos sus campos, de forma que cuando se utiliza en una escena sólo han de indicarse aquellos campos que se quieran modificar.

c. Formas primitivas:

Para la construcción de formas primitivas en lenguaje VRML se utiliza el nodo Shape. Dentro de este nodo existen varios campos: el campo geometry con el que se pueden crear nodos geométricos primitivos como Box (caja), Cone (cono), Cylinder (cilindro) y Sphere (esfera); y el campo appearance con el que se especifican las propiedades del objeto (texturas, material, etc.). Se muestra un ejemplo de todas ellas en las figuras 6.3, 6.4, 6.5 y 6.6.

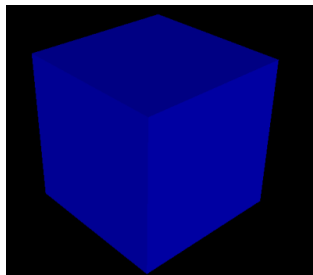


Figura 6.3. Box

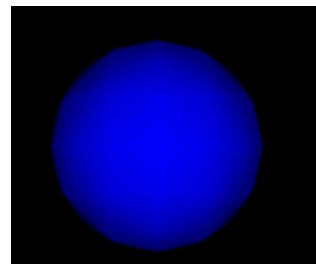


Figura 6.4. Sphere

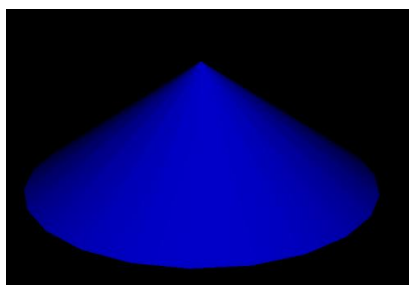


Figura 6.5. Cone

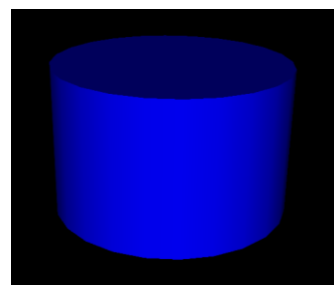


Figura 6.6. Cylinder

d. Appearance y material:

El campo appearance va a permitir seleccionar el color y la textura del objeto que va a ser representado dentro del escenario virtual. Este campo toma como valor un nodo de tipo Appearance, el cual a su vez, posee un campo denominado material que toma como valor un nodo de tipo Material.

El nodo Material es el que controla las propiedades del color (selección del color, del brillo, del grado de transparencia, etc.) que se van a dar al objeto.

Los colores que se le dan a los objetos son colores RGB, es decir, vienen dados por tres valores en coma flotante, cada uno de los cuales representa uno de los colores primarios (Red, Green, Blue) [Rojo, Verde y Azul]. El valor 0.0 representa la ausencia de color y el 1.0 la máxima intensidad. En la figura 6.7 se muestra un ejemplo con los tres colores primarios.

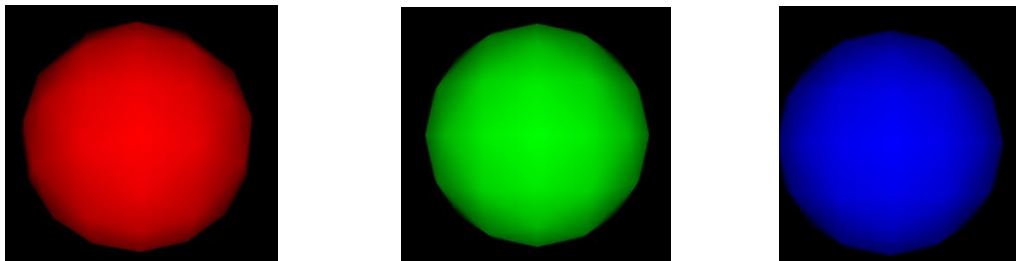


Figura 6.7. Círculos creados en VRML de diferentes colores

Para la creación de formas de texto se utiliza el nodo TEXT (texto) y como en cualquier procesador de textos, se nos permitirá indicar el tipo de fuente, su estilo, su tamaño, el espaciado entre caracteres, justificación de los párrafos, etc.

e. Nodos para agrupar:

Para poder agrupar los objetos para conseguir formas complejas existen diversos nodos que nos pueden servir, estos son:

- **Nodo Group:** permite unir un conjunto de nodos de forma que actúen como una entidad única, pero sin efectuar ninguna transformación en ellos. La principal característica de este tipo de grupo es que los objetos

son creados todos en el mismo punto (en el centro del escenario de realidad virtual). Se utiliza de la siguiente forma:

```

Group    {
            children    [...]
            }
  
```

- **Nodo Transform:** Por defecto todos los objetos (**Shapes**) se construyen en el centro del escenario virtual. El nodo transform nos va a permitir evitar esto, indicando la posición, orientación y tamaño de los diferentes objetos que va a crear. Se utiliza de la siguiente forma:

```

Transform{
  translation Eje_X Eje_Y Eje_Z
  rotation    Eje_X Eje_Y Eje_Z Ángulo
  scale       Eje_X Eje_Y Eje_Z
  children[...]
}
  
```

El campo *translation* permite indicar la posición del origen del nuevo sistema de coordenadas perteneciente al grupo dentro del sistema de coordenadas de nodo que lo engloba (nodo padre).

