

Universidad Internacional Del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Proyecto de Investigación para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico

Automotriz

Estudio de efectividad del sistema ABS en motocicletas L3 de hasta 400cc a

2800msnm

Marcelo Alejandro Romero Eguiguren

José Mateo Vázquez Valencia

Director: Ing. Gorky Reyes Campaña, MSC.

Quito, Julio 2016

Declaración

Nosotros, Marcelo Alejandro Romero Eguiguren y José Mateo Vázquez Valencia, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Internacional del Ecuador, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Marcelo Alejandro Romero Eguiguren



José Mateo Vázquez Valencia

Certificación

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Marcelo Alejandro Romero Eguiguren y José Mateo Vázquez Valencia bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gorky Reyes Campaña', written in a cursive style.

Ing. Gorky Reyes Campaña, MSC.

DIRECTOR DE PROYECTO

Agradecimiento

“Los sabios son más poderosos que los fuertes, y los que tienen conocimiento se hacen cada vez más fuertes. Así que, no vayas a la guerra sin consejo sabio; la victoria depende de que tengas muchos consejeros”

Proverbios 24:5-6

Agradezco a Dios en primer lugar por estar a mi lado y ayudarme en todo el transcurso de mi vida, para cumplir mis objetivos personales y profesionales, uno de ellos es la culminación exitosa de esta etapa de mi vida universitaria, realizada en esta prestigiosa universidad. Por otra parte también quiero agradecer a mis padres y hermanos, que han sido un soporte muy importante, ya que me han impulsado a siempre desarrollarme como persona íntegra en todos los aspectos de mi vida. A mi compañero de investigación, mi amigo Marcelo Romero, por siempre inducirme a buscar un nivel superior, por exigir y querer ver la mejor versión de mí. A ti Antonella, por ser una persona incondicional en esta etapa de mi vida. Al Ing. Gorky Reyes Campaña, MSC. Por ser un gran docente y referente en la culminación de este proyecto de investigación. Por último, mi sincero agradecimiento a los excelentes docentes de los cuales he aprendido tanto en experiencia como en conocimiento.

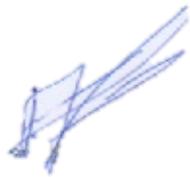


José Mateo Vázquez Valencia

Agradecimiento

Agradezco a todas las personas, empresas e instituciones que hicieron posible la realización de este proyecto. A mi querida Facultad de Ingeniería Mecánica que me incentivó a entrar en el apasionante mundo del automovilismo. A nuestro tutor y amigo Ing. Gorky Reyes quien puso a disposición su conocimiento, experiencia y voluntad en todo momento durante el desarrollo de este proyecto. A todos aquellos que sin esperar retribución contribuyeron dejando una vez más una muestra de camaradería, esperando algún día, hacer lo mismo por ustedes. A ti Carolina, porque me convenciste de seguir creyendo aun en momentos difíciles. Y a los filetes, porque en este gran grupo de amistad he podido encontrar soporte y lealtad.

Gracias.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping, fluid strokes that form a stylized name.

Marcelo Alejandro Romero Eguiguren

Dedicatoria

Quiero dedicar este arduo trabajo a Dios, por concederme su sabiduría y discernimiento, a papá, Eugenio Estuardo, por mostrarme el camino de la sabiduría que junto con mamá, Ivonne, han sabido educar y enseñar todos los valores y principios apoyándome en todas las decisiones personales a lo largo de mi vida. También a mis hermanos: Daniela Celina, gracias por el ejemplo de superación que representas para mí, Ricardo Martín, mi mejor amigo y compañero de vida, María Beatriz, la más mimada y consentida de la familia, con los que juntos hemos crecido y superado todos los obstáculos.



José Mateo Vázquez Valencia

Dedicatoria

Por lo que somos y por lo que soñamos ser, por lo que necesitamos y por lo que obtenemos, por los caminos y por los escogidos, por las posibilidades y por esta oportunidad; dedico esta tesis a Dios por escuchar siempre mis oraciones y mantenerme dentro de su plan perfecto.

A mis padres Marcelo y Elizabeth; quienes con incansable esfuerzo y paciencia siempre motivaron al cumplimiento de mis metas. Y a mi hermana, Elizabeth, quien siempre ha sido mi ejemplo inmediato y la muestra de que con constancia y dedicación todo es posible. Este trabajo es para ustedes, querida familia.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping, fluid strokes that form a stylized name.

Marcelo Alejandro Romero Eguiguren

INDICE

Declaración.....	i
Certificación.....	ii
Resumen.....	xvii
Abstract.....	xviii
Introducción.....	xix
CAPITULO I.....	1
1. Fundamentación Teórica.....	1
1.1 La motocicleta.....	1
1.2 Tipos de motocicletas.....	2
1.2.1 Deportivas o sport y super sport.....	2
1.2.2 Turismo.....	3
1.2.3 Naked o roadster.....	3
1.2.4 Personalizadas.....	3
1.2.5 Scooter.....	3
1.2.6 Todo terreno, motocross, trial o enduro.....	4
1.2.7 Doble propósito.....	4
1.2.8 Estándar o utilitarias.....	4
1.3 Clasificación de las motocicletas.....	4
1.4 Sistema de frenos.....	5
1.4.1 Generalidades del sistema.....	6
1.5 Principios de frenado.....	7
1.5.1 Principios de fricción.....	8
1.5.2 Efectos en el frenado.....	8
1.6 Elementos del sistema.....	10
1.6.1 Funcionamiento del freno.....	11
1.7 Tipos de frenos en motocicletas.....	11
1.7.1 Frenos de tambor.....	11
1.7.2 Frenos de disco.....	12

1.8	Seguridad activa y pasiva en motocicletas.....	13
1.8.1	Seguridad Activa.....	13
1.8.2	Seguridad Pasiva.....	14
1.9	Sistemas auxiliares y complementarios para el frenado en motocicleta.....	15
1.10	Sistema de frenos ABS.....	18
1.10.1	Antecedentes.....	18
1.10.2	Definición ABS.....	19
1.10.3	Beneficios del ABS.....	19
1.10.4	Componentes.....	20
1.10.4.1	Sensor de velocidad.....	20
1.10.4.2	Cinta dentada.....	21
1.10.4.3	Cuerpo de válvulas.....	21
1.10.4.4	Unidad de control.....	22
1.10.5	Funcionamiento ABS.....	22
1.11	Homologación de motocicletas.....	23
CAPITULO II.....		25
2.	Estudio de campo del parque automotor y selección de alternativas.....	25
2.1	Marcas presentes en el mercado.....	26
2.2	Modelos con inclusión de sistemas auxiliares de frenado.....	29
2.3	Selección y justificación de modelo de estudio.....	31
2.4	Selección de neumáticos.....	38
2.5	Selección de la calzada.....	40
CAPITULO III.....		41
3.	Normativas y regulaciones.....	41
3.1	NTE INEN 2558:2010.....	43
3.2	Regulación UNECE No. 78.....	44
3.2.1	Aplicación.....	45
3.2.2	Requisitos generales.....	45
3.2.3	Condiciones de prueba, procedimientos y requisitos de funcionamiento.....	45

3.2.3.1 Superficies de ensayo.....	45
3.2.3.2 Preparación del vehículo para las pruebas:.....	46
3.2.4 Proceso y pruebas.....	46
3.3 Regulación Técnica Global GTR No 3.....	47
3.3.1 Aplicación.....	47
3.3.2 Principio.....	48
3.3.3 Finalidad.....	48
3.3.4 Requisitos generales.....	48
3.3.5 Condiciones de prueba, procedimientos y requisitos funcionamientos.....	49
3.3.5.1 Superficies de ensayo.....	49
3.3.5.2 Preparación del vehículo para las pruebas.....	50
3.3.5.3 Condiciones de ensayo.....	50
3.3.6 Proceso y pruebas.....	51
3.3.6.1 Prueba de parada en seco (separados).....	51
3.3.6.2 Prueba parada en seco (simultaneo).....	51
3.3.6.3 Velocidad.....	52
3.3.6.4 ABS test.....	52
3.4 Estándar de seguridad federal para vehículos motorizados FMVSS 122 “Sistemas de freno de Motocicletas”.....	55
3.4.1 Aplicación y requisitos generales.....	56
3.4.2 Condiciones de prueba.....	57
3.4.2.1 Superficies de ensayo.....	57
3.4.2.2 Requisitos específicos.....	58
3.4.3 Pruebas de funcionamiento.....	58
3.4.3.1 Prueba de pre y post pulido.....	58
3.4.3.2 Prueba de desvanecimiento y recuperación.....	59
3.4.3.3 Prueba de falla parcial.....	59
3.4.3.4 Prueba de recuperación en mojado.....	59
3.4.3.5 Prueba de velocidad máxima.....	59
3.4.4 Pruebas de desempeño dinámico.....	59

3.4.4.1 Prueba de frenado en seco con un solo accionamiento.....	60
3.4.4.2 Prueba de frenado en seco con accionamiento simultáneo.....	60
3.4.4.3 Prueba de alta velocidad.....	60
3.4.4.4 Pruebas de ABS.....	60
3.4.4.5 Registro de deceleraciones continuas.....	61
3.4.5 Medición del desempeño dinámico de frenado de una motocicleta.....	61
3.5 Selección de normativa o regulación.....	62
CAPITULO IV.....	66
3. Procedimiento de pruebas de frenado para motocicletas equipadas con ABS.....	66
4.1 Condiciones del sitio de prueba.....	68
4.1.1 Superficie de prueba.....	69
4.1.1.1 Inclinación de superficie.....	70
4.1.2 Velocidad del viento.....	72
4.1.3 Temperatura ambiente.....	74
4.2 Preparación de la motocicleta.....	74
4.2.1 Neumáticos.....	75
4.2.1.1 Presión de neumáticos.....	75
4.2.2 Ralentí del motor.....	76
4.2.3 Distribución de masa y transferencia de carga.....	76
4.2.4 Cuadro de instrumentos.....	78
4.2.5 Medición del PBC.....	79
4.3 Requisitos de prueba.....	79
4.3.1 Frenos.....	79
4.3.2 Temperatura del sistema de freno.....	79
4.3.3 Fuerza aplicada al freno.....	80
4.3.4 Secuencia de prueba.....	81
4.3.5 Piloto.....	82
4.3.6 Posición de la motocicleta.....	83
4.3.7 Tolerancia de la velocidad de prueba.....	84

4.4	Protocolo de pruebas.....	84
4.4.1	Ficha del vehículo.....	84
4.4.2	Ficha de protocolo.....	85
4.4.3	Proceso de pruebas.....	89
4.4.3.1	Prueba accionamiento por separado freno delantero.....	89
4.4.3.2	Prueba accionamiento por separado freno posterior.....	90
4.4.3.3	Prueba accionamiento simultáneo de freno.....	90
4.4.3.4	Prueba de ABS.....	90
4.5	Ejecución de pruebas.....	91
4.5.1	Prueba de accionamiento por separado freno delantero.....	92
4.5.2	Prueba de accionamiento por separado freno posterior.....	93
4.5.3	Prueba de accionamiento simultáneo.....	94
4.5.4	Prueba de ABS superficie de alta fricción.....	95
4.5.5	Prueba de ABS superficie de baja fricción.....	95
4.5.6	Prueba de ABS con falla parcial.....	96
4.6	Evaluación de resultados.....	97
4.6.1	Distancia y desaceleración.....	98
4.6.1.1	Accionamiento por separado freno delantero.....	100
4.6.1.2	Accionamiento por separado freno posterior.....	103
4.6.1.3	Accionamiento en simultáneo.....	105
4.6.1.4	Accionamiento simultáneo prueba falla parcial y superficie de baja fricción.....	107
4.6.2	Comparación práctica y teórica.....	109
4.6.2.1	Comparación distancia y aceleración.....	109
4.6.3	Efectividad de frenado y velocidad residual.....	111
	CONCLUSIONES.....	117
	RECOMENDACIONES.....	120
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	122
	ANEXOS.....	125

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Discos de freno de motocicleta, Ducati Monster 696.....	9
Figura 1.2 Deformación de neumáticos.....	9
Figura 1.3 Componentes de frenado.....	10
Figura 1.4 Freno de tambor.....	11
Figura 1.5 Frenos de disco.....	13
Figura 1.7 Circuito simple de frenos.....	16
Figura 1.8 Circuito de frenos combinado.....	17
Figura 1.9 Circuito ABS en la motocicleta.....	18
Figura 1.10 Ubicación de los componentes en la motocicleta.....	20
Figura 1.11 Sensor de ABS y cinta dentada, inductivo.....	21
Figura 1.12 Cuadro comparativo de presión y velocidad en el funcionamiento del ABS.....	23
Figura 2.1 Comparativa Vespa vs. Utilitaria.....	33
Figura 2.2 KTM Duke 390.....	35
Figura 2.3 Modelos de estudio.....	37
Figura 2.4 Neumático Duke 390.....	38
Figura 2.5 Tipos de calzada.....	40
Figura 4.1 Diagrama de flujo del proceso de pruebas.....	67
Figura 4.2 Sitio de pruebas.....	69
Figura 4.3 Superficie de prueba.....	70
Figura 4.4 Inclinación de calzada.....	71
Figura 4.5 Porcentaje de pendiente.....	72
Figura 4.6 Anemómetro digital.....	73
Figura 4.7 Medida de labrado.....	75
Figura 4.8 Tableros de instrumentos, Bajaj Pulsar 200NS y KTM Duke 390.....	76
Figura 4.9 Pesaje KTM Duke 390.....	77
Figura 4.10 Distancia al centro de gravedad.....	77
Figura 4.11 Pirómetro digital.....	80
Figura 4.12 Pesaje del piloto Adrián Andino.....	83

Figura 4.13 Posicionamiento motocicleta.....83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación vehicular INEN.....	5
Tabla 2.1 Evolución del parque de motos.....	26
Tabla 2.2 Importación de motocicletas por país de origen.....	27
Tabla 2.3 Ventas por país de origen.....	28
Tabla 2.4 Ventas por marca.....	29
Tabla 2.5 Ventas por segmento.....	29
Tabla 2.6 Modelos de motocicletas utilitarias presentes en el mercado.....	30
Tabla 2.7 Modelos de motocicletas más equipadas de la categoría L3.....	31
Tabla 2.8 Ficha técnica Vespa Sprint 150.....	32
Tabla 2.9 Ficha técnica Duke 390.....	34
Tabla 2.10 Comparativa modelo de estudio.....	36
Tabla 2.11 Ponderación candidatos de estudio.....	37
Tabla 2.12 Comparativa neumáticos.....	38
Tabla 2.13 Ponderación neumáticos.....	39
Tabla 3.1 Defectos en la motocicleta según INEN.....	44
Tabla 3.2 Secuencia de pruebas.....	47
Tabla 3.3 Condiciones de ensayo.....	50
Tabla 3.4 Parámetros de prueba de parada en seco, accionamiento separado.....	51
Tabla 3.5 Parámetros de prueba parada en seco, accionamiento simultaneo.....	51
Tabla 3.6 Parámetros prueba de velocidad.....	52
Tabla 3.7 Parámetros prueba ABS, superficie de alta fricción.....	53
Tabla 3.8 Parámetros de prueba, Control de bloqueo de ruedas en superficies de alta fricción y de baja fricción.....	53
Tabla 3.9 Parámetros de prueba, Control de bloqueo de las ruedas, de alta a baja superficie fricción.....	54
Tabla 3.10 Parámetros de prueba, Control de bloqueo de ruedas, de baja a alta superficie de fricción.....	54
Tabla 3.11 Comparativa normativas y regulaciones, requisitos generales.....	62
Tabla 3.12 Comparativa normativas y regulaciones, requisitos específicos.....	63
Tabla 3.13 Comparativa normativas y regulaciones, superficies.....	63

