



MANIOBRA DE ESQUIVA NISSAN SUNNY

Diego Pilares Gallego y Fernando Bernabé Cañizares
08/05/2024



ÍNDICE

Introducción	2
Maniobra de esquiva ISO 3888-2	2
Análisis de Datos	3
Simulación de Maniobra	12
Obtención de las coordenadas de los puntos geométricos de la suspensión.....	12
Obtención de valores ideales de la suspensión	14
Diseño del modelo en Altair MotionView	15
Simulación del test de esquiva en Altair MotionView	17
Conclusiones sobre el test de maniobra real y simulado.....	19
Test real	19
Test simulado.....	19

Introducción

Este proyecto se basa en la mejora de la configuración de suspensión para el Nissan Sunny 2.0 GTI con el que hicimos una prueba de esquiwa real en el circuito de Km77. El objetivo de este proyecto es analizar la telemetría obtenida en la prueba y utilizarla, junto con el programa Altair MotionView, y ayuda de un programa de CAD para definir la geometría de suspensión del vehículo, para realizar ajustes a los amortiguadores, con el objetivo de aumentar la velocidad con la que el vehículo realiza la prueba.

La prueba de esquiwa, ISO 3888-2, es una prueba abierta. Esto quiere decir que el conductor no puede intervenir en los pedales para corregir los movimientos del coche.

Maniobra de esquiwa ISO 3888-2

Como hemos mencionado anteriormente, realizamos primero la prueba de esquiwa real en Km77. La prueba consiste en esquivar unos conos que delimitan la trazada por la que puede pasar el coche, en caso de que el coche toque un cono, la prueba será nula. Esta prueba es de bucle abierto, donde el uso de los pedales de acelerador y freno queda prohibido una vez se entra en la sección 1 del terreno de pruebas (en este caso, la recta inicial de 12m), manteniendo posible el uso del volante por el conductor para realizar la trazada necesaria por la prueba, en caso de que se haga uso de los pedales, la prueba será nula.

El test se realiza sobre la prueba ISO 3888-2

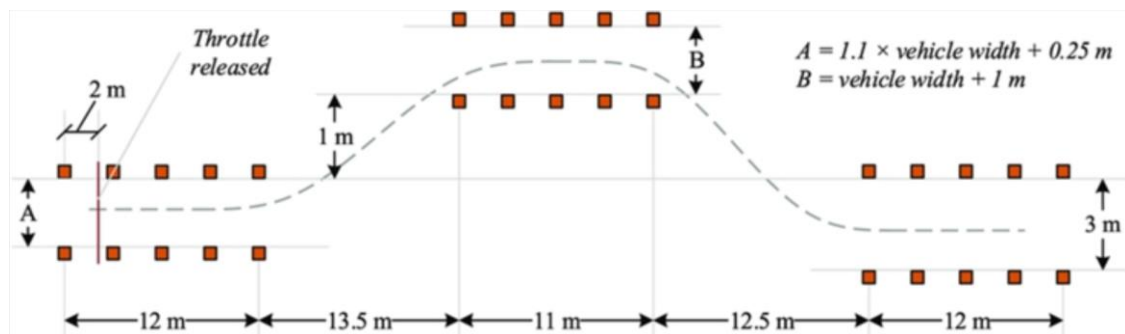


Ilustración Esquema Esquiwa ISO 3888-2

En el caso del vehículo utilizado para la prueba, el Nissan Sunny, el ancho del vehículo es de 1.645m, por lo que el valor A será de 2.0595m, que aproximaremos a 2m, y el valor B será de 2.645m, que aproximaremos a 2.6m.

El objetivo es completar la prueba a la velocidad más alta posible. En el caso del Nissan Sunny que utilizamos para la prueba, este contaba con suspensiones de dureza regulable, lo que nos permitía realizar varios intentos con distintas configuraciones y velocidades.

El primer intento con resultado positivo ocurrió a 65 km/h, tras lo cual reducimos la dureza 2 clics en la suspensión trasera, puesto que llevaba mucha precarga y el coche resultaba muy sobrevirador, así mismo, se redujo la presión en los neumáticos de 2.2 bares en el eje delantero

y 2.3 bares en el eje trasero a 2.2 bares en el eje delantero y 2.0 bares en el eje trasero. Con este cambio, llegamos hasta los 66km/h y fallamos la prueba a 67 km/h, por lo que bajamos la precarga en la suspensión del eje trasero otros 4 clics adicionales (6 en total desde el set-up inicial) y con esto conseguimos subir la velocidad de entrada a la prueba hasta los 69 km/h.

Análisis de Datos

El vehículo utilizado para la prueba llevaba instalados unos sensores que permitían medir el ángulo de dirección aplicado en cada prueba, al igual que la reacción de cada amortiguador, para luego recoger los datos y poder analizarlos y llegar a una conclusión de lo que ocurre en cada momento.

Con los sensores que lleva instalados el coche en los 4 amortiguadores y el sensor de posición de la dirección. En la siguiente imagen podemos observar el cableado del coche con la PDM que recoge los datos, que luego descargaremos en el ordenador con el objetivo de analizarlos mediante el uso del software Race Studio 3 de AIM.



Ilustración Montaje de sensores

Los sensores funcionan mediante el uso de unos potenciómetros, los cuales varían su señal (enviada en mV) según la cantidad de ángulo en la dirección, altura de la suspensión o fuerza lateral o longitudinal percibida.



Ilustración Sensor de amortiguador

La información obtenida por los diferentes sensores es tratada posteriormente mediante el programa Race Studio 3, con el cual podemos estudiar los datos obtenidos, al igual que utilizando una tabla de equivalencias proporcionada, que nos indica cuántos mm/mV de movimiento encontramos en la suspensión, al igual que los grados de giro de volante/mV.

	SUSPENSIÓN EN REPOSO				SUSPENSION EXTENDIDA			Factores de conversión	
FL	530mm	3428	mvolt		580mm	4624	mvolt	23,92	mvolt/mm
FR	530mm	3264	mvolt		580mm	4516	mvolt	25,04	mvolt/mm
RL	530mm	3774	mvolt		560mm	4628	mvolt	28,47	mvolt/mm
RR	530mm	3772	mvolt		565mm	4628	mvolt	24,46	mvolt/mm
	Dirección				Ratio de dirección				
Tope izquierdo	4552	mvolt	29,04	grados	59,09	mvolt/grado			
Tope derecho	1120	mvolt	-29,04	grados					
Punto medio	2836	mvolt							

Ilustración Tabla de equivalencias

Volviendo a la explicación del software Race Studio 3, mediante el uso de gráficas, además de traducir las señales enviadas por los sensores en mV a grados o mm, podemos observar que es lo que ocurre en cada amortiguador del coche en cada momento y llegar a posibles conclusiones sobre cuánto sobreviraje o subviraje sucede y cuándo, cuánta deriva tenemos y cuándo sucede esta, y proponer mejoras de set-up para que el coche sea capaz de realizar el test de esquiwa a mayor velocidad.