El campo *rotation* nos permite girar el sistema de coordenadas del grupo alrededor de uno de los ejes del sistema de coordenadas del nodo padre. Para ello, además de indicar sobre que eje se desea realizar el giro, se ha de hacer referencia al grado de inclinación de dicho giro (en radianes).

A través del campo *scale* podemos aumentar o reducir el tamaño de los ejes del sistema de coordenadas del grupo utilizando factores de escala que toman como referencia los ejes de coordenadas del sistema del nodo padre. De esta forma aumentamos o disminuimos el tamaño de los objetos que se crean.

- Nodo Billboard permite crear un grupo con un sistema de coordenadas especiales, ya que a través del campo axisOfRotation (eje de rotación) indicamos el eje sobre el que ha de girar el objeto, de forma que, siempre esté de cara al espectador. Se utiliza de la siguiente forma:

```
Billboard{  
  axisOfRotation Eje_X Eje_Y Eje_Z  
  children[...]  
}
```

f. Inline:

Para facilitar el diseño de mundos virtuales habrá ocasiones en las que convendrá almacenar cada objeto en su propio fichero. De este modo, si por ejemplo se deseara modelar una habitación, los diferentes elementos que van a aparecer dentro de ella: paredes, puertas, mesas, sillas, etc., son objetos independientes entre sí pero que se engloban dentro de un mismo espacio y, que además, pueden aparecer varias veces en el diseño de todo mundo virtual.

Para esto se utiliza el nodo Inline, que va a permitir crear un grupo en donde los hijos son recuperados indicando su dirección URL. Se utiliza de la siguiente forma:

```
Inline{  
  url"dirección_url"  
}
```

g. Iluminación:

La colocación de luces en un mundo virtual permite obtener un mayor grado de realismo, pudiendo convertir una misma escena virtual en un lugar cálido, en un lugar tenebroso y sombrío, etc. Además de la ambientación, también juega un importante papel a la hora de determinar que objetos visualizará el visitante con mayor claridad. Para ello existen diferentes clases de

fuente de iluminación y cada uno tiene un nodo respectivo: nodo PointLight, nodo DirectionalLight y nodo Spot Light.

h. Fondos:

La utilización de fondos en el mundo virtual, nos permite dotarlos de un cielo y de un suelo, añadiendo realismo de esta forma a la escena que se pretende crear. Estos fondos se van a caracterizar porque siempre le van a dar al visitante la sensación de que se encuentran a una gran distancia.

El nodo Background incorpora un plano de suelo sombreado, texturas y cielo escénico. Se utiliza de la siguiente forma:

```
Background{  
  groundAngle  [ ]  
  groundColor [ ]  
  skyAngle     [ ]  
  skyColor     [ ]  
  backUrl      "dirección_URL"  
  bottomURL   "dirección_URL"  
  frontUrl    "dirección_URL"  
  leftUrl     "dirección_URL"  
  rightUrl    "dirección_URL"  
  topUrl      "dirección_URL"  
}
```

i. Sensor de tiempo:

VRML dispone de una herramienta muy potente, el Sensor de Tiempo (TimeSensor). Este es un reloj que se puede utilizar para aprovechar el paso del tiempo como motor para mover objetos, cambiar color de objetos, variar orientaciones, etc. Este se basa en el reloj real del sistema, midiendo el tiempo actual en segundos transcurridos de las 00:00 horas del 1 de Enero de 1970.

Los campos más característicos son el `cycleInterval`, en el que se pone el ciclo de tiempo elegido para mover los objetos, y `loop` que sirve para que ese ciclo de tiempo elegido se repita una vez termine si procede. Se utiliza de la siguiente forma:

```
TimeSensor {
  exposedField SFTime cycleInterval 1 #(0,∞)
  exposedField SFBool enabled TRUE
  exposedField SFBool loop FALSE
  exposedField SFTime startTime 0 #(0,∞)
  exposedField SFTime stopTime 0 #(0,∞)
  eventOut SFTime cycleTime
  eventOut SFFloat fraction_changed #[0,1]
  eventOut SFTime isActive
  eventOut SFTime time
}
```

j. Sensor de tacto:

Lo que este sensor hace en realidad es permitir detectar cuando el observador apunta a un objeto con el cursor y cuando oprime el botón del ratón. Por lo tanto permite definir “botones 3D”.