Tabla 3.14 Comparativa pruebas convencionales	64
Tabla 3.15 Comparativa pruebas ABS.....	65
Tabla 4.1 Características de la función altímetro del reloj.....	71
Tabla 4.2 Características de funcionamiento del anemómetro.....	73
Tabla 4.3 Lista de chequeos previos.....	74
Tabla 4.4 Presión de neumáticos.....	75
Tabla 4.5 Características de funcionamiento acelerómetro 3D Cobra 4.....	78
Tabla 4.6 Características de funcionamiento del pirómetro laser Fluke 60.....	80
Tabla 4.7 Presión de frenado.....	81
Tabla 4.8 Secuencia de pruebas.....	82
Tabla 4.9 Ficha del vehículo KTM DUKE 390.....	84
Tabla 4.10 Ficha del vehículo PULSAR NS200.....	85
Tabla 4.11 Ficha de protocolo de pruebas.....	85
Tabla 4.12 Ficha de pruebas.....	89
Tabla 4.13 Cuadro valores accionamiento por separado freno delantero Pulsar 200NS.....	92
Tabla 4.14 Cuadro valores accionamiento por separado freno delantero ktm Duke 390.....	92
Tabla 4.15 Cuadro valores accionamiento por separado freno posterior Pulsar 200NS.....	93
Tabla 4.16 Cuadro valores accionamiento por separado freno posterior KTM Duke 390.....	93
Tabla 4.17 Cuadro valores accionamiento simultaneo Pulsar 200NS.....	94
Tabla 4.18 Cuadro valores accionamiento simultaneo KTM Duke 390.....	94
Tabla 4.19 Cuadro valores accionamiento simultaneo KTM Duke 390.....	95
Tabla 4.20 Cuadro valores accionamiento simultaneo baja fricción KTM Duke 390.....	95
Tabla 4.21 Cuadro valores falla parcial KTM Duke 390.....	96
Tabla 4.22 Tabla de resultados.....	97
Tabla 4.23 Cuadro de valores, distancias y desaceleraciones accionamiento por separado freno delantero Pulsar 200NS.....	101
Tabla 4.24 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones accionamiento por separado freno delantero KTM Duke 390.....	101
Tabla 4.25 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones accionamiento por separado freno posterior Pulsar 200NS.....	103

Tabla 4.26 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones accionamiento por separado freno posterior KTM Duke 390.....	103
Tabla 4.27 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones accionamiento simultaneo Pulsar 200NS.....	105
Tabla 4.28 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones accionamiento simultaneo KTM Duke 390.....	106
Tabla 4.29 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones falla parcial KTM Duke 390.....	108
Tabla 4.30 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones accionamiento simultáneo superficie de baja fricción KTM Duke 390.....	108
Tabla 4.31 Efectividad de frenado y velocidad residual.....	116

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 4.1 Ejemplo accionamiento por separado freno delantero Pulsar 200NS Archivo 121639.....	102
Gráfico 4.2 Ejemplo accionamiento por separado freno delantero KTM Duke 390 Archivo 131516.....	102
Gráfico 4.3 Ejemplo accionamiento por separado freno posterior Pulsar 200NS Archivo 123512.....	104
Gráfico 4.4 Ejemplo accionamiento por separado freno posterior KTM Duke 390 Archivo 133516.....	104
Gráfico 4.5 Ejemplo accionamiento simultáneo Pulsar 200NS Archivo 124021.....	106
Gráfico 4.6 Ejemplo accionamiento simultaneo KTM Duke 390 Archivo 133649.....	107
Gráfico 4.7 Comparación distancia freno delantero.....	109
Gráfico 4.8 Comparación aceleración freno delantero.....	110
Gráfico 4.9 Comparación distancia freno posterior.....	111
Gráfico 4.10 Comparación distancia y aceleración freno posterior.....	112
Gráfico 4.11 Comparación distancia freno simultáneo.....	113
Gráfico 4.12 Comparación aceleración freno simultáneo.....	114

RESUMEN

La investigación enfoca su atención en la efectividad del sistema ABS en motocicletas de hasta 400cc de la categoría L3. Al ser vehículos de dos ruedas que cuentan con una limitada superficie de contacto hacia el asfalto, el nivel de dificultad para ejecutar una maniobra de emergencia es superior así como el riesgo de perder el control en la etapa de frenado. Por este motivo se propuso poner a prueba dos ejemplares de características similares para demostrar su desempeño, una de ellas contando con un sistema convencional de frenos y la otra asistida por ABS. Para este fin se tomó referencia normas internacionales como la Regulación Técnica Global No. 3 en donde se seleccionaron pruebas de homologación permitiendo realizar una evaluación del comportamiento de cada motocicleta en diferentes condiciones de frenado, así como la comprobación de las deceleraciones producidas como principal magnitud influyente en el proceso. El análisis de estos resultados reflejó la efectividad del sistema antibloqueo de frenos y la importancia de la inclusión de este mecanismo para la seguridad del piloto.

Motocicleta, ABS, Pruebas, Efectividad, Seguridad

ABSTRACT

The research focuses its attention on the effectiveness of the ABS system on motorcycles up to 400cc of category L3. Being two-wheeled vehicles that have limited contact to the asphalt surface, the level of difficulty to execute an emergency manoeuvre is superior as well as the risk of losing control in the braking stage. For this reason, two similar characteristics bikes were used to demonstrate their performance, one of them with a conventional braking system, and the other assisted by ABS. For this purpose, international standards such as the Global technical regulation No. 3 were taken as reference in order to select approval tests to analyze the behavior of each motorcycle in different braking conditions, as well as corroborating the deceleration produced as main measure involved in the process. The analysis of these results reflect the effectiveness of the antilock braking system and the relevance of the inclusion of this mechanism for the driver's safety.

Motorcycle, ABS, Tests, Safety, Effectiveness

Introducción

Estudio de efectividad del sistema ABS en motocicletas L3 de hasta 400 cc a 2800msnm

Aunque la gran mayoría de motocicletas que se distribuyen actualmente incluyen frenos que satisfacen altos estándares técnicos de seguridad y desempeño, frenar en circunstancias de emergencia o en superficies resbaladizas se convierte, en la mayor parte de los casos, una situación peligrosa. Incluso si el freno es accionado en su totalidad o parcialmente, las condiciones antes mencionadas impedirían que la fuerza de frenado se transfiera completamente sobre la superficie ya que el coeficiente de fricción se reduce considerablemente. Cuando la fuerza de frenado supera el coeficiente fricción, las ruedas se bloquean perdiendo de esta manera el agarre continuo presente en la conducción.

Esto conlleva a las siguientes consecuencias:

- El vehículo se vuelve ingobernable
- La motocicleta pierde tracción
- La distancia de frenado se afecta significativamente
- No es posible maniobrar en curvas

La idea en la inclusión de este sistema fue la de mantener el control del vehículo el mayor tiempo posible para permitir capacidad de maniobrabilidad y que el conductor aun pueda dirigirse hacia la trayectoria deseada.

La investigación a desarrollarse demostrará la importancia de la inclusión de sistemas de seguridad y que tan efectivos pueden llegar a ser en condiciones adversas o de emergencia.

De esta manera el planteamiento del objetivo general consiste en realizar un estudio de efectividad del sistema ABS en las motocicletas L3 de hasta 400cc a 2800msnm mediante pruebas de normativa para garantizar los resultados deseados.

Para lograr el cumplimiento de este propósito se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las funciones de un sistema de frenado y sus características con y sin sistema anti bloqueo en una motocicleta.
- Identificar la condición actual del parque automotor en referencia a las motocicletas y cuál ha sido su frecuencia en los últimos años.
- Realizar las pruebas de campo mediante norma, que soporten la eficiencia del sistema ABS en función de los reglamentos internacionales vigentes.
- Remarcar las características de confiabilidad y seguridad que presenta un sistema ABS mediante análisis de las pruebas realizadas y comparación de resultados.

CAPITULO I

1. Fundamentación Teórica

La necesidad del hombre de movilizarse para satisfacer una necesidad social ha estado siempre presente para desarrollar contacto y comunicación entre pueblos y asentamientos. Desde la aparición de la rueda, muchos fueron los medios de transporte que se desarrollaron para suplantar paulatinamente los esfuerzos y demanda física que representaba trasladarse de una localidad a otra. En un principio estos medios de transporte presentaban un sistema manual que involucraban la acción del usuario para generar movimiento; un claro ejemplo de esto es la bicicleta. Sin embargo, a medida que la demanda y la exigencia del mercado se fue incrementando, tuvieron que surgir nuevas alternativas para brindar mayor capacidad de movilización. Muchas fueron las ideas para convertir a la bicicleta en un vehículo con mayor autonomía y menor trabajo de su ocupante. Entre las modificaciones propuestas se encontraban los mecanismos de vapor que ejercían fuerza sobre el eje posterior y también ciertas modificaciones geométricas en la ubicación de los pedales para disminuir el esfuerzo. Sin embargo, no fue sino hasta la incorporación de un pequeño motor de combustión interna que la bicicleta formaría parte de la inspiración de uno de los medios de transporte más ocupados en la actualidad: la motocicleta.

1.1 La motocicleta

Se trata de un vehículo autónomo propulsado por un motor. Inicialmente de dos ruedas, su eje delantero es el encargado de brindar dirección y el eje posterior responsable de generar tracción.

Según sus variantes, las motocicletas se clasifican en diversos tipos que parten desde cilindrada, chasis, número de llantas, número de cilindros, utilidad, entre otras.

1.2 Tipos de motocicletas

A medida que la motocicleta iba creciendo en popularidad, muchas eran las preferencias y exigencias que se destacaban por parte del consumidor para ser consideradas en el diseño de este vehículo. Algunos brindaban prioridad a la utilidad, durabilidad y comodidad, mientras que otros a la versatilidad, ligereza y velocidad. Evidentemente, era muy complicado cubrir con todas estas características en un solo ejemplar, por lo que surgió la necesidad en los constructores por diseñar más de un modelo de motocicleta para mantener la atención de los posibles compradores.

Según el Centro Zaragoza, Instituto de investigación sobre vehículos S.A, la motocicleta se la clasifica bajo diferentes parámetros como: número de ruedas, cilindraje, capacidad de carga o motorización. Sin embargo la clasificación más efectiva para poder diferenciarlas, es según su utilidad, donde se tiene en consideración el tipo de llanta, la posición de manejo y la protección contra el viento o también llamado carenado. Todas estas establecen la diferencia operacional para el propósito de conducción y para la expectativa de desempeño de las motocicletas.

1.2.1 Deportivas o sport y super sport

Son motocicletas de gran cilindraje, que superan los 150cv usadas principalmente en carreteras y circuitos. Sus componentes son ligeros y poseen carenado completo debido al viento a altas velocidades. Su posición de manejo es forzada, agachada y obliga a balancear el peso del piloto

sobre el pecho y los antebrazos para mantener un perfil aerodinámico que genere baja resistencia.

1.2.2 Turismo

Los largos recorridos en carretera son su fortaleza, poseen excelente posición de manejo para el conductor, proporcionando un alto nivel de confort; los carenados son amplios para proteger del aire al piloto.

1.2.3 Naked o roadster

Su principal diferencia es que no poseen carenado, tienen un buen desempeño en la ciudad como en la carretera. Estas motocicletas no ofrecen protección contra el aire pero son muy versátiles por su capacidad de adaptación.

1.2.4 Personalizadas

Incorporan muchas piezas metálicas y cromadas, la posición de manejo del conductor es cómoda pero no tiene protección frente al aire al no poseer carenado. Generalmente incorporan motorizaciones de alto cilindraje pero su principal característica es la modificación personalizada en la extensión del cuadro de la motocicleta para hacer ejemplares únicos y adaptados al estilo del piloto.

1.2.5 Scooter

Motocicletas diseñadas exclusivamente para uso urbano con gran manejabilidad, se caracterizan por poseer transmisiones automáticas y el diámetro de sus neumáticos reducidos.

1.2.6 Todo terreno, motocross, trial o enduro

Tipo de motocicleta destinada a uso rural con mecanismos de suspensión de amplio recorrido, aros de radios y neumáticos de labrado pronunciado. Sus características las convierten en la mejor opción para terrenos muy complicados incluso para trazados extremos. Estas motocicletas son usadas en varias disciplinas del deporte automotor como las competencias de campo traviesa, el motocross o los eventos de habilidad y saltos.

1.2.7 Doble propósito

Su buen desempeño en campo así como en carretera es su principal característica. Se trata de motocicletas pesadas con centro de gravedad elevado, sus depósitos de gasolina son de gran capacidad y poseen protección para el viento.

1.2.8 Estándar o utilitarias

Son motocicletas utilitarias que no incorporan mayores avances en su estructura o en su motorización. La posición elevada de conducción permite un amplio margen de visibilidad y su ligereza proporciona facilidad en curvas pronunciadas. Este tipo de vehículo presenta gran aceptación ya que sus pequeñas cilindradas las hacen muy económicas y eficientes. La categoría estándar fue puesta en observación para el estudio a realizarse ya que reúne motocicletas que cumplen con las características que esta investigación demanda para demostrar la efectividad de sus sistemas de frenado.