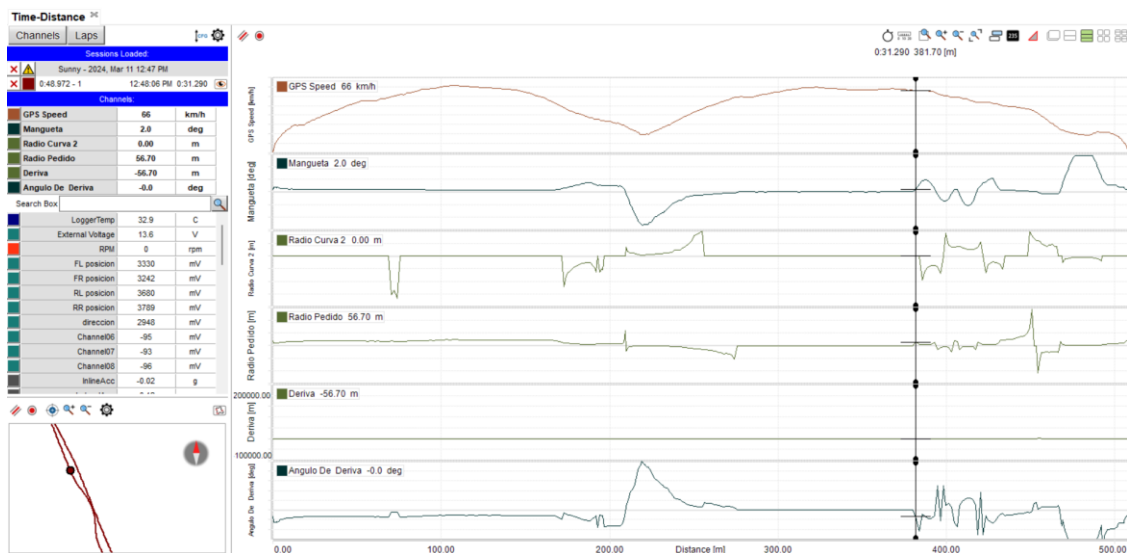


Ilustración Gráfica RS3

A fin de explicar el uso del software y la configuración de gráficas que utilizaremos para analizar la telemetría obtenida, utilizaremos la sesión de las 12:47, dado que no todas las sesiones grabaron información relevante del GPS.

Los canales con información relevante obtenida por los sensores instalados en el vehículo serán los 4 sensores colocados en cada amortiguador, el sensor de giro colocado en la columna de dirección, el propio GPS de la PDM, el cual nos da información sobre la aceleración lateral del vehículo, y un canal matemático creado con la aceleración lateral del GPS y la velocidad obtenida por el mismo, el cual nos indica el radio de la curva realizada por el vehículo.

Además de esto, hemos tenido que calcular varios canales matemáticos para obtener:

Radio de curva:

Features Name: Radio Curva 2 Function: Distance Units of Measure: m Decimal Figures: 2 Frequency [Hz]: 10 Comment: Alarms: Max <input type="checkbox"/> Min <input type="checkbox"/>	Value = (Value x A) + B A = 1 B = 0 Filter: Level: 0 - No Filter
Source: <code>IF((-0.15>"GPS LatAcc" OR "GPS LatAcc">0.15), ("GPS Speed"/3.6)*2)/("GPS LatAcc"</code>	
Plotting Scale: Shown in Time-Distance <input type="radio"/> Automatically Scaled <input checked="" type="radio"/> Custom Scaled Min: -200 Max: 100 Step [m] <input checked="" type="checkbox"/> 50	
Coloring Scale: Channel Not Used for Coloring	

Ilustración Canal Matemático Radio Curva 2

Como podemos ver, le hemos añadido un IF con un OR para que no nos diese valores muy altos y así “limpiar” la gráfica ya que en la recta daba valores extremadamente altos y que no nos interesaban.

Por otra parte, queríamos sacar el radio de giro pedido, pero para ello, necesitábamos sacar primero el ángulo de mangueta, que lo obtenemos con el siguiente canal matemático:

Features Name: Mangueta Function: Steering Angle Units of Measure: deg Decimal Figures: 1 Frequency [Hz]: 10 Comment: Alarms: Max <input type="checkbox"/> Min <input type="checkbox"/>	Value = (Value x A) + B A = 1 B = 0 Filter: Level: 0 - No Filter
Source: <code>("direccion"-2836)/59.09</code>	
Plotting Scale: Shown in Time-Distance <input type="radio"/> Automatically Scaled <input checked="" type="radio"/> Custom Scaled Min: -30 Max: 30 Step [deg] <input checked="" type="checkbox"/> 10	
Coloring Scale: Channel Not Used for Coloring	

Ilustración Canal Matemático Mangueta

Una vez conseguido el ángulo de la mangueta, nos creamos un canal para el radio pedido:

Features Name: Radio Pedido Function: Distance Units of Measure: m Decimal Figures: 2 Frequency [Hz]: 10 Comment:	Value = (Value x A) + B A = 1 B = 0	Filter Level: 0 - No Filter
Alarms Max <input type="checkbox"/> Min <input type="checkbox"/>	Source IF(("Mangueta"> 0.2 OR "Mangueta"< -0.2), 2.43/(TAN("Mangueta")), 0) Plotting Scale Shown in Time-Distance <input type="radio"/> Automatically Scaled <input checked="" type="radio"/> Custom Scaled Min: -600 Max: 600 Step [m] <input checked="" type="checkbox"/> 200 Coloring Scale Channel Not Used for Coloring	

Ilustración Canal Matemático Radio Pedido

De nuevo, le añadimos un IF con un OR para “limpiar” la gráfica de valores muy altos debido a la arcotangente.

Por último, añadimos un canal matemático para calcular la deriva, aunque esta debería ser calculada en grados, haciendo la $\text{Atan}(\text{Batalla/deriva en m})$ al insertar esa fórmula en Race Studio 3, solo genera valores pico de 0,1 y -0,1 por lo que decidimos quedarnos con la deriva en metros y como más adelante mostramos, calculamos la deriva de forma manual.