El sensor de tacto ha de ser agrupado junto con los objetos que servirán de botón, dentro de algún node de agrupación, para que VRML sepa que objetos estarán activos al apretar el botón el usuario. Se utiliza de la siguiente forma:

```
TouchSensor {
  exposedField SFBool enabled TRUE
  eventOut SFVec3f hitNormal_changed
  eventOut SFVec3f hitPoint_changed
  eventOut SFVec2f hitTexCoord_changed
  eventOut SFTime isActive
  eventOut SFTime isOver
  eventOut SFTime touchtime
}
```

k. Interpoladores:

La interpolación lineal (que es la que utiliza VRML97) es un concepto matemático permite definir dos puntos (en cualquier dimensión) y calcular un punto intermedio sobre la recta que los une a partir de especificar el tanto por ciento del recorrido entre los dos puntos.

Los dos campos principales son *key* y *keyvalue*, el primero indica los estados por los que va a pasar el elemento y el segundo el valor que va a alcanzar la variable en cada uno de estos estados.

- *ColorInterpolator*: interpola colores:

```
ColorInterpolator {
  eventIn SFFloat      set_fraction    #(-∞,∞)
  exposedField MFFloat  key []      #(-∞,∞)
  exposedField MFCOLOR  keyvalue []  #[0,1]
  eventOut SFFColor     value_changed
}
```

- *CoordinateInterpolator*: interpola coordenadas de vértices:

```
CoordinateInterpolator {
  eventIn SFFloat      set_fraction    #(-∞,∞)
  exposedField MFFloat  key []      #(-∞,∞)
  exposedField MFVec3f  keyvalue []  #(-∞,∞)
  eventOut MFVec3f     value_changed
}
```

- *NormalInterpolator*: interpola normales a superficies:

```
NormalInterpolator {
  eventIn SFFloat      set_fraction    #(-∞,∞)
  exposedField MFFloat  key []      #(-∞,∞)
  exposedField MFVec3f  keyvalue []  #(-∞,∞)
  eventOut MFVec3f     value_changed
}
```

- OrientationInterpolator: interpola ángulos de rotación:

```
OrientationInterpolator {  
  eventIn SFFloat      set_fraction    #(-∞,∞)  
  exposedField MFFloat key []          #(-∞,∞)  
  exposedField MFRotation keyvalue []  #[-1,1](-∞,∞)  
  eventOut SFRotation  value_changed  
}
```

- PositionInterpolator: interpola posición de objetos:

```
PositionInterpolator {  
  eventIn SFFloat      set_fraction    #(-∞,∞)  
  exposedField MFFloat key []          #(-∞,∞)  
  exposedField MFVec3f keyvalue []    #(-∞,∞)  
  eventOut SFVec3f     value_changed  
}
```

- ScalarInterpolator: interpola valores cualesquiera escalares:

```
ScalarInterpolator {  
  eventIn SFFloat      set_fraction    #(-∞,∞)  
  exposedField MFFloat key []          #(-∞,∞)  
  exposedField MFFloat keyvalue []    #(-∞,∞)  
  eventOut SFFFloat    value_changed  
}
```

I. Puntos de vista:

En VRML97 existe la posibilidad de definir puntos de vista diversos de forma que se pueden mostrar al usuario aquellas partes que son más importantes del mundo que se ha definido. El usuario podrá continuar navegando con total libertad, pero si se definen una serie de puntos de interés, él podrá ir directamente a estos. La forma de definir estos puntos de vista o puntos de interés, es mediante el node Viewpoint.

Para escoger otro punto de vista, se utiliza la utilidad que el browser normalmente tiene disponible. El primer punto de vista que se define en el código, pasa a ser el punto de vista de arranque del mundo cuando se abre un browser.

El primer node Viewpoint define un punto de vista idéntico al que ya se establece por defecto al entrar al browser. Esto sirve para poder volver a la posición inicial sin tener que volver a cargar el entorno. Los valores por defecto son pues, situar el observador sobre el eje Z positivo a 10 unidades del origen y mirando en dirección del eje Z negativo. Se utiliza de la siguiente forma:

```
Viewpoint {
  eventIn SFBool      set_bind
  exposedField SFFloat fieldOfView 0.785398 # (0,π)
  exposedField SFBool  jump      TRUE
  exposedField SFRotation orientation 0 0 1 0 # [-1,1],(-∞,∞)
  exposedField SFVec3f position 0 0 10 # (-∞,∞)
  field SFString      description ""
  eventOut SFTime     bindTime
  eventOut SFBool     isBound
}
```

m. ROUTE y DEF:

Cuando se quiere definir un objeto que se utiliza en repetidas ocasiones y se satura el código por el hecho de repetir y repetir un mismo bloque de código, entonces se puede utilizar DEF.

DEF permite dar nombre a un cierto nodo que posteriormente se utilizará con la misma estructura y en diversos sitios.

Con el comando ROUTE podemos unir varios nodos.

6.2. CREACIÓN DEL MUNDO VIRTUAL

En este punto se describe de qué forma se ha realizado el ensamblado de cada una de las piezas que componen la suspensión McPherson así como el proceso de simulación de movimiento del mismo.

En primer lugar se han concretado diferentes grupos de piezas entre las que no existe movimiento relativo para hacer más sencillo su ensamblaje y animación. Estos grupos son los siguientes:

- a. Brazo de dirección: se trata del brazo que permite girar al vehículo de izquierda a derecha, este brazo viene de la cremallera de dirección que no se ha modelado. Está compuesto por: el brazo de dirección y el guardapolvo que protege la rótula, ver figura 6.8.