1.3 Clasificación de las motocicletas

Para efectos de estudio es muy importante mencionar la clasificación vehicular generada por los órganos reguladores de cada país. Esta clasificación se genera principalmente en función de la cilindrada y la cantidad de ruedas del vehículo. En el Ecuador el Instituto Ecuatoriano de

Normalización (INEN), a través de la norma técnica ecuatoriana NTE 2656:2012, hace referencia a la clasificación vehicular de interés en la presente investigación ubicando a las motocicletas con categoría L1 y L3 dentro del mismo casillero como se muestra en la tabla 1.1. En este caso la subclase seleccionada corresponde a la L3 al no tratarse de vehículos de muy baja potencia como son las bicimotos, cuya información más detallada se encuentra en el anexo 1.1

Tabla 1.1 Clasificación vehicular INEN

CÓDIGO	SUBCLASE	CLASE	DESCRIPCIÓN
BMT	L1	BICIMOTO 	Vehículo impulsado por un motor de muy baja potencia, con pedales de bicicleta para poder asistir al motor en las subidas o el arranque.
MTO	L1 L3	MOTOCICLETA 	Vehículo motorizado de dos ruedas para uso terrestre.
TRM	L2	TRICI MOTO 	Vehículo de tres ruedas y de variadas configuraciones, cuya parte delantera puede ser similar a la de una moto y la parte posterior está conformada por una extensión del chasis con dos ruedas posteriores; puede ser abiertos o cerrados, siendo destinado al transporte de pasajeros o de mercancías.
TRC	L2 L5	TRICAR 	Vehículo recreacional de tres ruedas.
CMT	M1 ⁽¹⁾ N1 ⁽¹⁾	CUATRIMOTO 	Vehículo de trabajo, deportivo o de recreación, con timón, montura y motor tipo motocicleta y cuatro ruedas. ⁽¹⁾ Para efectos registrables, estos vehículos tienen el mismo tratamiento que los vehículos de la subclase L.

Fuente: NTE INEN 2656:2012

1.4 Sistema de frenos

El sistema de frenado es, por mucho, uno de los mecanismos más importantes que debe incorporar una motocicleta para conseguir su desplazamiento seguro y controlado. A medida

que los motores han incrementado su potencia, los frenos también han sufrido cambios sustanciales en su potencia de frenado “bhp”.

1.4.1 Generalidades del sistema

Toda máquina capaz de convertir un tipo de energía en movimiento requiere por lo menos de algún mecanismo para controlar su rango de funcionamiento. Un motor de combustión interna presenta un diseño en el cual el conductor puede controlar sus revoluciones a voluntad en función de la necesidad, sin embargo, el usuario también requiere controlar la velocidad de salida del mismo, es decir, la velocidad a la que este motor está impulsando el vehículo en el que se encuentra incorporado.

Para contener la marcha de una motocicleta se aprovecha, en primer lugar, la resistencia al giro que opone el motor cuando es arrastrado desde la rueda motriz por el impulso del vehículo. Al levantar la mano del acelerador, el motor tiende a caer a ralentí de modo que su giro forzado frena y disminuye la velocidad. El frenado consiste en la aplicación de una superficie fija contra otra giratoria. (Arias-Paz, 2004).

El sistema de frenado presenta cuatro funciones principales:

- Disminuir la velocidad de una motocicleta.
- Detener por completo a la motocicleta.
- Mantener detenido a un vehículo cuando se encuentra estacionario.
- Garantizar control cuando se aplica una fuerza máxima de frenado.

Esta última función es justamente a la que esta investigación puso énfasis al demostrar la enorme diferencia en cuanto a efectividad de frenado se trata al asegurar control total bajo múltiples circunstancias de desaceleración.

Si el sistema de frenos no se encuentra operando correctamente, el usuario y su pasajero podrían encontrarse en peligro. Todas las variables involucradas en este sistema son consideradas en su diseño para asegurar funcionamiento ininterrumpido. Si el sistema presenta algún desperfecto, el piloto tendría que realizar correcciones manualmente que generalmente son muy rápidas o muy lentas para mantener el control del vehículo. (Clifton, 2011)

Como se mencionó previamente, la finalidad de los frenos consiste en “retener” y “parar” el vehículo. Según Arias-Paz, la condición esencial que se exige a un sistema de frenado, además de sus funciones, es la de conseguir la menor “distancia de frenado” posible, cumpliendo una serie de requisitos:

- Eficacia: con un esfuerzo sobre el accionamiento de freno lo suficientemente débil, en un tiempo y sobre una distancia mínimos.
- Estabilidad: el vehículo debe conservar su trayectoria sin “derrapaje”, desviaciones ni reacciones en el manillar.
- Comodidad: de manera progresiva, con un recorrido de la manigueta o pedal razonable, sin ruidos ni trepidaciones.

Y todo esto en todas las circunstancias posibles; con el vehículo vacío o con carga, a cualquier velocidad, en llano, subida o bajada, en recta o en curva, cualesquiera que sean las condiciones del piso. (Arias-Paz, 2004)

1.5 Principios de frenado

La acción de frenado en un vehículo involucra la transformación de energía cinética en energía calorífica. Para esto deben existir elementos que se encuentren en contacto para producir fricción. Los elementos de fricción en un sistema de frenos son los encargados de transmitir y disipar la temperatura al medio ambiente. Dependiendo de la velocidad a la que se encuentre

la motocicleta, el peso de la misma o la fuerza de frenado; el calor a disipar será cada vez mayor.

1.5.1 Principios de fricción

La fricción es la resistencia al movimiento que se genera entre dos superficies cuando se encuentran en contacto. Existen dos tipos de fricción: cinética y estática.

La fricción cinética ocurre cuando al menos uno de los dos cuerpos en contacto se encuentra en movimiento. Mientras más fricción cinética es producida, más calor se genera. Por otro lado, la fricción estática ocurre cuando dos objetos se encuentran estacionarios.

Varios factores afectan el coeficiente de adherencia producida entre dos objetos, mientras más áspera, rugosa o irregular sean las superficies en contacto, mayor fuerza de fricción se generara. Adicionalmente, cualquier sustancia que se encuentre en dicha superficie, podría afectar su coeficiente de fricción, como por ejemplo asfalto mojado.

1.5.2 Efectos en el frenado

La mayor parte de las motocicletas presentan una distribución de peso equilibrada entre sus dos ejes al poseer gran cantidad de la mecánica en la parte central del cuadro. Esta condición se cumple solo cuando el vehículo se encuentra en estado estacionario o en completo equilibrio, es decir, sin afección de ninguna fuerza adicional. De esta manera cuando la motocicleta sufre aceleraciones positivas o negativas, la carga entre sus ejes varía constantemente.

En el proceso de frenado, la masa del vehículo tiende a inclinarse hacia la rueda delantera de la motocicleta incrementando la fuerza generada en este eje y en su sistema de freno. Es por esta razón que los mecanismos de frenos en la parte delantera presentan una dimensión considerable en comparación a los del eje posterior como se muestra en la figura 1.1.



Figura 1.1 Discos de freno de motocicleta, Ducati Monster 696

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

De todas maneras, no se puede despreciar el aporte del freno de la rueda posterior independientemente de su tamaño reducido.

Otro efecto importante a considerar es la deformación de los neumáticos cuando ocurre una transferencia de carga. Tomando en cuenta que el neumático delantero es el más afectado, su superficie de contacto también se incrementa en relación al neumático posterior, como se muestra en la figura 1.2.

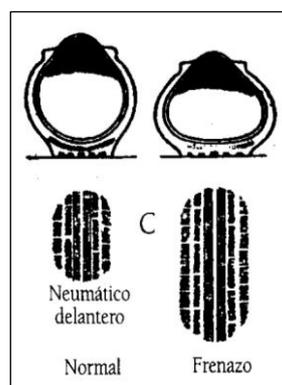


Figura 1.2 Deformación de neumáticos

Fuente: Arias-Paz, 2004

Cabe mencionar que el efecto de frenado solo es eficiente mientras la rueda se encuentre disminuyendo su velocidad progresivamente y sin bloquearse en ningún punto de la trayectoria.

1.6 Elementos del sistema

El sistema de frenos de una motocicleta está constituido comúnmente por los siguientes elementos:

- Cilindro Maestro: Encargado de distribuir la presión hidráulica a los cilindros receptores.
- Freno de mano y freno de pie: palancas que permiten controlar la fuerza de frenado del eje delantero, posterior o combinado según la presentación del sistema.
- Cilindros receptores: responsables de recibir la presión hidráulica y aplicarla en el freno de disco o tambor.

En la figura 1.3 se puede distinguir un esquema básico de sistema de frenado sin ningún complemento adicional de asistencia.

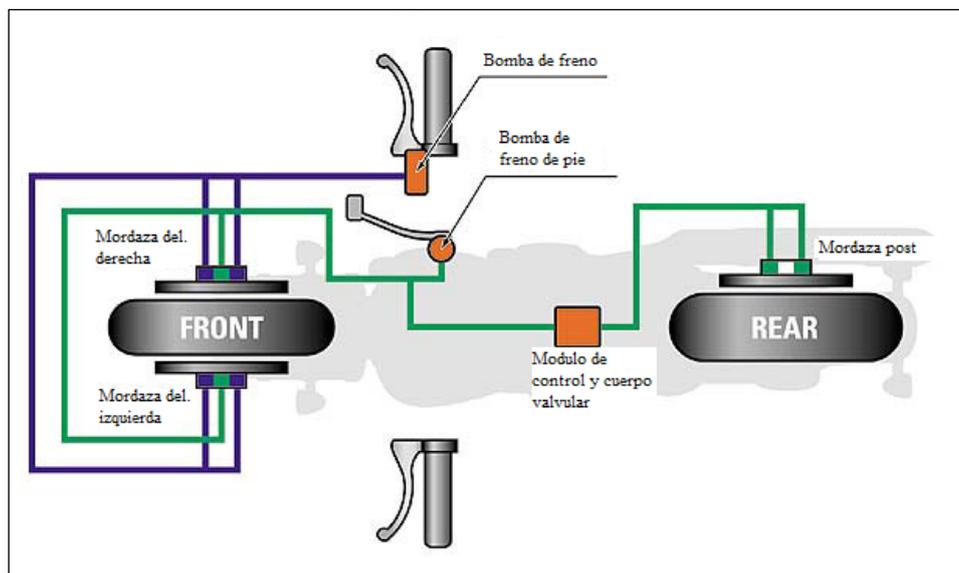


Figura 1.3 Componentes de frenado
Fuente: www.canadamotoguide.com

1.6.1 Funcionamiento del freno

Al aplicarse una fuerza sobre el freno de pie o de mano la presión que se genera en el cilindro maestro se transmite a través de las cañerías y es receptada en los cilindros secundarios que se encargan de generar una fuerza sobre las zapatas de un tambor o sobre los pistones de una

mordaza. El resultado de este proceso es el incremento de fricción entre dos elementos en contacto, pastilla-disco o zapata-tambor, reduciendo así la velocidad de las ruedas. El conductor tendrá la libre elección de dosificar la fuerza de frenado y el tiempo de aplicación.

1.7 Tipos de frenos en motocicletas

Al igual que los automóviles, los frenos de las motocicletas también han evolucionado constantemente para satisfacer la demanda de motores cada vez más potentes y de mejores prestaciones. En las motocicletas dos han sido los tipos de freno más abordados por los fabricantes para controlar la velocidad de sus vehículos: los frenos de tambor y los frenos de disco.

1.7.1 Frenos de tambor

Consiste en un freno de fricción en el cual un tambor que gira solidariamente con la rueda es detenido por la acción de expansión de un par de zapatas interiores que ocupan parte de su circunferencia.

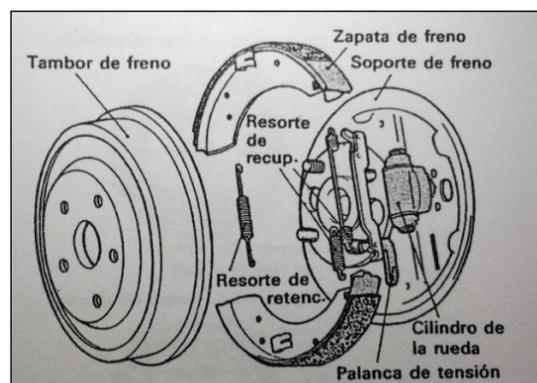


Figura 1.4 Freno de tambor

Fuente: Gerschler, 1985

Los frenos de tambor presenta un soporte que sirve de tapa para aislar el sistema de la intemperie, un cilindro de rueda que capta la presión hidráulica y una palanca de tensión que realiza el accionamiento de las zapatas contra las paredes del tambor. Adicionalmente

incorpora un resorte de recuperación y uno de retención para controlar la expansión de las zapatas.

En un principio este sistema era suficiente para ralentizar la velocidad de la marcha de una motocicleta en toda circunstancia, pero a medida que velocidad de punta de estos vehículos alcanzaba límites superiores, paulatinamente se volvió obsoleto en las motocicletas.

1.7.2 Frenos de disco

En la actualidad, es el tipo de sistema utilizado con mayor frecuencia por los fabricantes en sus motocicletas por el alto grado de desempeño y confiabilidad. En los frenos de tambor la principal desventaja radica en la pérdida de fricción entre sus componentes al usarlos de manera reiterada e insistente provocando el incremento de temperatura. Lamentablemente la carcasa de los frenos de tambor limita la ventilación por lo que la temperatura no es controlada adecuadamente.

Con los frenos de disco ocurre todo lo contrario. Al estar expuestos constantemente a corrientes de aire y ventilación, la disipación de calor es más eficiente y permite que el sistema funcione apropiadamente durante una cantidad de tiempo más prolongada independientemente de la frecuencia de uso.

Se llama disco de freno por el plato que gira a las mismas revoluciones que la rueda a la que se encuentra acoplada. El elemento fijo que ejerce presión sobre este disco se lo denomina mordaza, y se compone de uno o más cilindros de presión que empujan dos pastillas sobre las caras opuestas del disco. En la figura 1.5 se observa un disco de freno con mordaza de doble cilindro opuesto.

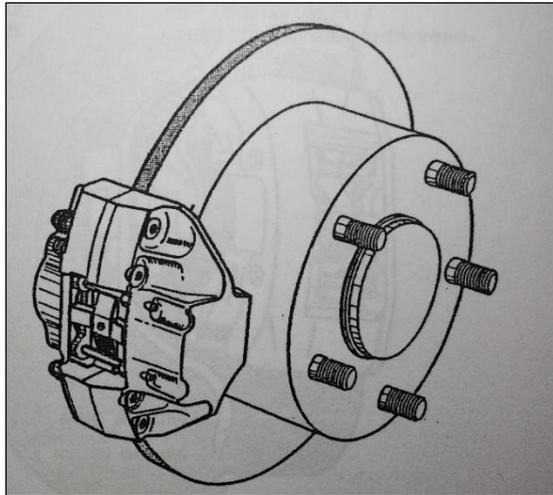


Figura 1.5 Frenos de disco
Fuente: Gerschler (y otros), 1985

1.8 Seguridad activa y pasiva en motocicletas

Durante años, uno de los objetivos de los fabricantes ha sido diseñar motocicletas que promuevan la seguridad y garanticen la integridad del piloto y su ocupante. La seguridad en el campo de las motocicletas juega un papel muy importante debido al riesgo eminente de sufrir una caída o accidente.

1.8.1 Seguridad activa

La seguridad activa se ha convertido en uno de los principales influyentes para la selección en la compra de uno de estos vehículos. No es para menos, considerando que un motociclista siempre estará más expuesto que los ocupantes de un automóvil.