Features Name: <input type="text" value="Deriva"/> Function: <input type="button" value="Distance"/> Units of Measure: <input type="text" value="m"/> Decimal Figures: <input type="text" value="2"/> Frequency [Hz]: <input type="text" value="10"/> Comment: <div></div>		Value = (Value x A) + B A = <input type="text" value="1"/> B = <input type="text" value="0"/>	Filter Level: <input type="text" value="0 - No Filter"/>
Alarms Max <input type="checkbox"/> Min <input type="checkbox"/>		Source ("Radio Curva 2"- "Radio Pedido")	
		Plotting Scale Shown in Time-Distance <input type="radio"/> Automatically Scaled <input checked="" type="radio"/> Custom Scaled Min <input type="text" value="-500"/> Max <input type="text" value="500"/> Step [m] <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text" value="100"/>	Coloring Scale Channel Not Used for Coloring

Ilustración Canal Matemático Deriva

Haciendo un análisis preliminar de la telemetría, podemos observar en la gráfica referente al sensor de giro del volante que, cuando el volante gira a la izquierda, el voltaje señalado por la gráfica aumenta a valores > 2836 mV, mientras que cuando el volante gira a la derecha, el voltaje señalado por la gráfica disminuye a valores < 2836 mV. En este ejemplo vemos como comienza a girar a la izquierda en el mapa y los valores de la dirección van a 3402mV.

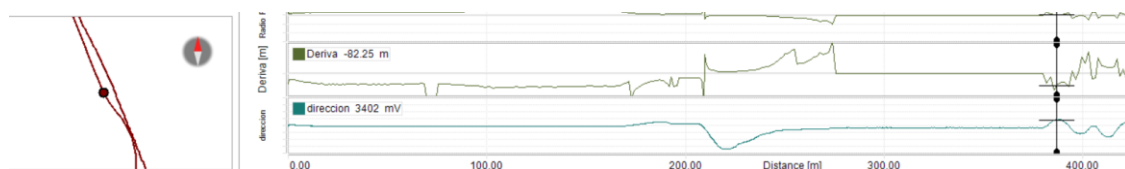


Ilustración Gráficas RS3 Dirección

Así mismo, podemos observar como los sensores colocados en las suspensiones nos dan voltajes similares para los que estén en el mismo lado de la carrocería, y análogos a su homólogo del lado contrario del mismo eje. Esto último tiene sentido, puesto que, al trazar una curva, debido a la inclinación de la carrocería producida por el traspaso de pesos, cuando los amortiguadores del lado derecho de la suspensión se encuentran en compresión, los del lado izquierdo deberán encontrarse en extensión, y viceversa.

En esta imagen mostramos las gráficas de compresión y extensión de cada amortiguador en el mismo punto que en la anterior, para ver como se comprime el lado derecho tanto delante como detrás y se extiende en el opuesto como hemos mencionado anteriormente.

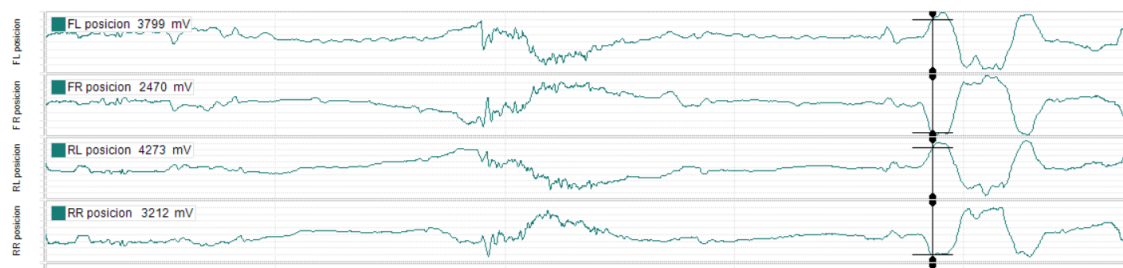


Ilustración Gráficas RS3 Amortiguadores

La gráfica de las 12:47 se nos queda de la siguiente forma después de aplicar las fórmulas para calcular el ángulo de la mangueta y los Radios pedidos y dados (en nuestro caso al radio dado nos referimos como Radio de curva 2).

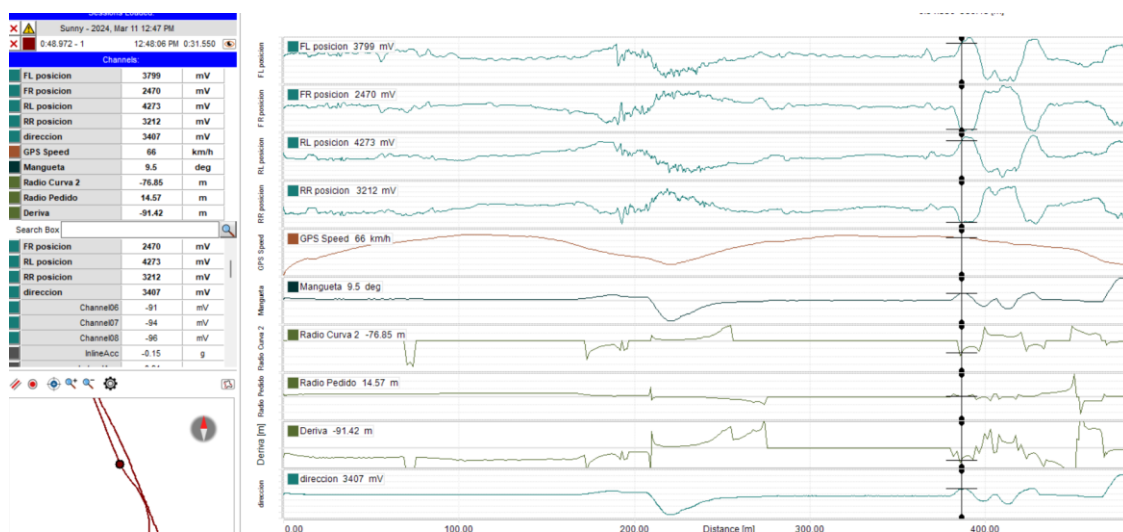


Ilustración Gráficas RS3

Como podemos observar, entremos a la curva a 67 km/h inmediatamente perdemos velocidad, en este punto vamos a 68 km/h y al comenzar la cruva, podemos ver que el coche comienza a subvirar cuando giramos a la izquierda, puesto que el radio solicitado es mayor que el radio de la curva, y podemos ver más adelante que por este subviraje, se induce un sobreviraje, que nos hace corregir girando al lado apuesto (derecha) acto seguido, derrapa al otro lado y se vuelve a corregir dirección. También podemos ver esto por la compresión y extensión de los amortiguadores. Como va cambiando el lado que se comprime debido a la transferencia de masas cuando se induce el sobreviraje.