Figura 6.8. Brazo dirección en VRML

- b. Brazo telescópico: se trata del brazo que se sitúa verticalmente en la mangueta. Este grupo es el que realiza la función de amortiguador deslizándose en el tubo que contiene el fluido amortiguador. El otro extremo se amarra al chasis del vehículo, ver figura 6.9. Se compone del pistón amortiguador, la copela superior, el cojinete de fijación y una tuerca de M14.

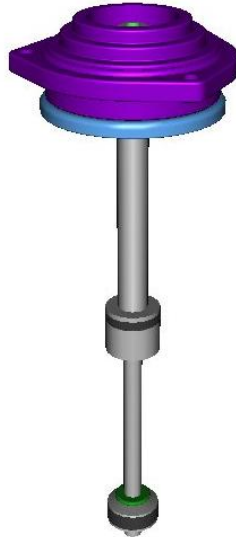


Figura 6.9. Brazo telescópico en VRML

- c. La carretera: se trata de la pista por la cual el neumático va a circular, en ella se ha diseñado un resalte, como se puede ver en la figura 6.10, para simular el comportamiento de los diferentes elementos que componen la suspensión. Se compone de la carretera.

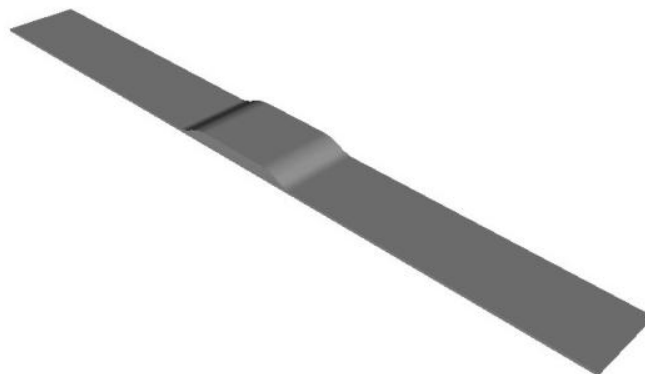


Figura 6.10. Carretera en VRML

- d. El conjunto neumático y llanta: es el conjunto que está en contacto permanente con la carretera gracias a la suspensión, se compone de un neumático, de una llanta de 16", del disco de freno, del cubo, del eje de transmisión, de una tuerca de M15 y de los cinco tornillos de M12 que amarran este conjunto a la mangueta. Se puede ver representado en la figura 6.11 por una imagen por delante y otra por detrás.



Figura 6.11. Conjunto neumático-llanta en VRML

- e. El eje: se une al eje de transmisión, visto en el conjunto anterior, mediante unos rodamientos ocultos en un fuelle. Este eje viene del diferencial con una velocidad de giro establecida en la caja de cambios. Para el diseño se ha disminuido la longitud del eje, ver figura 6.12.

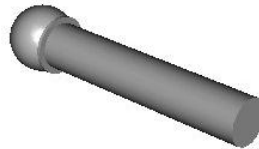


Figura 6.12. Eje transmisión en VRML

- f. El conjunto muelle-fuelle: está compuesto por el resorte y un fuelle o guardapolvos que protege al amortiguador de la entrada de cualquier partícula no deseada, ver figura 6.13. Este conjunto se encogerá en la simulación al subir el resalte de la carretera.



Figura 6.13. Muelle-fuelle en VRML

- g. El conjunto mangueta: está compuesto por todo aquello que a efectos de simulación no tiene ningún movimiento nada más que el de avance. Está compuesto por la mangueta, a la cual se le amarra, la sujeción mangueta, el cubre disco, las pinzas de freno, el tubo absorbedor de golpes y dos rótulas. Para la sujeción de estos elementos se utilizarán tres tornillos gota de sebo (para el cubre disco), tres tornillos de M10 (para las pinzas de freno y el tirante) y cuatro de M12 (para la sujeción mangueta). También se emplean 4 tuercas de M10, para las rótulas y para la pinza de freno. Por último en el interior del tubo se encuentra un émbolo flotante. Véase figura 6.14.