La tecnología adaptada en las motocicletas ha sido diversa y ha estado en relación con la investigación de las principales causas de accidentes en donde se involucra un motorista. La finalidad de inclusión de este tipo de sistemas es incrementar la seguridad vial en todo momento. Seguridad activa se refiere al conjunto de sistemas que se encuentran en constante funcionamiento que intentan evitar una situación de riesgo o un accidente. En las motocicletas es posible encontrar principalmente los siguientes elementos en seguridad activa:

- Sistema de frenos
- Sistema de suspensión
- Iluminación
- Neumáticos

En lo que corresponde a sistemas de suspensión se ha logrado incorporar amortiguadores inteligentes que varían su constante elástica según la fuerza ejercida por las irregularidades del trazado. Adicionalmente, algunos modelos cuentan con suspensión electrónica que adapta la altura según el camino que se vaya a recorrer.

La iluminación siempre ha contribuido con la parte de señalización vial pero actualmente se incluyen luces de xenón y faros LED que agudizan e incrementan la visibilidad tanto del piloto como del resto de actores viales. Por otro lado, no es un secreto que el estado de los neumáticos es el principal responsable para lograr la máxima adherencia con el suelo en todas las condiciones posibles.

Sin embargo, los sistemas de frenos han sido indudablemente puestos en constante observación al tratarse del elemento de seguridad más trascendental en una situación crítica. Como se ha mencionado previamente, no solo es importante disminuir la velocidad del vehículo, sino hacerlo de manera controlada, evitando bloqueos de neumáticos o pérdidas de tracción. Para esto, varios sistemas complementarios han sido puestos en marcha para brindar asistencia al conductor y lograr mantener estabilidad en todo momento. En las motocicletas es posible encontrar desde simples circuitos de ABS hasta complejos mecanismos de frenado combinado y control de tracción, estos sistemas serán detallados posteriormente en las secciones siguientes.

1.8.2 Seguridad Pasiva

Los elementos de seguridad pasiva en un motociclista van relacionados directamente con la protección o el equipo que el piloto pueda incorporar. La seguridad pasiva interviene cuando un accidente es inminente e intenta disminuir las consecuencias del mismo.

Lamentablemente, al tratarse de un vehículo de limitado espacio, son muy pocos los elementos que se incluyen en seguridad pasiva. Sin embargo, la evolución en las prendas de seguridad ha logrado alcanzar un alto nivel al incluir dispositivos automáticos de bolsas de aire en cascos, e incluso en chaquetas. Se puede destacar en seguridad pasiva los siguientes elementos:

- Casco (con y sin airbag)
- Chaqueta (con y sin airbag)
- Guantes
- Botas
- Pantalones
- Anillo de cuello
- Protectores de espina
- Protectores de articulaciones y extremidades

Cabe mencionar que el conductor siempre tendrá la palabra final al momento de decidir acerca de la seguridad suya y la de su pasajero, para mayor información referirse al anexo 1.2 donde se establece en un cuadro comparativo la indumentaria de seguridad en la motocicleta.

1.9 Sistemas auxiliares y complementarios para el frenado en motocicletas

El efecto de frenado en una motocicleta requiere de una amplia experiencia para realizarlo de una manera progresiva y adaptada a las necesidades del trazado. Al estar tan cerca del

pavimento, el piloto puede sentir todas las oscilaciones que el manillar y la suspensión pueden transmitir; pero al mismo tiempo, el motorista debe ser capaz de simular cuáles serán las condiciones de frenado.

En condiciones normales, el motociclista actuara sin presión y aplicara la mayor parte de sus habilidades para mantener al vehículo bajo control. Sin embargo, en situaciones de emergencia, la pericia del piloto se pone en duda al tener que reaccionar en pocos segundos y bajo condiciones de estrés. Normalmente, esto deriva en una aplicación demasiado fuerte, demasiado rápida o lenta, lo que no genera buenos resultados. Por este motivo, los fabricantes han presentado múltiples diseños con diversas soluciones técnicas que complementan la habilidad del conductor y disminuyen el panorama de riesgo para una motocicleta.

Los sistemas auxiliares de frenado pueden incluirse en la mayoría de modelos de motocicletas realizando pequeñas modificaciones. Basta con la incorporación de un sistema ABS a un circuito de dos canales independientes (como se muestra en la Figura 1.7) para que el vehículo presente verdaderas características de seguridad.

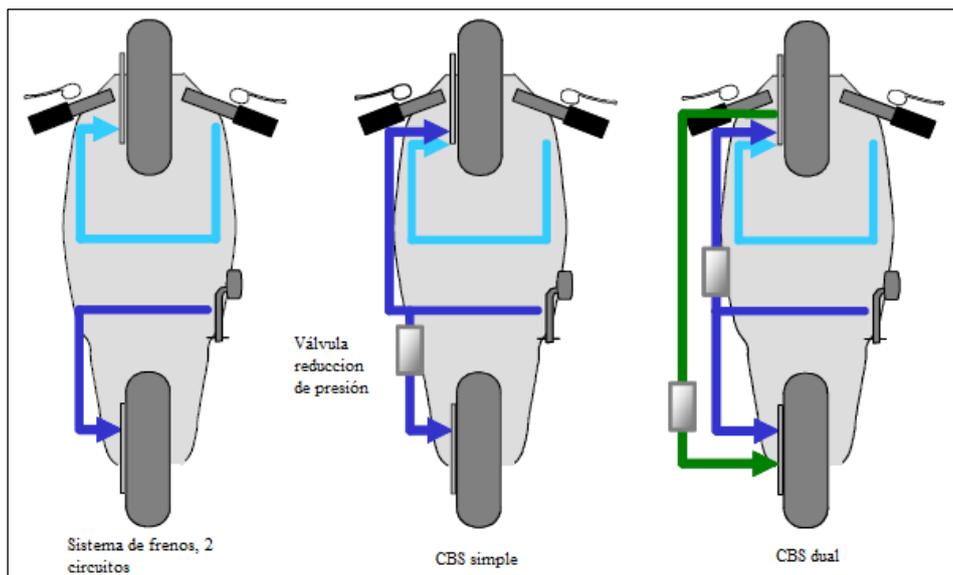


Figura 1.7 Circuito simple de frenos

Fuente: Continental Automotive Systems, Paper Number 07-0312

El sistema ABS fue el precursor para que se generen nuevas ideas respecto a los sistemas auxiliares de freno. Lograr incrementar el confort y la calidad de frenada ha sido siempre un objetivo difícil de conseguir. Es así que se dio origen a los sistemas combinados de frenado CBS y sistema integrado de freno de motocicleta MIB en donde sus funciones permiten presentar características nunca antes conseguidas.

El CBS puede encontrarse en dos versiones, en un circuito simple o en uno doble. En el circuito simple una de las palancas de freno acciona la rueda delantera y posterior, mientras que la otra acciona la rueda delantera o posterior. El circuito doble, como su nombre lo indica, permite el accionamiento de ambos frenos con cualquiera de las palancas.

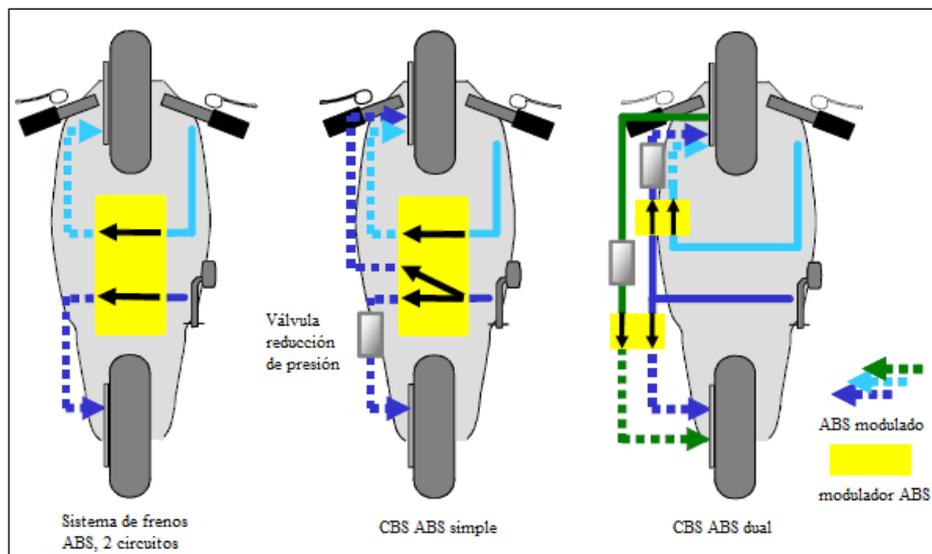


Figura 1.8 Circuito de frenos combinado

Fuente: Continental Automotive Systems, Paper Number 07-0312

Los sistemas integrados de frenado, además de las funciones previamente mencionadas, incorporan la facilidad de regular la presión hidráulica de frenado entre las ruedas, complementando así un avanzado mecanismo que da lectura a todas las variables presentes entre los deseos del piloto y la condición real de conducción.

La investigación propuesta hace énfasis en el sistema de seguridad activa primordial en una motocicleta: el sistema antibloqueo de frenos ABS. La descripción del ABS en motocicletas se

realizó en la siguiente sección para comprender a detalle el funcionamiento y las ventajas que este presenta frente a un sistema convencional de frenos.

1.10 Sistema de frenos ABS

El Sistema de Freno Antibloqueo es un sistema de seguridad revolucionario en la industria de la automoción. Al mismo se le atribuye la reducción de accidentes de tránsito por su alta eficiencia y fiabilidad de funcionamiento. Este sistema brinda maniobrabilidad del vehículo en condiciones de emergencia.

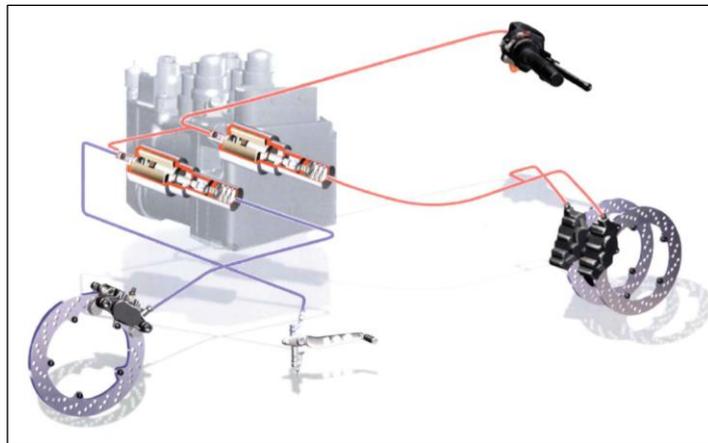


Figura 1.9 Circuito ABS en la motocicleta

Fuente: El nuevo ABS integral BMW, técnica en detalle, 2000

1.10.1 Antecedentes

En el año de 1930, El primer sistema antilock-braking system fue diseñado y producido en la industria aeroespacial, después en 1945, se incluye por primera vez un sistema de ABS en el Boeing b-47, para 5 años más tarde aplicarlos en todos los aviones producidos. En 1960, en ciertos modelos de automóviles se instaló el sistema de ABS en el eje posterior.

El desarrollo de la tecnología en los años 80 facilitó la instalación del sistema en los nuevos modelos de vehículos producidos en ese entonces. Así, en 1988 BMW se atribuye por primera vez la instalación de un sistema ABS en su motocicleta K100LT. Desde entonces la inclusión de este sistema ha sido reconocida y ha ganado lugar en el segmento.

1.10.2 Definición ABS

Es un sistema de ciclo cerrado que reduce la posibilidad de bloqueo de las ruedas durante el frenado, ofreciendo estabilidad y control. Estudios corroboran que la efectividad para reducir riesgos del ABS en las motocicletas es mayor que en los vehículos, puesto que la amenaza de sufrir un accidente es superior cuando una motocicleta está frenando al límite, es decir, se puede caer o derrapar. Según el Insurance Institute for Highway Safety o IIHS, en 2010 se redujo el 37% de accidentes graves en las motocicletas que incorporan el sistema ABS. Para mayor información de estudios de efectividad del ABS referirse al anexo 1.3.

El ABS en motocicletas usa sensores en las ruedas para determinar la velocidad de las mismas. La unidad de control interpreta si existe una variación brusca de velocidad en las ruedas, es decir, una disminución inesperada de revoluciones. La unidad de control del ABS modula temporalmente la presión hidráulica aplicada por el conductor, traduciéndose en una regulación de la fuerza de frenado.

El objetivo del ABS es manipular la velocidad de las ruedas, obteniendo la máxima fricción posible sin perder la estabilidad de manejo, esto hace que el vehículo se detenga en la menor distancia posible. Sin embargo, la fiabilidad y funcionamiento de este sistema de seguridad activa se ve limitada por las leyes físicas. La variación de ángulos en estos vehículos, es decir, la inclinación en curvas implica que el conductor tenga pericia al mando de una motocicleta ya que el ABS no sería favorable en estas condiciones por ejemplo.

1.10.3 Beneficios del ABS

Muchas son las ventajas que presenta este sistema, pero las principales las mencionamos a continuación:

- Garantiza estabilidad de frenado en todas las superficies de terreno.

- Permite realizar correcciones de dirección (maniobrabilidad) y reduce la distancia de frenado.
- Previene el descontrol ocasionado por un frenado de emergencia (derrapar).
- Reduce el desgaste de neumáticos.

1.10.4 Componentes

El sistema ABS de frenos en los vehículos o motocicletas, está conformado por varios componentes. Cada uno de estos elementos cumple una tarea específica en el sistema para desempeñar una tarea específica.

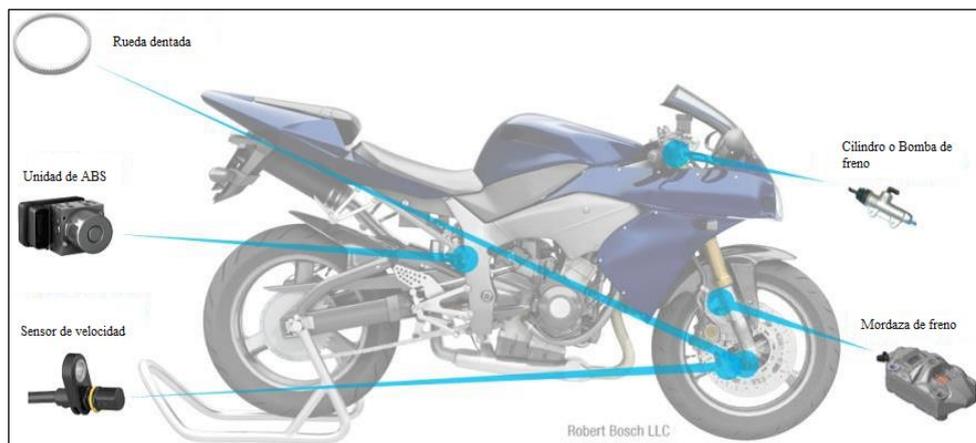


Figura 1.10 Ubicación de los componentes en la motocicleta

Fuente: Moreno Sandoval, Simulations of anti-lock breaking system of motorcycles in turn, 2014

1.10.4.1 Sensor de velocidad

Dispositivo encargado de determinar la velocidad de la rueda o la velocidad total del vehículo. Estos sensores pueden ser de efecto hall o inductivos, que también son llamados electromagnéticos; incluyen una cinta dentada y un electroimán, el mismo que está próximo a la cinta dentada.