En cuanto al cálculo de la deriva, hemos intentado generar una curva con la deriva, pero al intentar obtener la deriva en grados, no hemos conseguido que la curva salga algo lógico, como bien hemos mencionado anteriormente, por lo que hemos decidido desarrollar una tabla de Excel con valores que hemos tomado en las distintas fases de la esquiwa y hemos hecho un cálculo de la deriva en ángulos.

Batalla		Deriva en Metros	Deriva en ángulos
2,43 m		-8,34	-16,24437496
		-29,11	-4,77178608
		-72,92	-1,908629191
		-56,97	-2,442415311
		11,23	12,2096898
		13,69	10,06527079
	Fin de la curva a izq	90,62	1,536033849
		-58,17	-2,392089404
		-80,41	-1,730958632
	Enderezado	86,67	1,606002989
		103,21	1,348735844
		128,73	1,081427877
		108,03	1,288579742
		-31,81	-4,368401791
		77,95	1,785550601
	Giro Derecha	48,91	2,844292695
		41,56	3,346256214
		40,28	3,452338818
		63,05	2,207135114
		32,82	4,234465648
		21,06	6,581944655
		-76,71	-1,814394488
	Tramo recto final	-44,9	-3,09784073
		-31,71	-4,382124317
		-43,48	-3,198805373
		-105,25	-1,322603453
		-95,81	-1,452864023

Ilustración Excel Ángulos de deriva

Podemos observar como en el primer tramo de la esquiwa, el coche cambia el signo de la deriva debido a que empieza a sobrevirar y se corrige en la primera zona recta de la prueba. Acto seguido cuando gira a la derecha vemos que hay una menor deriva y sale de la curva con relativamente poca deriva, de tal forma que se controlan mejor las inercias.

También hemos calculado la extensión y compresión de los amortiguadores en los puntos más altos durante la prueba de esquiwa, obteniendo estos datos:

Compresión/extensión FL	Compresión ExtensiónFR	Compresión Extensión RL	Compresión Extensión RR
23,16053512	-31,38977636	22,55005269	-22,48569092
-36,20401338	19,76837061	-27,78363189	29,43581357
-24,62374582	20,40734824	-26,44889357	20,48242028
-38,04347826	28,79392971	-36,88092729	30,17170891
-35,49331104	26,51757188	-26,90551458	32,66557645
20,90301003	-33,10702875	25,46540218	-22,44480785

Ilustración Excel Medidas de compresión y extnesión

Como podemos observar, en el eje trasero apenas se comprime la suspensión por lo que el setup sigue siendo muy duro y en el eje delantero tenemos mucha compresión y una extensión mucho menor.

Simulación de Maniobra

Obtención de las coordenadas de los puntos geométricos de la suspensión

Para la simulación de la maniobra de esquiwa hemos usado varios programas, empezando por SolidWorks, seguido de Excel y, por último, Altair MotionView.

Primero teníamos que ubicar todos los puntos geométricos de la suspensión del coche. Para ellos a partir de los bocetos que nos entregaron, hemos diseñado un croquis en SolidWorks con todos los puntos geométricos de la suspensión. Además, debimos tener en cuenta la posición del origen de coordenadas en Altair MotionView y la dirección de los ejes en el mismo programa, para así facilitarnos el trabajo de traslado de coordenada de un programa a otro. Así mismo, teniendo en cuenta el modelo de vehículo que íbamos a utilizar en MotionView, para la suspensión del eje trasero, obtuvimos el punto medio (*LBJ en MotionView*) del brazo de suspensión, debido a que utilizar un brazo de suspensión con 2 puntos en vez de 1 complica mucho la posterior simulación en MotionView.

El croquis de los puntos geométricos de la suspensión fue realizado manualmente para el lado del piloto, y mediante una operación de simetría creamos el lado del copiloto.

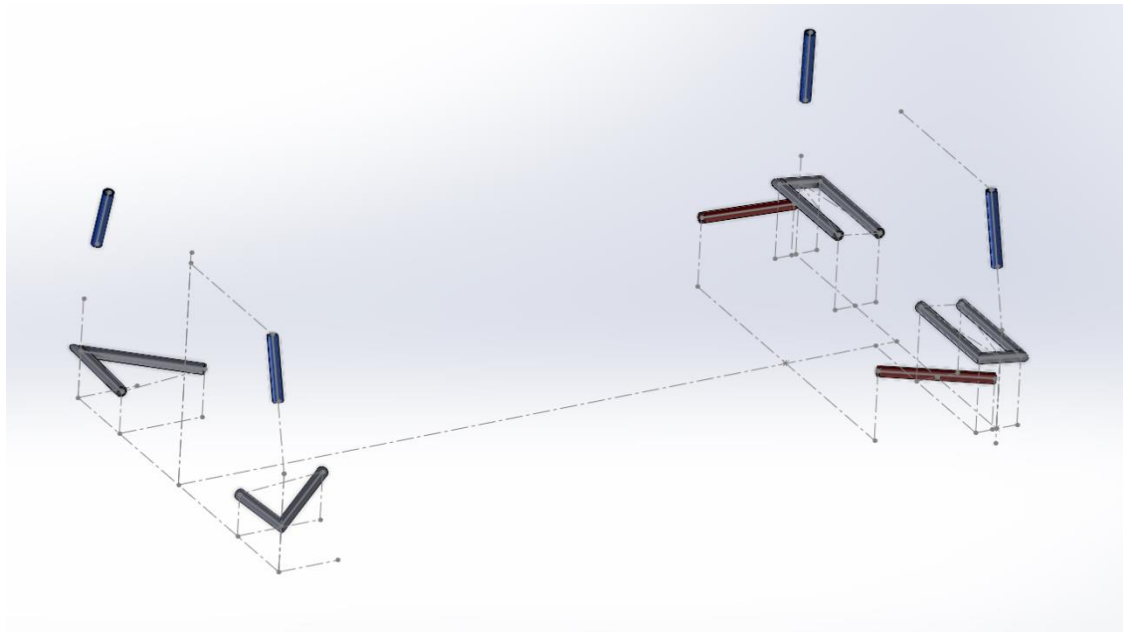


Ilustración Esquema de suspensiones Nissan Sunny

Entrando en detalle, la parte que tenemos a la izquierda de la imagen es la suspensión delantera y la parte de la derecha es la suspensión trasera. Lo primero fue seleccionar el eje de coordenadas como la parte interior inferior de nuestro neumático delantero izquierdo (en contacto con el suelo), así mismo, colocamos los ejes de coordenadas en la misma orientación que los que se utilizan en Altair MotionView.

Para identificar los diferentes elementos de la suspensión, les hemos dado una apariencia y un color identificativo. Las barras grises son los brazos de suspensión, las barras azules los amortiguadores, y las barras rojas son los elementos reguladores de la convergencia trasera.