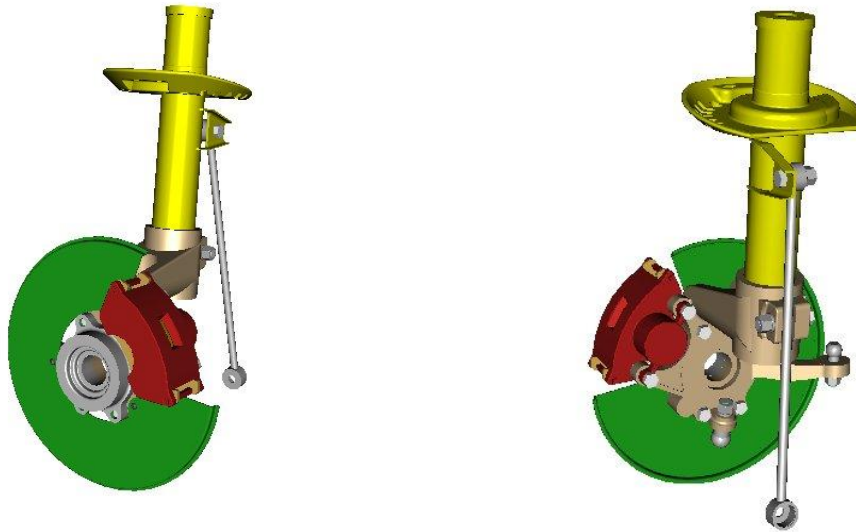


Figura 6.14. Conjunto mangueta en VRML

- h. El triángulo: está formado por el triángulo, un fuelle para la rótula, un elemento de sujeción del triángulo que necesita 3 tornillos de M12 y sus correspondientes tuercas de M12. Véase figura 6.15.

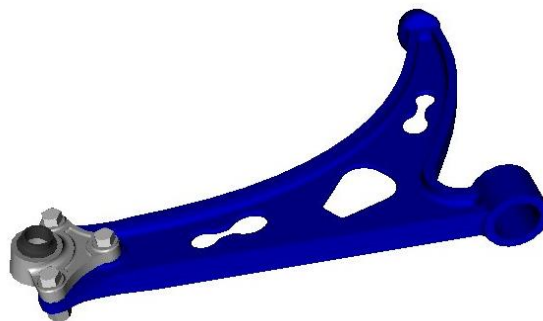


Figura 6.15. Triángulo en VRML

En el momento de iniciar este mundo aparece la pantalla que se muestra en las figuras 6.16 y 6.17 con la que se puede interactuar acercándose o rotando sobre la suspensión.