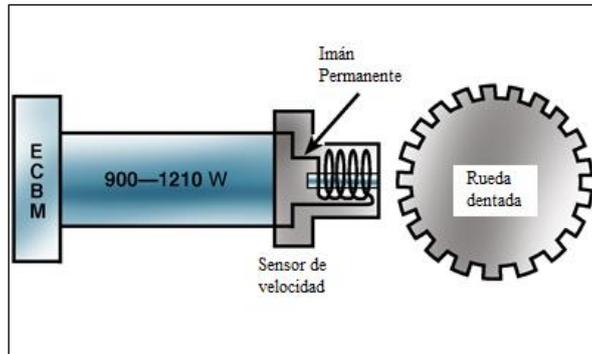


Figura 1.11 Sensor de ABS y cinta dentada, inductivo
Fuente: Melior, 2011

Cuando la cinta dentada gira por el movimiento del vehículo, induce un voltaje en el electroimán, posteriormente este voltaje es receptado por la unidad de control.

1.10.4.2 Cinta dentada

Cinta de metal con un predeterminado número de orificios o dientes, ubicada en paralelo a los discos de freno convencionales.

1.10.4.3 Cuerpo de válvulas

Consiste en un conjunto de electro-válvulas o cuerpo de válvulas que trabaja en serie con el circuito convencional de frenos, el mismo que solo se activa con la señal emitida por la unidad de control del ABS bajo las condiciones de excesiva presión y bloqueo de ruedas. Este componente del sistema ABS controla la presión hidráulica en el circuito de freno. La señal proveniente de la unidad de control del ABS ingresa a las electroválvulas, quienes se activan y varían el circuito de freno para regular la presión ejercida por el piloto, evitando la pérdida de adherencia del vehículo. Cuando la ECU o unidad de control detecta por medio de la señal enviada por los sensores esta variación, abre de nuevo la electroválvula, permitiendo pasar la presión real que ejerce el conductor.

1.10.4.4 Unidad de control

La unidad de control es el cerebro del ABS. En primera instancia recibe información de los sensores para posteriormente analizarla y compararla con los parámetros preestablecidos. Una vez determinada la acción a ejecutar, envía una señal al cuerpo de válvulas para regular la presión hidráulica.

1.10.5 Funcionamiento ABS

Cuando existe una frenada convencional, la señal enviada por los sensores de rueda hacia la unidad de control indica que no hay condiciones de posible bloqueo. En este tipo de frenado el cuerpo valvular se encuentra desactivado, al no recibir energía alguna desde la unidad de control.

El sistema ABS se encuentra operando de forma pasiva en relación con el sistema de freno. Cuando las condiciones de bloqueo se incrementan, es decir, los sensores envían una señal de desaceleración brusca hacia la unidad de control, se energizan las electroválvulas, aislando la presión hidráulica del circuito de freno entre el cilindro maestro y los actuadores.

Si la dosificación de presión hidráulica resulta en un control satisfactorio de las revoluciones de la rueda y los sensores señalan que se puede acelerar, la unidad de control interrumpirá la energía al solenoide de la válvula, permitiendo que la presión se eleve nuevamente. Este proceso puede durar fracciones de segundo y se repetirá hasta que la motocicleta disminuya la velocidad y se logre mantener la estabilidad.

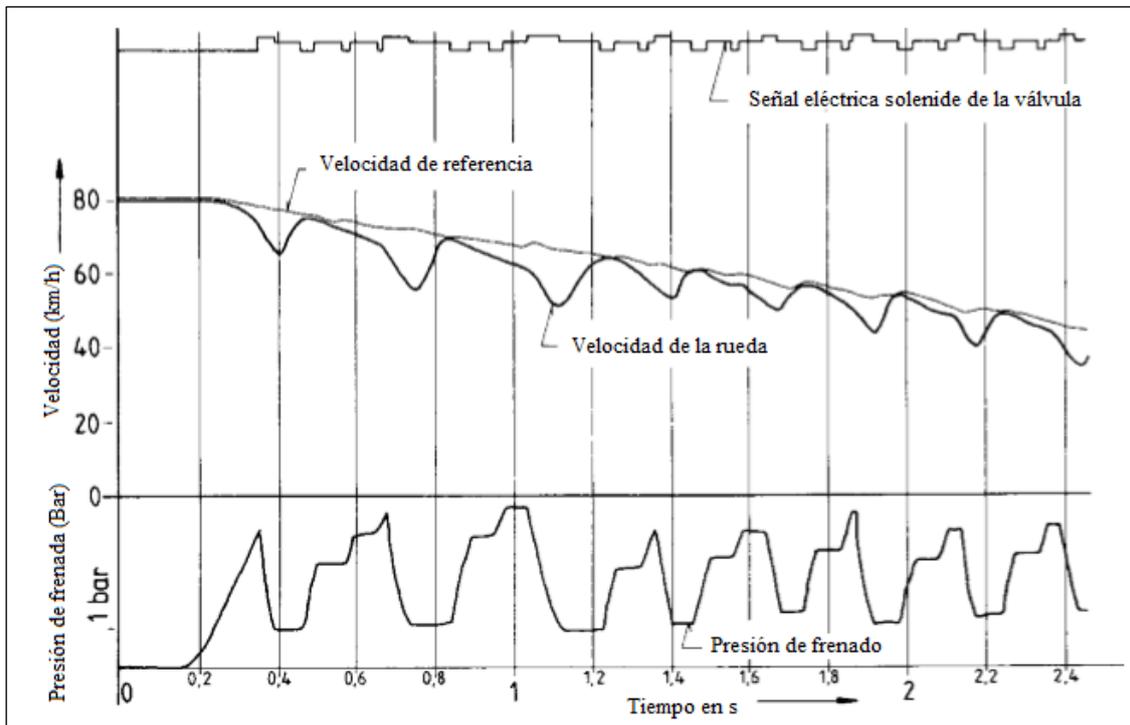


Figura 1.12 Cuadro comparativo de presión y velocidad en el funcionamiento del ABS
Fuente: Antilock braking system (ABS) and antislip regulation (ASR), 2011

1.11 Homologación de motocicletas

Todos los fabricantes cumplen con un número específico de requisitos para poder homologar sus ejemplares y de esta manera estar aptos para distribuir y comercializar sus motocicletas libremente. La homologación es un proceso de pruebas al cual un producto es sometido para asegurar principalmente su confiabilidad bajo condiciones a las que va a estar sujeto en el uso cotidiano.

La homologación de un producto toma lugar dependiendo del país en el que se va a distribuir. Los gobiernos locales son los encargados de acogerse a las normas vigentes de homologación de vehículos automotrices o en su defecto pueden establecer normativas y reglamentos propios.

En el Ecuador la homologación vehicular se rige al Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 034, referirse a anexo 1.4, “Elementos Mínimos de Seguridad en Vehículos

Automotores”, pagina 8, sección 4.3.2, en donde se mencionan las características de seguridad que un vehículo debe presentar para poder circular en el país. El área de interés en este proyecto dirige su atención hacia la cuarta sección del reglamento ya que señala los requisitos en cuanto a frenos que un vehículo debe cumplir dependiendo de la categoría a la que pertenezca.

En lo que concierne a motocicletas, el RTE INEN 034 indica: “Los vehículos automotores que correspondan a la categoría L conforme a la norma NTE INEN 2656 deben contar como mínimo de dos sistemas de frenado, uno que actúe sobre la rueda o ruedas delanteras y otro que actúe sobre las ruedas o ruedas posteriores”. RTE INEN 034:2014. El resto de literales en el reglamento realizan descripción de requisitos únicamente para aplicación de automóviles.

De esta manera, muy pocas son las exigencias menesteres referente al sistema de frenado en una motocicleta por lo que surge la necesidad de acogerse a reglamentos extranjeros que puedan suministrar la pauta de procedimientos de prueba de sistemas de frenado con y sin inclusión de ABS.

CAPITULO II

2. Estudio de campo del parque automotor y selección de alternativas

La función de los medios de transporte no solo se limita al traslado de sus ocupantes de un lugar a otro, sino que además, forman un papel fundamental en las actividades comerciales que se realizan en las grandes metrópolis y en los pequeños pueblos. A medida que la actividad económica se incrementa, la necesidad de mantener ágil y activo el movimiento laboral se vuelve aún más urgente. Buscar un medio de transporte adecuado que se adapte a la necesidad de los usuarios es imperativo para lograr cumplir diferentes tareas con prontitud y seguridad.

Como se ha mencionado previamente, la selección de muchos consumidores se inclina hacia una opción; la motocicleta, por su versatilidad y capacidad de adaptación ha sido la mejor alternativa para llevar a cabo múltiples actividades manteniendo costos mínimos de funcionamiento. Prueba de ello, es la aparición de vehículos modificados en los sectores rurales como las tricimotos, motos con vagón de carga o motocicletas con instrumentos agrícolas adaptados.

Según Juan Pablo Vélez ,Gerente General Thunder Cycles, a través de El Financiero en su publicación “Ecuador es un mercado en potencial crecimiento en ventas de motocicletas”, asegura que el crecimiento de motocicletas responde a la necesidad del ecuatoriano por obtener soluciones de transporte eficientes y económicas; ventajas a las que se suma la reducción en el impacto ambiental, ya que la motocicleta genera menor huella de carbono y la cantidad de contaminantes emitidos es proporcionalmente más bajo que los autos.

Estas son solo algunas de las razones por las que el campo automotor en el sector de motocicletas ha crecido considerablemente. La revista Líderes en su artículo “12

ensambladoras se asocian para tomar velocidad”, indica que existen entre 800000 y 1000000 de estos vehículos circulando por el país, cifra que presenta constante aumento.

Por otro lado, un estudio realizado por MarketWatch acerca de la evolución del parque de motos en los últimos cinco años, menciona que la motocicleta se ha convertido en el medio de transporte y de carga más utilizado en las zonas urbanas y rurales evidenciando un incremento en las ventas año tras año hasta llegar a la cifra de 109132 unidades a nivel nacional.

Tabla 2.1 Evolución del parque de motos



Fuente: www.marketwatch.com.ec

En el Ecuador la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador AEADE realiza un levantamiento estadístico anual de la actividad del parque automotor que permite al público en general verificar la participación de un determinado segmento, marca o modelo en el mercado. Estas cifras formaran parte del sustento del presente estudio para la selección de alternativas y vehículo de análisis.

2.1 Marcas presentes en el mercado

Son muchas las marcas que han estado presentes en el país y que han desplegado una surtida oferta de modelos de motocicletas cumpliendo desde las expectativas básicas del consumidor

hasta las exigentes demandas de clientes que buscan exclusividad y características adicionales en estos vehículos.

Según el Diario El Comercio en su apartado “Mas de 100000 motocicletas se venden cada año en el país”, el repunte del sector comenzó en el 2000, a la par que se fijó la dolarización como sistema económico en Ecuador. Comandato fue “pionero” en este negocio al comercializar motos Suzuki. Añade que para ese año la cifra de motos vendidas no superaba las 2000 unidades en un mismo período, mientras que en la actualidad más de 100000 motocicletas se suman al parque automotor anualmente.

Pero Suzuki no ha sido la única marca que ha incursionado en el mercado ecuatoriano, fabricantes de distintas procedencias han tenido éxito por la gran acogida que las motocicletas presentan actualmente. Modelos originarios de China, Colombia, India, Brasil, Argentina, Tailandia, Italia, Alemania, Taiwan, entre otros; forman parte de la amplia gama que el usuario tuvo en consideración según cifras de la AEADE entre el año 2011 y 2013.

Tabla 2.2 Importación de motocicletas por país de origen

2011		2012		2013	
ORIGEN	UNIDADES	ORIGEN	UNIDADES	ORIGEN	UNIDADES
CHINA	28.136	CHINA	17.643	CHINA	16.685
COLOMBIA	5.686	COLOMBIA	9.954	COLOMBIA	9.321
BRASIL	1.299	INDIA	2.881	INDIA	6.338
INDIA	810	BRASIL	2.784	BRASIL	1.928
JAPÓN	282	ARGENTINA	1.719	TAILANDIA	696
AUSTRIA	185	JAPÓN	676	ITALIA	298
ITALIA	172	ALEMANIA	223	AUSTRIA	252
EE,UU,	67	TAIWÁN	208	JAPÓN	170
ALEMANIA	30	ESTADOS UNIDOS	203	TAIWÁN	142
TAILANDIA	16	ITALIA	142	ALEMANIA	142
OTROS	15	OTROS	116	OTROS	102
TOTAL	36.698	TOTAL	36.549	TOTAL	36.074

Fuente: AEADE, Anuario 2013

Sin embargo, a medida que la demanda se ha incrementado, la industria nacional también ha observado un punto de oportunidad tomando parte en el negocio. Actualmente varias son las ensambladoras presentes en el Ecuador; entre las más importantes cabe mencionar a Imveresa, Unnomotors, Vehículos y Comercio Astudillo, Metaltronic, Motosa, Prointer,

Dukare, Assemblimotos, Indufrance, Mercantil Dismayor, Ivthunder Motors y Massline. Así, la producción de motocicletas nacionales se ha fortalecido en el sector y ha mantenido posicionamiento en los últimos años.

Tabla 2.3 Ventas por país de origen

PAÍS DE ORIGEN	2011	%	2012	%	2013	%
CHINA	75.932	69,19%	76.421	65,52%	61.834	64,58%
ECUADOR	24.572	22,39%	22.600	19,38%	15.716	16,41%
INDIA	2.345	2,14%	6.949	5,96%	9.701	10,13%
COLOMBIA	5.432	4,95%	5.468	4,69%	7.353	7,68%
BRASIL	724	0,66%	4.375	3,75%	303	0,32%
JAPÓN	300	0,27%	277	0,24%	181	0,19%
AUSTRIA	128	0,12%	145	0,12%	185	0,19%
ITALIA	102	0,09%	126	0,11%	167	0,17%
ESTADOS UNIDOS	124	0,11%	125	0,11%	90	0,09%
OTROS	87	0,08%	147	0,13%	219	0,23%
TOTAL	109.746	100%	116.633	100%	95.749	100%

Fuente: AEADE, Anuario 2013

Entre las marcas concurridas es posible destacar a Suzuki, Shineray, Motor Uno, Daytona, Tundra, Honda, Sukida, Bajaj, QMC, Ranger, Dukare y Thunder. Marcas de prestigio como Yamaha, Ducati, BMW, KTM, Harley Davidson o Husqvarna también presentan movimiento comercial, pero no son las más influyentes en Ecuador.