Una vez obtenidos todos los puntos de la suspensión, teníamos que pasarlos al software MotionView, pero se presentó otro problema. Si bien la orientación de los ejes de coordenadas era correcta, el origen de coordenadas de MotionView no era el mismo que el presente en SolidWorks, estaba desplazado, por lo que creamos una hoja de Excel para convertir los puntos del SolidWorks a los puntos que usaríamos en MotionView para la simulación.

Solidworks					Altair MotionView			
Origen de Coordenadas	x	y	z		Largo		Ancho	Alto
	0	0	0		x	y	z	
Wheel center	0	-37,5	327	Suspensión delantera	Wheel center	1000	-722,5	1013,5
LBJ	0	0	154		LBJ	1000	-685	840,5
OTRB	160	-37,5	327		OTRB	1160	-722,5	1013,5
LCA CG	140	257,5	149		LCA CG	1140	-427,5	835,5
LCA fmt bushing	0	257,5	139		LCA fmt bushing	1000	-427,5	825,5
LCA rear bushing	280	257,5	159		LCA rear bushing	1280	-427,5	845,5
Strut rod upr	0	115	735		Strut rod upr	1000	-570	1421,5
Strut tube lwr	0	59,4	537,68		Strut tube lwr	1000	-625,6	1224,18
Spring upr	0	115	735		Spring upr	1000	-570	1421,5
Spring lwr	0	59,4	537,68		Spring lwr	1000	-625,6	1224,18
Front Sway bar	50	161,5	144		Front Sway bar	1050	-523,5	830,5
LBJ	2430	0	238		LBJ	3430	-685	924,5
Toelink CG	2236,26	37,5	199,5		Toelink CG	3236,26	-647,5	886
Outer toelink bush	2415	0	170		Outer toelink bush	3415	-685	856,5
Inner toelink bush	2057,52	75	229		Inner toelink bush	3057,52	-610	915,5
Outer toelink bush ax	2415	0	170	Suspensión trasera	Outer toelink bush ax	3415	-685	856,5
Inner toelink bush ax	2057,52	75	229		Inner toelink bush ax	3057,52	-610	915,5
LCA CG	2430	370	238		LCA CG	3430	-315	924,5
LCA fmt bushing	2360	370	248		LCA fmt bushing	3360	-315	934,5
LCA rear bushing	2500	370	228		LCA rear bushing	3500	-315	914,5
Strut rod upr	2397	60	770		Strut rod upr	3397	-625	1456,5
Strut tube lwr	2417,52	32,7	528		Strut tube lwr	3417,52	-652,3	1214,5
Spring upr	2397	60	770		Spring upr	3397	-625	1456,5
Spring lwr	2417,52	32,7	528		Spring lwr	3417,52	-652,3	1214,5
Wheel center	2430	-30	327		Wheel center	3430	-715	1013,5

Ilustración Tabla Excel traslado de coordenadas entre softwares

En esta hoja de Excel relacionamos la posición del origen de coordenadas en cada software e introducimos las coordenadas obtenidas en SolidWorks, de forma que automáticamente se nos “tradujeran” a coordenadas útiles para MotionView.

Sin embargo, nos encontramos ante otra casuística, en los bocetos que se nos entregaron, no venía información referente a las barras estabilizadoras, y el Nissan Sunny utilizado para el test de esquiwa cuenta con una barra estabilizadora por eje. La solución que encontramos fue, mediante las posiciones conocidas de los brazos de suspensión y fotografías de los mismos, haciendo uso otra vez de SolidWorks, fuimos capaces de conocer las coordenadas de las barras estabilizadoras.

A la hora de calcular la barra estabilizadora delantera, debido a que en el brazo de suspensión del Nissan Sunny la barra estabilizadora se atornilla en dos puntos, y el modelo de MotionView solo tiene un punto de enlace, obtuvimos la posición del centro de estos dos puntos y calculamos la distancia de este centro al enganche frontal del brazo de suspensión delantero.

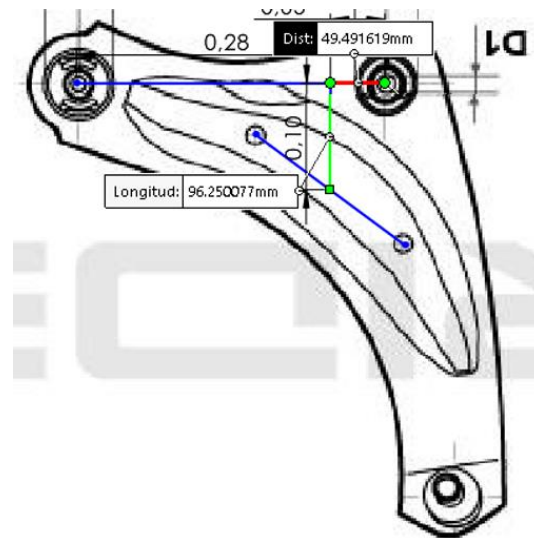


Ilustración Cálculo de posición de sway bar delantera

A la hora de obtener la posición de la barra estabilizadora trasera, no pudimos encontrar ninguna imagen de la que tomar referencias, por lo que la asumimos que estaría atornillada en el brazo de suspensión posterior, dado que el toe link está atornillado a la mangueta en su parte inferior, y los otros enganches posibles en la mangueta están reservados para los brazos de suspensión en su parte lateral y el amortiguador en su parte superior.

Obtención de valores ideales de la suspensión

Conocidas las coordenadas de todos los puntos geométricos del vehículo utilizado, para la simulación del test de esquiwa, seguíamos necesitando conocer los valores ideales requeridos para la suspensión. Para la obtención de estos, nos referimos al archivo Excel que hemos ido rellenando a lo largo del curso, donde pudimos encontrar los valores que necesitábamos sobre la suspensión.