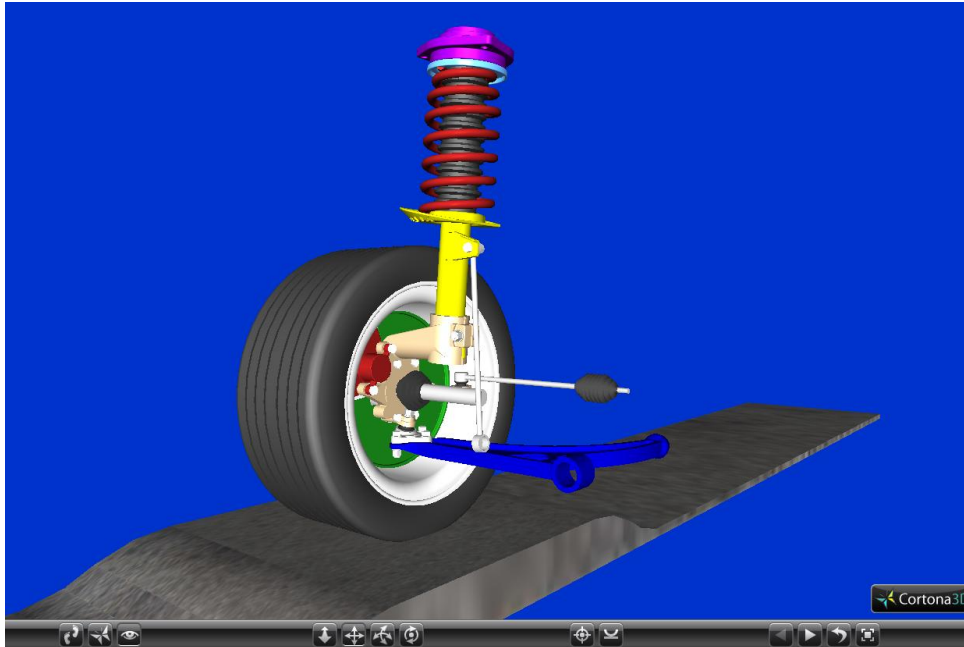


Figura 6.16. Conjunto completo en VRML. Vista trasera

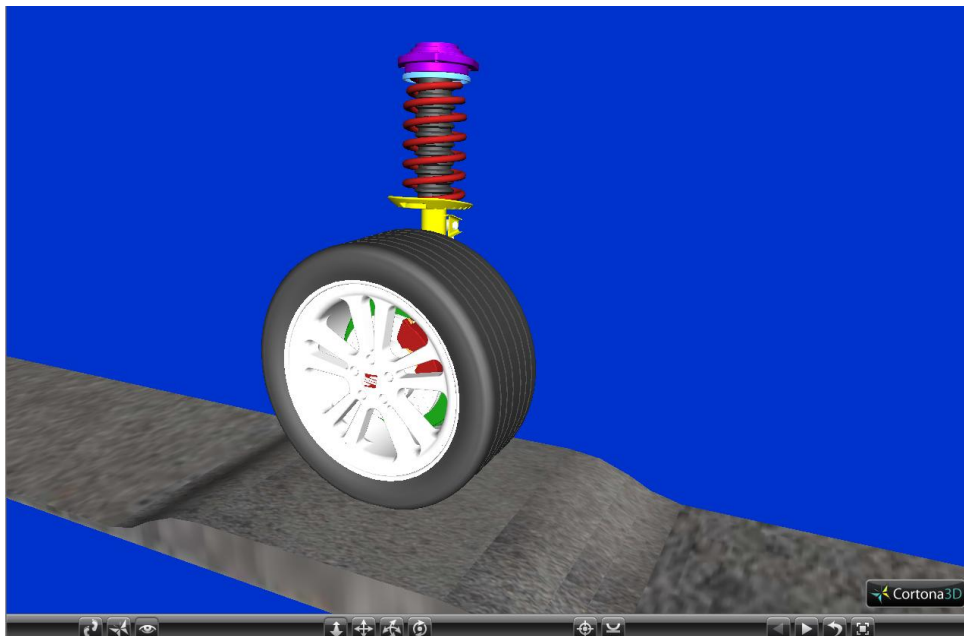


Figura 6.17. Conjunto completo en VRML. Vista delantera

6.2.1. Introducción de las piezas en el mundo virtual

En primer lugar se debe introducir cada una de los conjuntos en el mundo virtual, para ello se utiliza el comando Inline. Con este comando se usan las piezas ya creadas en VRML que han sido exportadas desde Solid Edge y se introducen en el mundo virtual por medio de la secuencia de comandos que aparece a continuación:

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

DEF RUEDA Transform {
  translation 0 0.01 0
  children [ Inline { url "Conjunto_Rueda.wrl" }
            ]
}
```

Se utiliza este mismo código para introducir cada una de los conjuntos en el mundo virtual; todos estos conjuntos se introducen de tal forma que sus ejes de coordenadas coinciden con los del mundo.

A medida que se va introduciendo cada una de las piezas se debe ir colocándolas de forma que ocupen la posición adecuada con respecto al resto de piezas, para conseguir esta, se debe utilizar el nodo Transform para poder orientar, colocar, trasladar y escalar los conjuntos, como se muestra a continuación:

```
Group {
  children [

    DEF MUELLE Transform {
      translation 0 0.18 0.324 #traslado en eje Y y Z
      rotation -1 0 0 0.0873 #roto -50° respecto eje X
      children [Inline { url "Muelle_Fuelle.wrl" }
                ]
            }

  ]
}
```

6.2.2. Movimiento de la suspensión

Para dar movimiento a cada una de las partes de la suspensión es necesario un TimeSensor que indica cuando se deben dar los pasos y un Interpolator que establece los movimientos (traslaciones y giros) que debe efectuar la pieza o conjunto de piezas. Para relacionar estos dos comandos se debe utilizar el comando ROUTE.

El objetivo en lo que se respecta al movimiento de las partes de la suspensión ha sido conseguir que el conjunto de todas las piezas afrontaran un resalto de la calzada de manera similar a como lo haría una suspensión en la realidad. Por ello se observara en el mundo virtual como gira la rueda de manera constante y como avanza la calzada hasta encontrarse con el resalto, en ese mismo momento la rueda se elevará provocando esto mismo en la mangueta que a su vez provocará una compresión del muelle para absorber las vibraciones provocadas. De este mismo modo, al terminar el resalte el muelle se descomprimirá volviendo a su posición y haciendo lo mismo la mangueta y la rueda.

La siguiente secuencia de comandos muestra un ejemplo de movimiento en un entorno virtual, en concreto, el de la rueda:

```
DEF Tiempo TimeSensor {
    cycleInterval 3
    loop TRUE
    startTime 0
    stopTime -1
}

DEF rotaRueda OrientationInterpolator {
    key [0, 0.25, 0.5, 0.75, 1]
    keyValue [ 0 1 0 0, 0 1 0 1.5708, 0 1 0 3.1416, 0 1 0 4.7124, 0 1 0 6.2832]
}