Estas diez marcas importantes son las que formaron parte del estudio al determinar los modelos que se ofrecen con sistemas convencionales de frenado y los que incorporan sistemas auxiliares y complementarios. Se incluyó dentro de la selección modelos que tengan opción de equipamiento original o adicional de frenos ABS para poder realizar una comparativa entre las mejores alternativas.

Tabla 2.4 Ventas por marca

MARCAS	2011		2012		2013	
	2011	%	2012	%	2013	%
SUZUKI	16.838	15,34	16.442	14,10	13.047	13,63
SHINERAY	12.462	11,36	10.740	9,21	8.017	8,37
MOTOR UNO	10.334	9,42	10.062	8,63	7.432	7,76
DAYTONA	5.695	5,19	6.766	5,80	7.062	7,38
TUNDRA	6.088	5,55	7.484	6,42	5.477	5,72
HONDA	3.602	3,28	8.639	7,41	5.976	6,24
SUKIDA	5.854	5,33	4.824	4,14	7.047	7,36
BAJAJ	1.994	1,82	5.358	4,59	6.332	6,61
QMC	4.404	4,01	4.755	4,08	3.378	3,53
RANGER	5.047	4,60	4.347	3,73	2.838	2,96

Fuente: AEADE, Anuario 2013

Pero antes, es preciso señalar el tipo de motocicleta más demandado para confirmar lo señalado previamente acerca de las motocicletas utilitarias. Efectivamente, las motocicletas utilitarias o estándar son las privilegiadas por los ecuatorianos al reunir rasgos referentes a la economía, funcionalidad, durabilidad y adaptación.

Tabla 2.5 Ventas por segmento

SEGMENTO	2011	%	2012	%	2013	%
UTILITARIA	72.532	66,09%	74.472	63,85%	66.181	69,12%
DOBLE PRO-POSITO	18.599	16,95%	25.681	22,02%	19.025	19,87%
SCOOTER	11.155	10,16%	10.503	9,01%	7.008	7,32%
TRICIMOTO	2.278	2,08%	2.275	1,95%	1.048	1,09%
ENDURO	2.915	2,66%	1.023	0,88%	415	0,43%
CUADRON	1.605	1,46%	1.285	1,10%	1.167	1,22%
CUSTOM	48	0,04%	400	0,34%	419	0,44%
DEPORTIVA	152	0,14%	462	0,40%	222	0,23%
CROSS	269	0,25%	338	0,29%	145	0,15%
MINIMOTO	126	0,11%	121	0,10%	96	0,10%
OTROS	67	0,06%	73	0,06%	23	0,02%
TOTAL	109.746	100%	116.633	100%	95.749	100%

Fuente: AEADE, Anuario 2013

2.2 Modelos con inclusión de sistemas auxiliares de frenado

El aspecto económico no siempre va ligado con equipamiento y seguridad. Normalmente, los vehículos que presentan un enfoque hacia el precio desvían su atención hacia componentes de calidad, lo que evidentemente se traduce en confiabilidad y seguridad. Las motocicletas no son una excepción, al formar parte de la misma industria automotriz, están segmentadas para poder

dirigir un producto hacia diferentes niveles de exigencia. Como se demostró previamente, en el mercado ecuatoriano, la oferta de motocicletas utilitarias está conformado por marcas reconocidas y familiares del público en general. Esto proporcionó un punto de partida para ejecutar una investigación acerca de los modelos que se ofrece y aquellos que tienen más acogida en el consumidor.

Fue posible generar una tabla a través de los datos proporcionados en cotizaciones por marcas como Suzuki, Motor Uno, Sukida, Shineray, Bajaj y Honda. Esta información arrojo el primer avance acerca de cuál es la tendencia en equipamiento de las motocicletas económicas y utilitarias. Indudablemente, como se puede observar en la tabla 2.6, en el mercado vigente ecuatoriano ninguna de las motocicletas de baja cilindrada del segmento, que se encuentran dentro de la clasificación L3, poseen sistemas auxiliares de frenado. De hecho, algunos de los ejemplares expuestos, incorporan apenas frenos de tambor de baja tecnología.

Tabla 2.6 Modelos de motocicletas utilitarias presentes en el mercado

Marca	Modelo	Cilindraje	Frenos	ABS
Suzuki	GN125	124cc	Disco/Tambor	No
Suzuki	GD115	115cc	Tambor/Tambor	No
Suzuki	GS125	124cc	Disco/Tambor	No
Motor 1	GNE151	151cc	Disco/Tambor	No
Motor 1	FX	150/200/250cc	Disco/Tambor	No
Sukida	Stiff	150cc	Disco/Tambor	No
Shineray	XY150L	150cc	Disco/Tambor	No
Bajaj	Boxer	144,82cc	Tambor/Tambor	No
Bajaj	125	125cc	Disco/Tambor	No
Honda	Cargo	149cc	Tambor/Tambor	No
Honda	DreamNEO	109cc	Tambor/Tambor	No
Honda	CB1 Star	124,8cc	Tambor/Tambor	No

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Una de las principales razones para limitar el equipamiento de las motocicletas en seguridad activa es el costo que implica la instalación de sistemas eficientes de disco que puedan soportar

al mismo tiempo la adición de un circuito de ABS. Añadir este costo simplemente las arrojaría fuera de competencia.

El segmento de las “más vendidas” dentro de las utilitarias resulta una sección que no aporta a la selección pero si permite descartar algunos ejemplares. Por este motivo, es necesario expandir la investigación en busca de modelos que incluyan mejores características de desempeño principalmente en sistemas de frenado.

Dentro de la categoría L3 de motocicletas de baja cilindrada, existen modelos que aunque no presentan liderazgo en ventas, incorporan avances tecnológicos que los resaltan de la competencia. Bajaj, por ejemplo, en su Pulsar 200NS cuenta con discos en ambos ejes de mejor diámetro para incrementar la fuerza de frenado. Honda, de la misma manera, con su Invicta 2.0 ofrece características similares. Sin embargo, estos modelos todavía no presentan sistemas de frenado auxiliares como se puede observar en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Modelos de motocicletas más equipadas de la categoría L3

Marca	Modelo	Cilindraje	Frenos	ABS
Bajaj	Pulsar 200NS	199,4cc	Disco/Disco	No
Honda	Invicta 2.0	150cc	Disco/Disco	No

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

2.3 Selección y justificación de modelo de estudio

Dentro de las marcas influyentes que han sido incluidas en la investigación se ha verificado que ningún modelo incluye sistemas auxiliares de frenado que favorezcan a la seguridad activa de la motocicleta. Evidentemente, el ejemplar que podría beneficiar a la consecución del estudio no se encuentra entre los más vendidos, los más populares o los que presentan más acogida. Sin embargo, en una investigación paralela, fue posible localizar dos modelos que presentan condiciones para ejecutar el objetivo de este proyecto.

La casa comercial Mansuera S.A. entre algunas de sus marcas de distribución presenta a Vespa. Vespa es una marca de motocicletas que produce modelos vintage de tipo scooter con altos estándares tecnológicos. Entre esos, presenta motores de baja cilindrada turbo alimentados y sistemas eficientes de frenado.

Dentro de la oferta de Vespa se incluyen modelos de 150cc y 300cc, cilindrajes que se encuentran dentro de la categoría de estudio. La Vespa Sprint 150 es un excelente candidato al incorporar en su freno delantero y posterior sistema de ABS de doble canal.

Tabla 2.8 Ficha técnica Vespa Sprint 150

Motor	Mono cilíndrico, inyección electrónica, 4 tiempos con 3 válvulas con catalizador
Cilindraje (cc)	151
Potencia máxima (KW R / MIN)	10,7 CV a 7700 rpm
Encendido	Eléctrico
Velocidades	Variable CVT automática con servidor de par
Suspensión delantera	Mono brazo con muelle helicoidal y mono amortiguador
Suspensión trasera	Muelle helicoidal regulable en precarga en cuatro posiciones y mono amortiguador
Freno delantero	Disc de acero de 200 mm con accionamiento hidráulico y ABS doble canal
Freno trasero	Disco de acero 200 mm con accionamiento hidráulico y ABS doble canal

Fuente: piaggio.mansuera.com

Sin embargo, al tratarse de un scooter no presenta una estructura con claras similitudes en referencia a una motocicleta utilitaria en donde su chasis invita a otra modalidad de conducción. La posición de conducción del piloto afecta directamente al centro de gravedad de la motocicleta. Al tratarse de un vehículo en donde el usuario forma parte de una misma masa

motocicleta-piloto, la altura, la ubicación de las extremidades, la posición adoptada; cambian drásticamente el centro de gravedad del vehículo. Esto influye directamente en las prestaciones de frenado al hablar de una fuerza que participa activamente en la conducción.



Figura 2.1 Comparativa Vespa vs. Utilitaria

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Aunque Vespa no puede facilitar un ejemplar apto de estudio, proporciona un importante punto a considerar: la estructura. Para realizar las pruebas de frenado es necesario utilizar modelos con claras semejanzas en todos los posibles aspectos para que la comparación resulte lo más objetiva posible. No solo la estructura es importante, sino también su peso, el peso del conductor y la fuerza de frenado. Es decir, las motocicletas que sean seleccionadas deben tener la mayor cantidad de parámetros compartidos. Además, explorando un poco más la oferta de motocicletas, existe una marca que presenta dos modelos favorables para cumplir con las condiciones específicas para realizar un estudio de efectividad de frenado.

KTM del Ecuador es una firma presente en el mercado que ofrece motocicletas de distintas modalidades que por su diseño y tecnología de vanguardia es una clara opción a considerar al buscar alto desempeño y exclusividad. La marca exhibe motocicletas de doble propósito, todo terreno y de asfalto; esta última categoría ofrece amplia similitud en sus características con las motocicletas utilitarias. Aunque su precio no es el más accesible, no deja de ser una buena alternativa si lo que se busca es añadir seguridad a la conducción.

En la categoría de motocicletas de asfalto, KTM ofrece la gama Duke, que incluye modelos de 200cc y 390cc, cilindradas que se encuentran dentro de los parámetros de estudio. Las Duke son motocicletas de asfalto de tipo naked con un cuadro o chasis similar al de una motocicleta utilitaria. Pero más importante, se las comercializa con sistemas de ABS de doble canal, delantero y posterior, lo que las convierte en objeto interesante de análisis. La Duke 200, por su reducido peso, hubiera sido el modelo perfecto para ejecutar las pruebas, lamentablemente esta motocicleta no incorpora frenos ABS como lo hace su hermana mayor, la Duke 390. Como se puede observar en la tabla 2.7, siendo una motocicleta de pequeña cilindrada, la Duke 390 incorpora elementos de altas prestaciones que la convierten en un fuerte rival al destacar su deportividad y maniobrabilidad.

Tabla 2.9 Ficha técnica Duke 390

Motor	Mono cilíndrico, inyección electrónica, DOHC, 4v
Cilindraje (cc)	390
Potencia máxima (KW R / MIN)	44 CV a 9500 rpm
Encendido	Inyección electrónica Bosch
Velocidades	Manual, 6 marchas, embrague multidisco
Suspensión delantera	Horquilla invertida WP 43mm
Suspensión trasera	1 amortiguador, doble brazo tipo basculante
Freno delantero	Disco 300 mm Bybre con opción ABS
Freno trasero	Disco 230 mm Bybre con opción ABS

Fuente: KTM del Ecuador

Su motor ultra compacto, su chasis espacial ultraligero y su relación peso-potencia hacen de la sensación de conducción un aspecto imbatible en esta gama.



Figura 2.2 KTM Duke 390
Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

En una gestión realizada a través de la empresa GASMOT CIA. LTDA, fue posible disponer de un modelo de demostración de esta motocicleta lo que hizo posible la ejecución de las pruebas. La Duke 390 es solo una variante de la Duke 200 ya que no presenta mayores diferencias con excepción de su cilindrada; frenos, suspensión, transmisión y alimentación son los sistemas que comparten estos dos modelos.

La selección de la motocicleta de estudio presenta la condición de ser un vehículo competente para la ejecución de las pruebas, que tenga similitud con el tipo utilitario, y por supuesto, que disponga de un sistema auxiliar de frenado que permita destacar su desempeño. Sin embargo, para determinar la efectividad de un sistema, comparar con un modelo de similares rasgos es obligatorio para que pueda servir como referencia al momento de generar valores de funcionamiento.

Ya que la Duke 390 es el único modelo en el mercado dentro las características necesarias pertenecientes a la clase L3, resulta preciso encontrar motocicletas que aunque carezcan de sistema ABS, presenten particularidades semejantes al modelo de estudio. Para esto, se ha

utilizado la tabla 2.10 para realizar un cuadro comparativo y de esta manera escoger las alternativas más adecuadas.

Tabla 2.10 Comparativa modelo de estudio

Modelo	Pulsar NS200	Invicta 2.0	Duke 390
Parámetro			
Cilindraje (cc)	199,5	150	375
Peso (kg en vacío)	145	127	139
Estructura	Tubular compacta	Tubular compacta	Tubular compacta
Freno del (tipo/diámetro mm)	Disco 280	Disco 240	Disco 300
Freno post	Disco 230	Disco 220	Disco 230
ABS	No	No	Si

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Para efecto de las pruebas, y aunque la presión atmosférica afecta directamente al rendimiento volumétrico del motor al haber menos concentración de oxígeno, el cilindraje y el desempeño del motor son factores despreciables ya que las muestras se tomaron a una velocidad específica. La relación peso-potencia, en este caso no afectaría los parámetros de medición. Sin embargo, existen otras características que intervienen directamente en la calidad de los resultados.

El peso por ejemplo, es un factor a considerar ya que al tratarse de pruebas de frenado, esta magnitud podría generar una variante en la desaceleración promedio de la motocicleta. Por otro lado, la dimensión de los frenos es muy importante ya que mientras más superficie de contacto se disponga, más fácil será la disipación de temperatura, por lo tanto una mayor eficiencia en el frenado.

De esta manera, tomando referencia en las características expuestas en la tabla 2.10, es posible realizar una ponderación para determinar que motocicletas presentan mayor similitud en sus variantes.

Tabla 2.11 Ponderación candidatos de estudio

Modelo	Pulsar NS200	Invicta 2.0	Duke 390
Parámetro			
Cilindraje (cc)			
Peso (kg en vacío)	X		X
Estructura	X	X	X
Freno del (tipo/diámetro mm)	X		X
Freno post	X	X	X
ABS			X

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Los modelos de estudio proporcionaron datos de entrada para ser comparados objetivamente posterior a la realización de diferentes pruebas de frenado según la normativa a seleccionada. De la misma manera, estas motocicletas cumplen con los requisitos mínimos de homologación en el Ecuador por lo que determinar su efectividad de frenado se convierte en un aspecto de interés para el usuario.