Datos de entrada				Resultados amortiguación ideal	
Masa suspendida		$k_{st} = m_s \cdot (2\pi Wn_s)^2$	Kst delantero	34207,5764	N/m
Peso por rueda, eje delantero (ms.del)	281,325 kg		Kst trasero	34553,1075	N/m
Peso por rueda, eje trasero (ms.tra)	230,175 kg				
Masa no suspendida		$K_s = \frac{k_{st} + k_{tr}}{k_t - k_{st}}$	Ks delantero	39,2777528	N/mm
Peso por rueda delantera	36,3 kg		Ks trasero	39,7339855	N/mm
Peso por rueda trasera	29,7 kg				
Rigidez radial del neumático (Kt)	265 N/mm	$c_{s comp} = \frac{2 \cdot \sqrt{k_{st} \cdot m_s}}{MR^2}$	cs crítica delantera compresión	7659,67413	N*s/m
MR delantero	0,9		cs crítica delantera extensión	8206,03546	N*s/m
MR trasero	0,7	$c_{s ext} = \frac{2 \cdot \sqrt{(k_{st} + k_{tr}) \cdot m_s}}{MR^2}$	cs crítica trasera compresión	11510,8275	N*s/m
Frecuencia deseada delante (Wns.del)	1,755 Hz		cs crítica trasera extensión	12279,2711	N*s/m
Frecuencia deseada atrás (Wns.tra)	1,95 Hz				
Sigmas deseados		$K_{s real} = \frac{k_s}{MR^2}$	Ks delantero real	48,4911	N/mm
Compresión lenta	0,7 N*s/mm		Ks trasero real	81,0898	N/mm
Compresión rápida	0,4 N*s/mm				
Extensión lenta	0,7 N*s/mm		Barra estabilizadora		
Extensión rápida	0,4 N*s/mm		Delantera	50,6252652	N/mm*rad
			Trasera	82,9102316	N/mm*rad

Ilustración Excel cálculo de valores de suspensión ideales

Introduciendo los datos referentes al Nissan Sunny usado en el test de esquiwa, definiendo una frecuencia deseada en el eje trasero (*inferior a 2Hz al no tener cargas aerodinámicas*), y con ello la frecuencia deseada en el eje delantero, al igual que los sigmas deseados (*en este caso, los típicos para un coche deportivo de calle*), junto con los Motion Ratio deseados, podemos obtener la dureza ideal para los muelles que introduciremos en el programa MotionView.

Estos valores son, para el eje delantero, **48.50N/mm**, y para el eje trasero, **81N/mm**.

A la hora de definir los valores de la suspensión en el software MotionView, también tenemos que implementar la curva que nos indica el comportamiento de la suspensión, al ser esta progresiva, curva la cual nos fue proporcionada y tiene los siguientes valores:

{-119,-92.9,-68.3,-41.6,-15.7,0,17.6,45.2,70.7,96.1,121.1}	## Eje X, Velocidad en mm/s ##
{-800.5,-729.86,-665.12,-580.75,-481.67,0,28.449,134.397,333.54,616.068,926.064}	## Eje Y, Fuerza en N ##

Como en el caso de este vehículo tenemos una barra estabilizadora por eje, deberemos también calcular los valores de rigidez de estas. Esto lo hacemos mediante el uso de la fórmula:

$$K_{\phi} = \frac{1}{2} * K_{S_{eje}} * Ancho\ de\ vía_{eje}^2\ (N/mm*rad)$$

Lo que, para el eje delantero, nos da un valor de aproximadamente **50 N/mm*rad** y para el eje trasero un valor aproximado de **83 N/mm*rad**.

Diseño del modelo en Altair MotionView

Una vez obtenidos todos los datos que necesitábamos, procedimos a crear el modelo del Nissan Sunny en el software MotionView. Los ajustes iniciales para la primera simulación se harán con los valores ideales de suspensión obtenidos en Excel, para ver el resultado, y más adelante compararlo con el ajuste de set-up hecho tras analizar la telemetría desde Race Studio 3.

Comenzamos creamos una nueva sesión de MotionView desde HyperWorks, una vez creada, procedimos a dirigirnos al menú *Assembly > Wizards*, y configuramos el modelo completo del vehículo deseado, siendo este un “*Full vehicle with driver*”, FWD, con suspensión McPherson delantera y trasera, “*2-piece stabar with links*” y “*strut (deformable)*” en ambos ejes, añadiendo además las fuerzas aerodinámicas, para poder visualizarlas.

Una vez generamos el modelo, procedimos a ocultar los elementos “Body”, “Rackpin steering”, “Linear Torque Map Powertrain” y “Auto Tires”, para permitirnos visualizar el modelo de la suspensión, elemento el cual queremos modificar para realizar la simulación del test de esqui.

Una vez introducidas las coordenadas de los puntos geométricos de la suspensión, obtuvimos la siguiente geometría de suspensión:

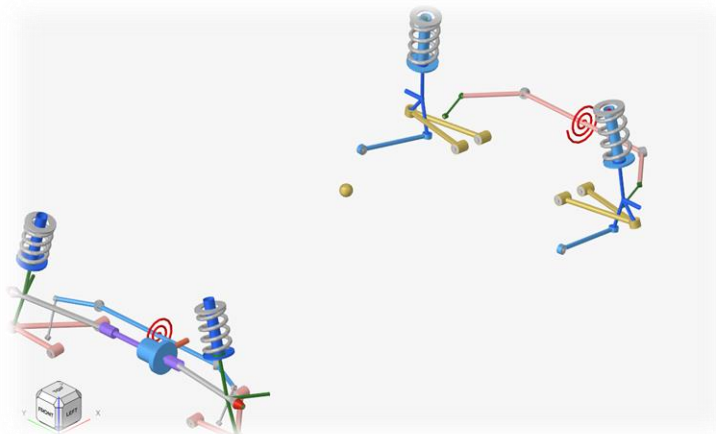


Ilustración Geometría de suspensión obtenida en MotionView

Una vez obtenida la geometría de la suspensión, procedemos a añadir las curvas características a la amortiguación de la suspensión que se nos proporcionaron, para esto, deberemos dirigirnos ahora al menú *Model > Splines > Splines 2D*, y añadir la curva:

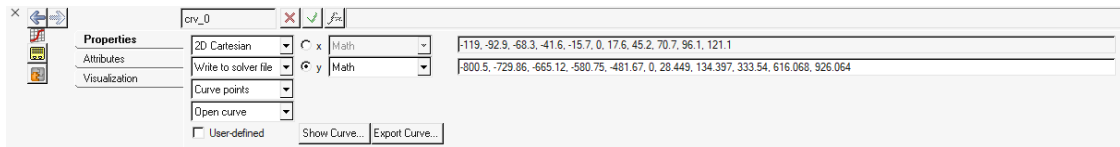
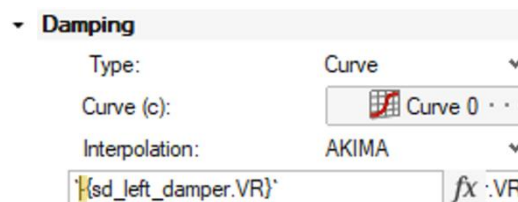


Ilustración Curva de amortiguación de la suspensión

Introducida la curva a la sesión de MotionSolve, procederemos a añadirla a la suspensión. Deberemos dirigirnos a *Frnt/Rear macpherson susp > Spring Dampers > Strut damper - left/right*, al hacer click sobre este, se nos abrirá un menú a la derecha de la pantalla, donde deberemos cambiar el tipo de *Damping* de Lineal a Curve y finalmente añadir nuestra curva. Una vez hecho esto, deberemos dirigirnos en el mismo apartado a “Independent variable” y eliminar el signo menos que ahí encontramos:



Así mismo, en el mismo menú, procederemos a introducir la dureza ideal obtenida previamente (**48.50N/mm** delante y **81N/mm** atrás).