ROUTE Tiempo.fraction_changed TO rotaRueda.set_fraction
ROUTE rotaRueda.value_changed TO RUEDA.rotation
```

SIMULACIÓN VIRTUAL DE UNA SUSPENSIÓN MCPHERSON EN ENTORNO VRML.
CAPITULO 6. SIMULACIÓN EN VRML

Se puede ver en la figura 6.18 una secuencia de imágenes donde se muestra como la suspensión circula a lo largo de la carretera enfrentándose con un resalte, de tal manera que para asegurar el confort a los ocupantes, entra en funcionamiento el amortiguador y el resorte minimizando las vibraciones.

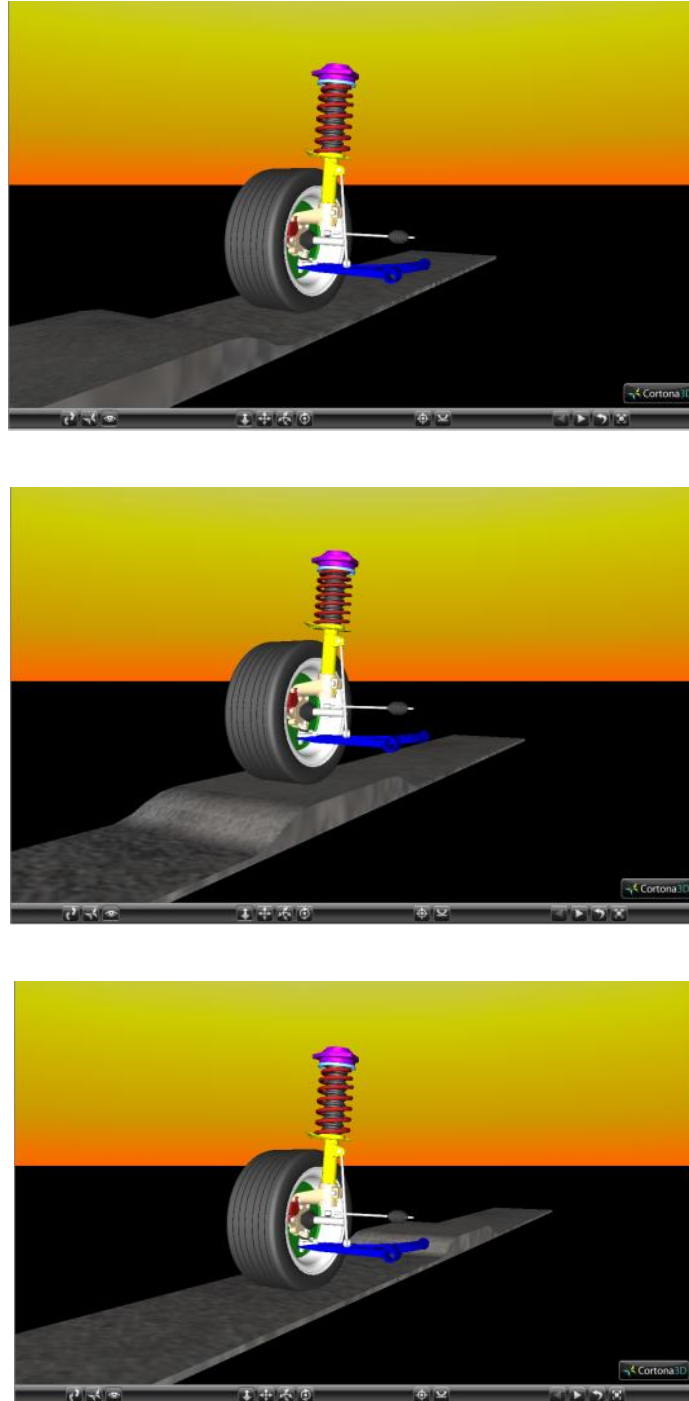


Figura 6.18. Movimiento de la suspensión

6.2.3. Introducción de textos de identificación

Por último, se ha introducido el nodo Text con el cual introduciremos los textos con el nombre de los diferentes conjuntos. Con el comando TouchSensor conseguiremos que se inicie un proceso mediante el cual lograremos que aparezca el nombre del conjunto seleccionado en pantalla y así sea más fácil de identificar. Se introduce el siguiente grupo de comandos para los diferentes conjuntos, dando lugar a la figura 6.19 para el caso del conjunto neumático-llanta. La siguiente secuencia de comandos muestra un ejemplo de texto en un entorno virtual, en concreto, el del conjunto neumático-llanta:

```
Group {
  children [
    DEF RUEDA Transform {
      translation 0 0.01 0
      children [ Inline { url "Conjunto_Rueda.wrl" } ] }
    DEF BOTONNEUMATICO TouchSensor { }
    DEF TextoNEUMATICO Transform {
      translation 0 0 1
      rotation 1 0 0 1.57
      scale 0 0 0
      children [
        Billboard { axisOfRotation 0 1 0
      children Shape{ geometry Text {string ["NEUMATICO-LLANTA"]} }
        } ] } ] }
```

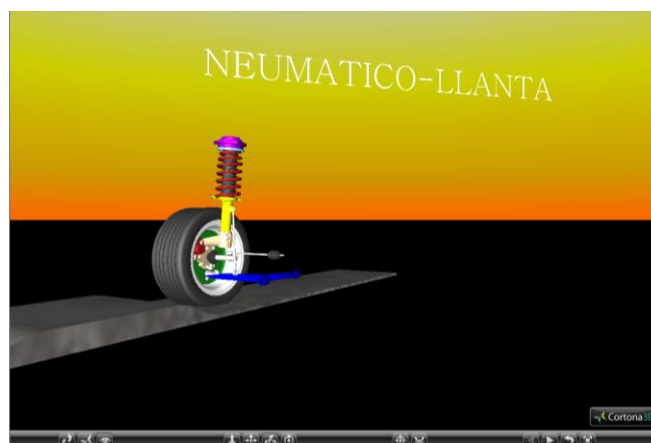


Figura 6.19. Texto en VRML

7. CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

7.1. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas del presente proyecto son las siguientes:

- El diseño de la suspensión McPherson se ha realizado con el programa de diseño Solid Edge V19 por su versatilidad y sencillez a la hora de trabajar diseños 3D y 2D, y por su facilidad de interrelacionarse con otros programas CAD.
- Existe una grandísima variedad de herramientas que permiten pasar piezas diseñadas en potentes programas de diseño mecánico (Solid Edge) a lenguaje VRML, facilitando de esta forma la introducción de piezas complejas en mundos creados en VRML.
- Para realizar un mundo virtual, no son necesarias herramientas complejas, a partir de un programa de diseño (Solid Edge), un editor de texto (Bloc de notas de Windows o Matlab), y un visualizador o navegador de internet (Internet Explorer) se puede simular un entorno virtual.
- 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 y permitiendo una gran interactividad con los sistemas virtuales.
- La simulación por ordenador en un entorno virtual facilita la comprensión acerca del funcionamiento de un mecanismo ya que permite observar el lugar que ocupa cada una de las piezas que lo forman, sirviendo de gran ayuda a la enseñanza.

7.2. FUTUROS TRABAJOS

Siguiendo la línea de trabajos anteriores y de este proyecto, se pueden realizar nuevos trabajos, como pueden ser:

- Añadir nuevos componentes mecánicos junto con la suspensión de manera que formen un mecanismo o conjunto mecánico mayor y más complejo. Como podría ser la realización de la otra rueda y los elementos que las unen viendo así como se comportan las ruedas del mismo eje.

- Simular como se comportarían ambas ruedas del eje delantero, al encontrarse con un resalto o un bache en la calzada.

- Simular cambios de dirección de la rueda, viendo cómo se comportan las diferentes uniones que sujetan la suspensión.

- Hacer simulaciones para ver el comportamiento de la suspensión bajo la acción de aceleraciones y/o frenadas provocadas por el conductor.

- Juntar todos los proyectos que se han ido haciendo durante estos últimos años y poder formar un vehículo entero.

8. BIBLIOGRAFÍA

[1] José Luis García Vega. *Influencia de las NTIC en la enseñanza*. 2001

<http://contexto-educativo.com.ar/2001/1/nota-04.htm> (Diciembre 2010)

[2] Andrea Suárez, CMSI. *La realidad virtual en la educación*. Mayo 2006.

<http://cmsi.colnodo.apc.org/documentos.shtml?x=2036> (Diciembre 2010)

[3] Miguel Ángel Álvarez. *¿Qué es VRML?* 2008

<http://www.desarrolloweb.com/articulos/356.php> (Diciembre 2010)

[4] Juan Manuel Pichardo. *Tipos de suspensión independiente*. Febrero 2006

<http://www.km77.com/tecnica/bastidor/clasificacion-suspension/t01.asp> (Diciembre 2010)

[5] Mecánica virtual, *la web de los estudiantes de automoción Suspensión*. Julio 2010

<http://www.mecanicavirtual.org/suspension3.htm> (Diciembre 2010)

[6] *El sistema de suspensión del automóvil*. Marzo 2007

<http://www.microcaos.net/ocio/motor/el-sistema-de-suspension-del-automovil/>
(Diciembre 2010)

[7] Miguel Ángel Pérez Bello. *Tecnología de la suspensión, dirección y ruedas. Circuitos hidráulicos y neumáticos*. CIE DOSSAT 2000.

[8] Hermógenes Gil Martínez. *Manual Práctico del automóvil. Reparación y mantenimiento. Cultural S.A. 2000*

[9] Jesús Calvo Martín y Antonio Miravete de Marco. *Mecánica del automóvil, actualizada. Editorial Reverte. 1997*

[10] José Ignacio Argote Veá-Murgía. *Diseño asistido por ordenador. Febrero 2005.*

<http://personal.telefonica.terra.es/web/cad/cad.htm> (Diciembre 2010)

[11] Edgar Rocancio. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica, Colombia. 2004*

<http://tutorialessolid.awardspace.com/Tutoriales/Intro/intro.html> (Diciembre 2010)

[12] José Rubí Capaceti, *Presidente Innovatecno. Centro de Realidad Virtual.*

<http://www.innovatecno.com/> (Diciembre 2010)

[13] *Virtualware. Realidad Virtual y Realidad Aumentada.*

<http://www.virtualware.es/es/tecnologia/> (Diciembre 2010)

[14] José R. Hilera, Salvador Otón y Javier Martínez. *Aplicación de la Realidad Virtual en la enseñanza a través de Internet. Universidad de Alcalá.*

<http://www.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/num8/hilera-oton.html>
(Diciembre 2010)

[15] *Activamente. Aplicaciones Realidad Virtual*

<http://www.activamente.com.mx/vrml/> (Diciembre 2010)

[16] Carlos L. García Cordero. *Tutorial VRML.*

<http://wwdi.ujaen.es/~rsegura/igai/vrml/documentos/tema1.htm> (Diciembre 2010)

[17] Jul Díaz Otero. *Modelo 3D con Solid Edge. Imprenta Gonmar. 2004.*

[18] Kris Jamsa. *VRML: biblioteca del programador. McGraw Hill. 1998.*