Las motocicletas seleccionadas por sus características se encuentran expuestas en la figura 2.3, su información específica se incluirá como datos de entrada previo a realizar las pruebas respectivas.



Figura 2.3 Modelos de estudio
Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

2.4 Selección de neumáticos

Toda motocicleta incorpora un tipo específico de neumático recomendado por el fabricante para lograr el máximo desempeño en múltiples superficies. Ya que el modelo de estudio se trata de un vehículo pretendido principalmente para áreas urbanas, KTM incluye un neumático con poco labrado, de un compuesto blando y permisible para condiciones secas y húmedas.



Figura 2.4 Neumático Duke 390
Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Sin embargo el mercado nacional también presenta otras alternativas que pueden ser útiles para realizar pruebas específicas. Continental, por ejemplo, dispone de su Conti Attack en la misma medida, llanta que puede encajar perfectamente en las dimensiones del aro cumpliendo con las recomendaciones de KTM.

Tabla 2.12 Comparativa neumáticos

Modelo	Metzeler sportec	Conti Attack
Parámetro		
Neumático del	110/70 ZR17	110/70 R17
Neumático post	150/70 ZR17	150/70 R17
Uso	Asfalto	Asfalto
Procedencia	Alemania	Alemania

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Las medidas de los neumáticos son permisibles para ambos modelos de estudio por lo que es posible conservar el mismo neumático para descartar el coeficiente de fricción como un valor a considerar.

Se ha tomado las características provenientes de cada fabricante para brindar un panorama más amplio de cuál es el mejor neumático para la utilización en las pruebas a realizarse. Distintos parámetros son destacados por los productores para describir las capacidades de su ejemplar bajo diferentes condiciones. En la tabla 2.13 se puede observar porque Metzeler es el neumático que de manera preliminar puede ofrecer resultados prometedores.

Tabla 2.13 Ponderación neumáticos

Modelo	Metzeler sportec M5	Conti Attack
Parámetro		
Maniobrabilidad	X	X
Calentamiento rápido	X	X
Larga duración	X	
Estabilidad en curva	X	X
Percepción de superficie	X	X
Tecnología Multigrip		X
Contacto en ángulos inclinados	X	X
Tecnología Interactiva	X	
Evacuación rápida de agua	X	
Alto compuesto de sílica	X	X
Alta tracción en superficies húmedas	X	

Fuente: <http://www.metzeler.com/site/es/products/compare.html> , <http://www.continental-neumaticos.es/moto/tires/motorcycle-tires/sport-touring/contiroadattack2evo>.

Realizado: Romero, M., Vázquez, J.

Las dos opciones exhiben prestaciones similares, sin embargo, Metzeler Sportec M5 contiene características adicionales que pueden favorecer a los ensayos, especialmente en superficies mojadas por su tipo de labrado y alto compuesto de sílica. Adicionalmente, las normativas solicitan la utilización del neumático recomendado por el fabricante para no modificar el desempeño original de la motocicleta.

2.5 Selección de la calzada

La superficie sobre la que giran los neumáticos constituye un factor interviniente al modificar el coeficiente de adherencia según el coeficiente de fricción de los elementos en contacto. El coeficiente de fricción es determinado en función de la composición del material y de su estado, seco o mojado.

Las áreas urbanas, indudablemente, son las más concurridas por las motocicletas. Las superficies que presenta la urbe no difieren mucho a lo largo de su extensión pero existen dos tipos de calzada principales en el DMQ. Calles, avenidas y carreteras asfaltadas son la generalidad, sin embargo, la geografía de ciertos sectores hacen del asfalto vulnerable a fracturas y filtraciones que a corto plazo deterioran el estado de la calzada. En estos casos, es posible encontrar con seguridad distintos tipos de adoquinado que por su método de construcción resulta favorable para terrenos escalopados, sinuosos, o con poca permeabilidad.



Figura 2.5 Tipos de calzada
Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

CAPITULO III

3. Normativas y regulaciones

Desde la invención de los vehículos automotores, la aparición de los accidentes fue inevitable a medida que la velocidad promedio se incrementaba. En un principio, cambiar la forma de movilizarse de carrozas a vehículos motorizados, alteró completamente la percepción de seguridad a la que la población estaba acostumbrada.

La seguridad no siempre fue una preocupación para los fabricantes. De hecho, la carrera por producir autos más veloces como prioridad duro varias décadas hasta modificar las preferencias en el consumidor. El usuario no solo deseaba entonces vehículos veloces, sino que también, optaba por una tendencia inclinada hacia el diseño, confort y posteriormente, hacia la seguridad.

Desde que la industria aeronáutica inicio su influencia en el sector automotriz, la aparición de elementos mecánicos de mayores prestaciones no fue la única tecnología que mejoró sus características para brindar al usuario nuevas alternativas, por el contrario, la inversión en el área de investigación para la seguridad se convirtió en una oportunidad para las casas productoras. Es así que elementos como los parabrisas, los cinturones de seguridad, los pretensores, las bolsas de aire, las estructuras deformables y demás componentes de seguridad activa y pasiva; fueron adquiriendo valor al momento de ofrecer un vehículo al mercado. Conforme estos avances demuestran mejores resultados, la presión del consumidor obligaba a que sean incorporados en nuevos ejemplares para mantener una marca competitiva. Sin embargo, en la actualidad varios son los medios de transporte que todavía no incorporan tecnología adecuada de seguridad. El principal motivo para que esto ocurra es la carencia de normativas y regulaciones encargadas de permitir o restringir la distribución de un producto.

Cada país es libre de adoptar o de generar normativas y regulaciones que se encarguen de garantizar la seguridad del usuario y el pleno conocimiento del producto.

Una norma es un conjunto de especificaciones para partes, materiales o procesos establecidos a fin de lograr uniformidad, eficiencia y cantidad especificadas. Uno de los propósitos importantes de una norma es poner un límite al número de artículos en las especificaciones para proporcionar un inventario razonable de herramientas, tamaños, formas y variedades. (Budynas y Nisbett, 2008). Mientras que una regulación, según la Real Academia Española o “RAE”, es la puesta de algo en estado de normalidad o la determinación de normas.

Existen diversos tipos de normas y regulaciones que enfocan su atención en aspectos específicos. Entre los más abordados e influyentes sectores se puede mencionar a los concernientes a emisiones, incorporación de bolsas de aire, sistemas de control de estabilidad y asistencia al frenado.

El panorama con las motocicletas no difiere mucho al estar ligado estrechamente con la industria automotriz. Pese a esto, las regulaciones referentes a los sistemas de frenado en las motocicletas no ha mantenido el ritmo con el avance tecnológico. La introducción de discos de freno de alta fiabilidad dio el paso a la inclusión de nuevos sistemas auxiliares como el CBS o sistema de frenado combinado y el sistema antibloqueo de frenos ABS. Pero aunque esta tecnología se encuentra ya disponible, pocos han sido los esfuerzos para considerarlas indispensable en este tipo de vehículos.

En la actualidad, la Unión Europea lidera el movimiento al presentar constantes propuestas de mejoramiento a la seguridad vial y lo demuestra al exigir la incorporación de sistemas ABS o CBS a través de la Regulación Técnica Global no. 3 y la Directiva de la UN no. 78 en motocicletas de más de 125cc a partir del 2016.

En el Ecuador, el Instituto Ecuatoriano de Normalización, es el encargado de la regulación de los elementos mínimos de seguridad de los vehículos según su clasificación. Con respecto a las motocicletas, existen ciertos requisitos que indica la normativa NTE 2558 para aprobar la circulación de uno de estos vehículos en el país; sin embargo, la normativa carece de pruebas y exigencias referentes hacia sistemas ABS.

Es así que la selección de normativas nacionales o internacionales presentara ensayos específicos para determinar la efectividad de un sistema auxiliar de frenado en una motocicleta.

3.1 NTE INEN 2558:2010

El Instituto Ecuatoriano de Normalización posee una norma para la regulación de motocicletas en el país, específicamente en seguridad de motocicletas, en el mecanismo de frenos y procedimientos de inspección. La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2558:2010 establece los requisitos que deben cumplir las motocicletas en el país para ser fiables y seguras. Para el desarrollo de la misma, se fundamentó en la norma de seguridad vehicular brasilera “Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 14180-6. Inspeção de segurança vehicular. Motocicletas e semelhantes. Parte 6: Freios. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 1998.” El alcance que tiene esta norma, involucra todas las motocicletas que se importen, ensamblen y se vendan en el mercado ecuatoriano, que tengan cilindraje entre 250 cc a 400 cc y cuenten con un motor de 4 tiempos. Se exceptúan las motocicletas que son de juguete y las que son para competencia. Para la respectiva aprobación de las motocicletas sometidas a esta normativa, presentaran frenos de servicio y frenos de socorro, sin ninguno de los defectos que se especifican en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Defectos en la motocicleta según INEN

EFICIENCIA
Eficiencia total de frenado inferior al 80%
COMANDOS
Fijación y conservación inadecuada de la palanca, pedal y soportes
Curso y descanso excesivo o retorno del pedal de freno
Pedal no mantiene posición después de accionado
Ausencia de descanso en el curso del pedal de freno
RESERVORIO DE LIQUIDO DE FRENOS
Conservación deficiente
Falta de estanqueidad
Nivel de fluido ineficiente
Fijación deficiente
CIRCUITO DEL FRENO
Conservación y fijación deficiente de parte del sistema (articulaciones, varillas, mangueras y cables)
Varillas y cables dañados (torcidos, deformados y terminales deshilados)
Falta de estanqueidad
Válvulas dañadas
Mangueras de fluido dañados (torcidos o deformados)
Funcionamiento irregular
DISCOS, TAMBORES, BRAZOS, CALIPERS, PASTILLAS Y OTROS COMPONENTES
Conservación y deformación deficiente
Anclaje deficiente de las pastillas de freno y calipers

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Lamentablemente, en el Ecuador no existe ninguna regulación o norma que especifique la inclusión de sistemas auxiliares como el sistema ABS. Aunque la norma INEN 2558 propone ciertos requisitos generales para que se permita comercializar vehículos de dos ruedas, estos son de baja exigencia repercutiendo directamente en la seguridad de las motocicletas que se expenden en el país.

3.2 Regulación UNECE No. 78

La United Nation Economic Commission for Europe UNECE, es el ente regulador que se encarga de unificar las normas, reglamentos y regulaciones en general, existentes en Europa. Dentro de estos reglamentos se encuentra la regulación número 78, la misma que hace

referencia a disposiciones para la homologación de las motocicletas de la categoría L con respecto al frenado.

3.2.1 Aplicación

Esta regulación aplica a vehículos de la categoría L; no aplica a motocicletas que tengan una velocidad final de menos de 25 Km/h y motocicletas que estén diseñadas para discapacitados.

3.2.2 Requisitos generales

Para las respectivas pruebas en la motocicleta, el vehículo tendrá la disposición o configuración de los mecanismos y partes de freno para que el conductor o piloto pueda accionarlos sentado y con sus dos manos en el manillar. Además, instalados los frenos en la motocicleta, las pastillas estarán visibles al conductor para su respectivo chequeo de desgaste del material de fricción, libre de amianto. Por otro lado, las motocicletas durante las pruebas no presentan fugas de líquidos de frenos.

3.2.3 Condiciones de prueba, procedimientos y requisitos de funcionamiento

Adicionalmente, para realizar los ensayos es necesario asegurar las siguientes condiciones:

- Temperatura ambiente.- entre 4° C y 45° C.
- Velocidad del viento.- no es más de 5 m/s.
- Tolerancia de velocidad de la prueba.- ± 5 Km/h.

3.2.3.1 Superficies de ensayo

Las superficies en las que se realiza las pruebas de esta regulación, cumplen ciertos parámetros o requisitos preestablecidos, a continuación se detalla los tipos de superficie y sus parámetros.

a) Superficie de alta fricción

Aplica a todas las pruebas de frenado dinámico, menos para la prueba de motocicletas con ABS con superficie de baja fricción. Asimismo en el área de pruebas la superficie es limpia y plana, con una elevación menor o igual a 1°. También cuenta con un coeficiente de frenado máximo PBC de 0,9.

b) Superficie de baja fricción

Aplica a todas las pruebas de frenado en motocicletas que especifican o indican una superficie de baja fricción, de la misma manera que la superficie de alta fricción, el área de pruebas es una superficie nivelada de máximo 1° de elevación, seca y limpia. La superficie tendrá un PBC menor o igual de 0,45.

Se establece que para las categorías de motocicletas L1 y L3 el ancho mínimo del carril es de 2,5 m. Para motocicletas de tres ruedas el ancho de carril será de 2,5 m. más el ancho del vehículo.

3.2.3.2 Preparación del vehículo para las pruebas:

La “UNECE” en su regulación, establece que el vehículo o motocicleta estará configurado según sus requerimientos.

- Ralentí del motor.- ralentí establecido por el fabricante.
- Presión de los neumáticos.- inflados a la especificación del fabricante.

3.2.4 Proceso y pruebas

Para el proceso de las pruebas se considera ciertos pasos y procedimientos lógicos para el desarrollo y aplicación de las distintas pruebas existentes. La regulación no. 78 indica una secuencia para el proceso completo de pruebas de frenado. Por esta razón, es imperativo

continuar un orden de pruebas para estandarizar los resultados obtenidos. La secuencia a seguir es la siguiente:

Tabla 3.2 Secuencia de pruebas

Orden de Pruebas	
1	Parada en seco, accionamiento individual
2	Parada en seco, accionamiento simultaneo
3	Prueba de velocidad
4	Prueba de humedad
5	Prueba de temperatura o desvanecimiento
6	Si dispone:
6.1	Prueba freno de aparcamiento
6.2	Prueba de ABS
6.3	Falla parcial, para sistemas de freno combinado
6.4	Falla de freno con sistema CBS

Fuente: UNECE Regulation No. 78, 2007

3.3 Regulación Técnica Global GTR No 3

Los reglamentos que rigen el sistema de frenos han tenido una constante actualización conforme se han aplicado nuevos avances tecnológicos o sistemas complementarios al de freno convencional. El objetivo principal de las nuevas normativas es reducir y minimizar las lesiones y muertes ocasionadas por accidentes que involucren una motocicleta.

Esta regulación proporciona procedimientos y requisitos para realizar ensayos de conformidad fácilmente. Incluye pruebas para los sistemas más recientes de frenado que contienen ABS y CBS. Se fundamenta en la mayor parte de reglamentos y normativas locales, para establecer un reglamento a nivel general, que sea de ayuda para quien requiera de la información.

3.3.1 Aplicación

Aplicable a toda la categorización de motocicletas, todos los vehículos de dos o tres ruedas categoría L3. Esta regulación no incluye:

- Vehículos de velocidad máxima de 25 km/h.
- Vehículos equipados para pasajeros con discapacidad.