Delantera

Trasera

Una vez realizado estos cambios, deberemos repetirlo en los 4 amortiguadores del vehículo.

Ahora deberemos dirigirnos a *Frnt/Rear macpherson susp > Frnt/Rear 2-piece stabar with links > Spring dampers > Stabilizer torsion stiffness*, donde ajustaremos la rigidez de las barras estabilizadoras del modelo. En nuestro caso, pondremos un valor de **50N/mm*rad** en la estabilizadora delantera, y un valor de **83N/mm*rad** en la estabilizadora trasera, en el apartado *Stiffness*, tal y como hicimos con la rigidez de la suspensión.

También deberemos modificar el valor del agarre lateral del neumático a 1 para facilitar la simulación. Esto lo haremos desde *Auto Tires > Auto Tires > Tire – Front/Rear*, y en el menú inferior *Property Files > Edit File*.

```

$-----lateral
[LATERAL_COEFFICIENTS]
PCY1      = 1.3332      $Shape factor Cfy for lateral forces
PDY1      = 0.8784      $Lateral friction Muy
PDY2      = -0.06445    $Variation of friction Muy with load
PDY3      = 0           $Variation of friction Muy with squared camber
PEY1      = -0.8227     $Lateral curvature Efy at Fznom
PEY2      = -0.6062     $Variation of curvature Efy with load
  
```

Una vez abramos el documento, buscaremos PDY1, y modificaremos su valor a 1.

Simulación del test de esquiwa en Altair MotionView

Habiendo introducido los valores de la suspensión en MotionView, podemos crear el test de esquiwa en el software. Para ello, nos dirigiremos al menú *Vehicle tools > Events*, y seleccionaremos en “Type” *Double lane change*. Una vez creado nuestro evento, haremos click derecho sobre él y pulsaremos sobre “Edit Event”, donde introduciremos tanto las distancias de las secciones requeridas por la prueba ISO 3888-2, cambiando primero “Units” de *model* a *m*, “Turn direction” de *Right* a *Left*. Además, modificaremos “Units” en “Velocity” a *km/h*, e introduciremos la velocidad a la que queremos que comience la maniobra de esquiwa. Así mismo, en la pestaña *Driver > Signal Settings*, eliminaremos los valores para *Throttle* y *Brake*.

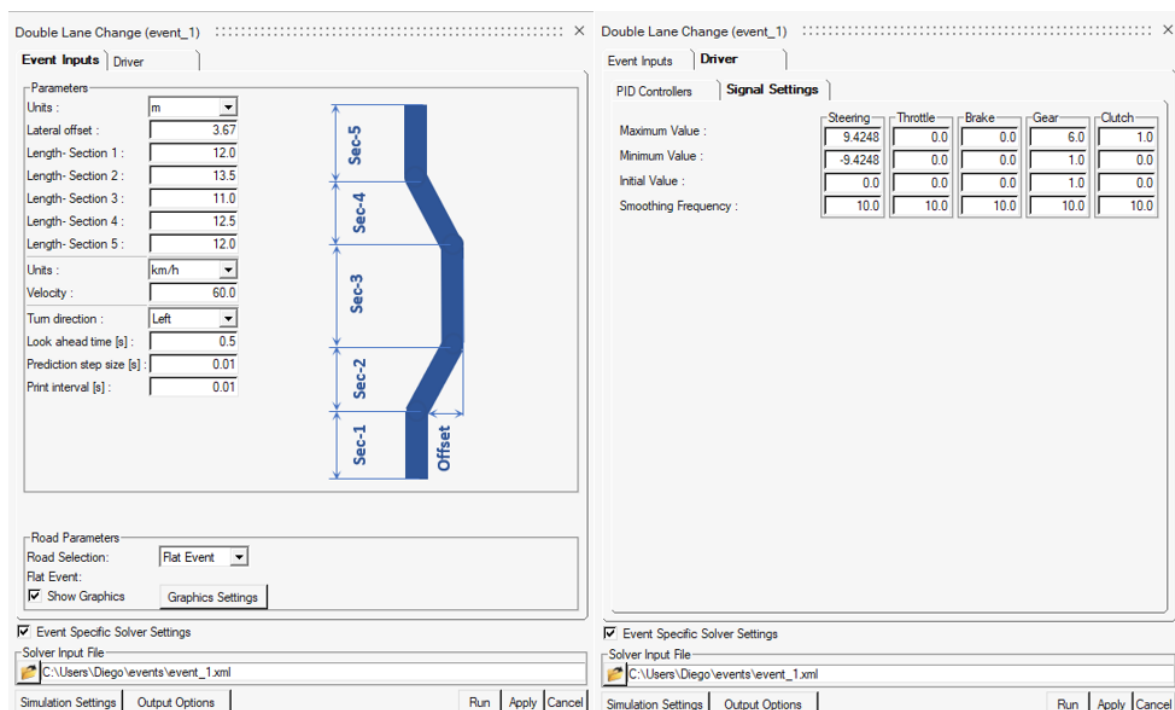


Ilustración Configuración de la simulación

Habiendo realizado todos los cambios, pulsaremos primero sobre el botón “Apply”, y después sobre el botón “Run”, para ejecutar la simulación.

Análisis telemetría de la simulación

Una vez conseguimos una simulación exitosa, deberemos crear una segunda ventana donde podremos mostrar los gráficos para analizar la telemetría obtenida de la simulación. Después, definimos los ejes de la gráfica que queremos visualizar.

Utilizaremos el archivo “.abf” para obtener los datos de la telemetría, dejamos el eje X en *Time* y modificamos el eje Y a *Expresions*, donde podremos seleccionar el dato que queramos visualizar. Para visualizar la telemetría referente a la **deriva**, seleccionaremos las expresiones *Front Side Slip Angle* y *Rear Side Slip Angle*.

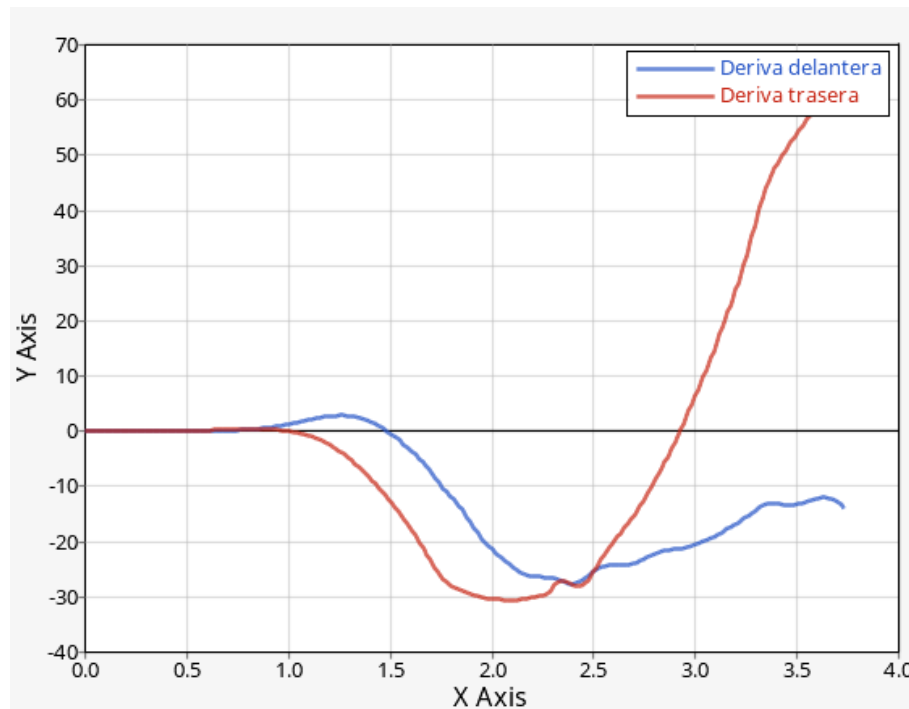


Ilustración Configuración de la simulación con set-up ideal

- **Set-up de suspensión ideal:** Cuando simulamos el test de esquivas con el set-up ideal obtenido mediante Excel, obtuvimos una velocidad máxima de 62km/h. En la gráfica referente a las derivadas en los ejes, podemos observar cómo, al inicio del test, el eje delantero sufre un poco de subviraje, como pudimos comprobar en el test de esquivas real, aunque es más importante el alto grado de sobreviraje que sufren ambos ejes a lo largo de toda la prueba.

Analizando los resultados obtenidos, llegamos a la conclusión, al igual que con la telemetría analizada en el test de esquivas real, de que necesitamos endurecer la barra estabilizadora delantera, al igual que ablandar la estabilizadora trasera, de forma que solventemos el sobreviraje.

Además, deberemos aumentar la rigidez de los amortiguadores delanteros y reducir la de los traseros.

- **Cambio de set-up:** Analizando la simulación anterior, cambiamos la rigidez de los **amortiguadores delanteros** de 41.5N/mm a **50N/mm** y la de los **amortiguadores traseros** de 81N/mm a **70N/mm**. Además, aumentamos la rigidez de la **barra estabilizadora delantera** de 50 N/mm*rad a **60 N/mm*rad** y redujimos la de la **barra estabilizadora trasera** de 83 N/mm*rad a **75 N/mm*rad**.

No podemos demostrar los efectos de los cambios realizados al set-up, debido a que MotionView nos mostraba la misma gráfica de los datos una y otra vez aunque borrásemos todos los archivos generados por la simulación, para generar unos nuevos, sin embargo, la simulación resultó ser **exitosa hasta 65km/h**, velocidad a partir de la cual el vehículo sobreviraba excesivamente al realizar el giro a derechas y terminaba por salirse del trazado antes de llegar al final del test.

CONCLUSIONES SOBRE EL TEST DE MANIOBRA REAL Y SIMULADO

Test real

Hablando primero sobre el vehículo real, como hemos podido comprobar tanto en la prueba real como en la simulada, el vehículo sufre de sobreviraje, por lo que, además de cambiar los muelles, al tener una relación de frecuencias invertida y, además, fuera del rango óptimo de frecuencias para el vehículo, deberemos, endurecer la rigidez tanto de los amortiguadores como de la barra estabilizadora del eje delantero y reducir la rigidez en los mismos componentes del eje trasero.

Así mismo, también sería conveniente disminuir la dureza de la compresión de los amortiguadores traseros y reducir la altura del vehículo en el eje trasero, a fin de intentar reducir la transferencia de peso entre ruedas del eje trasero y, por tanto, el sobreviraje que podemos ver en las maniobras realizadas.

Test simulado

En el caso del vehículo simulado, primero de todo, a la hora de generar el modelo del vehículo, sería conveniente cambiar la geometría de suspensión utilizada, sustituyendo la del eje trasero por la geometría real multi-link, en vez de la McPherson, lo que nos permitiría colocar el toe-link en la posición correcta, corrigiendo los problemas generados en el eje trasero en la simulación por la convergencia. Estos problemas causados por una convergencia incorrecta en el eje trasero, podían llegar a crear vibraciones en las ruedas a partir de ciertas velocidades, generando resultados inexactos en la simulación de esquiwa.

Sería beneficioso también conseguir hacer uso de las dimensiones correctas de neumático, debido a que el vehículo real cuenta con unos neumáticos 185/65HR14, y el vehículo simulado con unos neumáticos 205/60R15. Tanto el cambio en la estructura del neumático y el ancho como, sobre todo, el cambio en el diámetro, hacen que las medidas tomadas del vehículo real, traspasadas al modelo simulado no sean del todo exactas, al igual que hacen que el agarre del neumático difiera respecto al real, por lo que los ajustes de set-up realizados en la simulación no tienen por qué correlacionarse con una mejora si son aplicados al vehículo real.

En cuanto a los cambios de set-up realizados en las simulaciones, no pudimos probar el set-up real del vehículo, al no conocer la rigidez exacta ni de los amortiguadores ni de las barras estabilizadoras, sin embargo, al tener una frecuencia incorrecta en los muelles, podemos asumir que obtendríamos un resultado peor que con los dos set-ups probados, debido a la inestabilidad que generarán estos muelles en la conducción del vehículo.

El primer set-up, aun siendo el set-up “ideal” para el vehículo en líneas generales, fue descartado debido a los altos problemas de sobreviraje inducido que sufría el vehículo, debido a la falta de carga en el eje trasero en el cambio de dirección. Este problema se alivió con un segundo cambio de set-up, el cual, a pesar de no ser ideal para el uso normal del vehículo, si favorecía sus características en el test de maniobra, como hemos podido comprobar, al obtener una velocidad máxima superior a la que obtuvimos con el set-up “ideal”.