Para el desarrollo de este reglamento, se examinó cada uno de los reglamentos y normas en las que se basan para comparar los requisitos de cada una de ellas con el fin de conseguir los objetivos siguientes:

- Proporcionar el más alto nivel de eficacia del sistema de frenado en la motocicleta.
- Ser representativa para los test y técnicas de medición.
- Aplicable en la práctica con la tecnología de frenado existente y futuras.

3.3.2 Principio

Es una recopilación de los procedimientos más estrictos de ensayo, pero principalmente se basan en las instrucciones de la UNECE Regulation No. 78, The United States Federal Motor Vehicle Safety Standard FMVSS No. 122 y la norma de seguridad japonesa JSS 12-61.

3.3.3 Finalidad

La finalidad de esta regulación es garantizar el rendimiento de frenado en condiciones normales de conducción y de emergencias.

3.3.4 Requisitos generales

Los modelos de motocicleta que se someterán a prueba presentaran la misma facilidad para accionar el freno así como la posición de piloto establecido en la regulación UNECE no. 78.

El circuito hidráulico de frenos en las motocicletas, debe estar totalmente hermético, sellado y cubierto, tanto cañerías como depósito de líquido de frenos. Tener un depósito que se pueda

divisar el nivel de líquido de freno para el conductor. Por otro lado, las luces testigos deben estar ubicadas en vista del piloto.

En cuanto a la durabilidad de las pastillas de freno, la GTR No 3 establece que el espesor del material de fricción estará visible sin necesidad de desmontar. También menciona que durante las pruebas no existirá desprendimiento de material de frenado ni fugas de líquido de freno. Por último, las pastillas de freno no deben contener amianto.

3.3.5 Condiciones de prueba, procedimientos y requisitos funcionamientos:

En las pruebas o test que se realizan según la GTR No 3, se deben cumplir ciertas condiciones para que los resultados obtenidos sean de acuerdo a lo establecido en la reglamentación.

3.3.5.1 Superficies de ensayo

Es de suma importancia para las pruebas de la GTR No 3 tener conocimiento de los coeficientes de adherencia o frenado de las superficies en las que se realiza las diferentes pruebas de esta reglamentación.

La regulación utiliza primordialmente dos tipos de superficie, una de alta fricción y una de baja fricción.

a) Superficie alta fricción

Aplica a todas las pruebas de frenado dinámico, exceptuando la prueba de los sistemas de ABS. Dicha superficie debe estar limpia, seca y nivelada, con una gradiente menor o igual a 1%. Posee un coeficiente de frenado o peak braking coefficient PBC de 0,9.

b) Superficie baja fricción

Aplica a las pruebas de ABS, la calzada es una superficie limpia y plana, con una gradiente de menor o igual al 1% y con un coeficiente de frenado PBC menor o igual al 0,45.

Para las motocicletas o vehículos de dos ruedas el ancho mínimo es de 2.5 m y para vehículos de tres ruedas el ancho es de 2,5 más la anchura del vehículo.

3.3.5.2 Preparación del vehículo para las pruebas

La Regulación Técnica Global número 3 indica ciertos parámetros y requisitos que el vehículo que se someterá a prueba debe cumplir. Garantizar que la motocicleta se encuentre conforme a lo solicitado en la regulación ayuda a reducir posibles fallas de medición ocasionadas por la no estandarización de los siguientes parámetros en el vehículo:

- Ralentí de motor.- especificado por el fabricante.
- Presión de neumáticos.- neumáticos inflados bajo la especificación del fabricante.
- Aplicación de la fuerza en manigueta.- la fuerza se aplica de forma perpendicular a 50mm desde el punto exterior de la palanca de freno.
- Aplicación de la fuerza en el pedal.- se aplica en el centro del pedal de manera perpendicular en ángulos rectos.

3.3.5.3 Condiciones de ensayo

La GTR sugiere considerar las siguientes condiciones de ensayo para que los resultados mantengan precisión:

Tabla 3.3 Condiciones de ensayo

Temperatura ambiente	4 °C a 45 °C
Velocidad de viento	≥ 5 m/s
Tolerancia de velocidad	≥ 5 Km/h

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

3.3.6 Proceso y pruebas

La reglamentación establece varias pruebas de frenado pero se selecciona solo aquellas que soportan el propósito de estudio. A continuación se describe las pruebas elegibles.

3.3.6.1 Prueba de parada en seco, separados

Aplica en todas las categorías de motocicletas, esta prueba se la realizará con el motor desconectado y cumpliendo con los requisitos siguientes:

Tabla 3.4 Parámetros de prueba de parada en seco, accionamiento separado

Temperatura inicial freno	$\geq 55 \text{ }^\circ\text{C}$ o $\leq 100 \text{ }^\circ\text{C}$
Velocidad de prueba	60 Km/h
Presión de frenado	Delantero, 200 N
	Posterior, 350 N

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Después de detener el vehículo, acelerar a la velocidad de prueba para posteriormente accionar el freno.

3.3.6.2 Prueba parada en seco, simultaneo

Esta prueba aplica a las categorías L3, L4 y L5. La motocicleta debe estar ligeramente cargada y el motor desconectado cumpliendo con los parámetros respectivos:

Tabla 3.5 Parámetros de prueba parada en seco, accionamiento simultaneo

Temperatura inicial freno	$\geq 55 \text{ }^\circ\text{C}$ o $\leq 100 \text{ }^\circ\text{C}$
Velocidad de prueba	100 Km/h
Presión de frenado	Delantero, 250 N
	Posterior, 400 N

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

El número de paradas se limita a un máximo de 6. Para cada parada se acelera el vehículo a la velocidad de prueba para proceder a accionar el freno con la presión determinada.

3.3.6.3 Velocidad

Este proceso de prueba se la puede aplicar a motocicletas con categorización L3, L4 y L5, no aplica a motocicletas que su velocidad final sea menor o igual a 125 Km/h, el vehículo debe estar ligeramente cargado, con el motor en accionamiento en la marcha superior cumpliendo también con parámetros específicos:

Tabla 3.6 Parámetros prueba de velocidad

Temperatura inicial freno	$\geq 55 \text{ }^\circ\text{C}$ o $\leq 100 \text{ }^\circ\text{C}$
Velocidad de prueba	0,8 Velocidad máxima
Presión de frenado	Delantero $\geq 250 \text{ N}$
	Posterior $\geq 400 \text{ N}$

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Esta prueba tendrá un límite máximo de 6 paradas después de que se alcance los requisitos de la prueba.

3.3.6.4 ABS test

Esta prueba solo aplica a las motocicletas que vienen equipadas con sistemas de ABS que se encuentran en las categorías L1 y L3. Sirve para confirmar la eficacia, el buen funcionamiento del sistema de freno que incluye ABS y su rendimiento en el caso de alguna falla. Además, los vehículos o motocicletas sometidos a este ensayo, cumplirán condiciones necesarias como poseer una carga ligera y desconectar el motor.

Este ensayo comprende varias pruebas individuales para lograr el resultado final, sin importar el orden de las mismas, como se refiere la Regulación Técnica Global No. 3.

a) Detener la motocicleta en superficie alta fricción

Cuando el conductor accione los mecanismos de freno, la aplicación de la fuerza se la realizara de manera simultánea. En este sentido, la fuerza aplicada será la necesaria para garantizar la activación del sistema ABS hasta que se alcance la velocidad de 10 Km/h.

Tabla 3.7 Parámetros prueba ABS, superficie de alta fricción

Temperatura inicial freno	$\geq 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $\leq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
Velocidad de prueba	60 Km/h

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

En cuanto a número de paradas estará limitado a un máximo de 6 detenciones.

b) Detener la motocicleta en superficie baja fricción

En esta prueba individual, los requisitos son los mismos que la prueba de alta fricción pero utilizando una superficie de baja fricción.

c) Control de bloqueo de ruedas en superficies de alta fricción y de baja fricción

En esta prueba se considera las dos superficies, tanto de alta como de baja fricción.

Tabla 3.8 Parámetros de prueba, Control de bloqueo de ruedas en superficies de alta fricción y de baja fricción

Temperatura inicial freno	$\geq 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $\leq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
Velocidad de prueba	alta fricción, 80 Km/h baja fricción, 60 Km/h

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

La aplicación de freno será de manera separada, sin embargo, cuando la motocicleta incorpora ABS en los dos frenos, tanto en el freno delantero como en el freno posterior, la aplicación de la fuerza es de manera simultánea. En este sentido la presión de frenado será la necesaria para garantizar el accionamiento del ABS hasta reducir a 10 Km/h, este accionamiento se lo aplica en un tiempo de 0,2 a 0,5 milisegundos. Igualmente tendrá un límite de tres detenciones.

d) Control de bloqueo de las ruedas, de alta a baja superficie fricción

Las superficies en esta prueba particular están dispuestas de una configuración tal que la motocicleta transite por dos superficies, superficie de alta fricción seguido por la superficie de baja fricción.

Tabla 3.9 Parámetros de prueba, Control de bloqueo de las ruedas, de alta a baja superficie fricción

Temperatura inicial freno	$\geq 55\text{ °C}$ o $\leq 100\text{ °C}$
Velocidad de prueba	50 Km/h

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

La aplicación de fuerza de frenado se la realiza de forma simultánea y debe de mantenerse hasta que el sistema ABS trabaje totalmente y la motocicleta reduzca su velocidad a 10 Km/h. Como se mencionó en el anterior test, esta prueba también tendrá un límite de 3 paradas máximas. Para cada parada, se acelera el vehículo a la velocidad de prueba y se frena antes de ingresar a la superficie de baja fricción.

e) Control de bloqueo de ruedas, de baja a alta superficie de fricción

Esta prueba es similar a la anteriormente mencionada pero dispondrá de una superficie de baja fricción, seguido por una de alta fricción cuyo coeficiente de frenado sea mayor o igual a 0,8.

Tabla 3.10 Parámetros de prueba, Control de bloqueo de ruedas, de baja a alta superficie de fricción

Temperatura inicial freno	$\geq 55\text{ °C}$ o $\leq 100\text{ °C}$
Velocidad de prueba	50 Km/h

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

La aplicación de la fuerza tanto en el eje delantero como en el posterior se la realiza de manera simultánea y se la mantiene hasta que el vehículo disminuya la velocidad a 10 Km/h, con un límite de 3 detenciones.

f) Parada con una falla eléctrica del sistema ABS

Con el sistema ABS desconectado, se realiza la prueba de parada en seco con accionamiento de frenos de manera separada, se rigen los mismos requisitos y parámetros de dicha prueba.

3.4 Estándar de seguridad federal para vehículos motorizados FMVSS 122 “Sistemas de freno de Motocicletas”

Los Estados Unidos de Norte América es un activo participante en la generación de normativas y regulaciones concernientes a la seguridad vial a través de la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Autopistas NHTSA o National Highway Traffic Safety Administration. Desde el tratado realizado en 1998 por la Unión Europea para la creación de una Regulación Técnica Global GTR, EEUU ha presentado un constante aporte proporcionando referencia y pruebas específicas para los sistemas de frenado de las motocicletas. Aunque EEUU no ha acogido a la GTR. No 3 como requisito para la homologación de las motocicletas distribuidas en ese país, el desarrollo de procedimientos de ensayo es constante. Prueba de esto es la inclusión de evaluaciones a sistemas freno combinado y anti bloqueo de frenos en la tercera revisión de su procedimiento de pruebas TP 122 publicada en el 2013.

La FMVSS 122 “Sistemas de freno de motocicletas”, tomo efecto el 1ero de enero de 1974 especificando los requisitos de desempeño que integrar una motocicleta en su sistema original de frenado. El objetivo principal del estándar es garantizar la seguridad de funcionamiento del sistema de freno de una motocicleta bajo condiciones normales o emergentes. La seguridad de este sistema está determinada por algunos factores como la distancia de parada, la estabilidad linear en el frenado, la resistencia a la fatiga y la recuperación de este efecto. Adicionalmente, el sistema presenta medidas de contingencia en caso de malfuncionamiento para detener la motocicleta en su totalidad.

Todos esto más los procedimientos de prueba establecidos en el estándar se unen en la intención de mantener en armonía la seguridad de los pilotos y sus ocupantes con los avances tecnológicos presentes en el mercado.

Las reglamentación del estándar incluye pruebas con capacidad máxima de peso, peso mínimo de motocicleta, prueba de freno en seco y mojado, pruebas de desempeño de ABS en caminos resbaladizos o condiciones de emergencia y una última evaluación de funcionamiento de frenos en caso de falla parcial.

3.4.1 Aplicación y requisitos generales

La FMVSS No. 122 aplica a motocicletas de dos y tres ruedas de más de 50cc y una velocidad superior a los 50 km/h. Entre los requisitos solicitados por el estándar, la motocicleta debe cumplir con las siguientes exigencias:

- Control y operación del freno de servicio.- Toda motocicleta debe tener una configuración que permita al piloto accionar el freno de servicio mientras se encuentra en la posición normal de conducción y con las dos manos en el manillar.
- Control y operación del sistema secundario de frenos.- Toda motocicleta debe poseerá una configuración que permita al piloto accionar el freno secundario mientras se encuentra en la posición normal de conducción y por lo menos con una mano en el manillar.
- Equipamiento.- Toda motocicleta deberá estar equipada con dos sistemas separados de freno de servicio o con un sistema dividido de frenado, el sistema debe ser capaz de operar la llanta delantera y posterior separada o simultáneamente.
- Sistema hidráulico de frenos.- Para motocicletas que utilicen fluido hidráulico como transmisor de fuerza de frenado, el cilindro maestro deberá estar sellado, contener una cantidad equivalente a 1.5 veces el contenido del circuito en las peores condiciones y

brindara la posibilidad de verificar el estado del fluido así como el nivel actual del mismo.

- Luces de advertencia.- Todos los indicadores y alertas deben estar a la vista del conductor incluyendo los testigos del sistema ABS en caso de incluir.

3.4.2 Condiciones de prueba

Para la realización de los ensayos de desempeño es necesario garantizar condiciones predefinidas evitando así la inclusión de factores interferentes.

3.4.2.1 Superficies de ensayo

Las superficies de ensayo son determinantes al presentar características específicas a las que debe estar sometida una motocicleta al momento de medir el desempeño del sistema de frenado.

Los procedimientos de prueba de la TP 122 diferencian dos superficies en función de su grado de fricción:

- Superficie de alta fricción.- Utilizada en pruebas dinámicas de frenado excluyendo las pruebas de ABS en donde una superficie de baja fricción es necesaria. Esta superficie estará limpia, seca y nivelada, con una gradiente no mayor al 1% y con un PBC de por lo menos 0.9.
- Superficie de baja fricción.- Utilizada en pruebas de ABS en donde este tipo de superficies es necesaria. Esta superficie estará limpia, seca y nivelada, con una gradiente no mayor al 1% y con un PBC menor o igual a 0.45.
- Ancho de calzada.- Para motocicletas de dos ruedas es necesario un ancho de 2.5 metros. Para motocicletas de tres ruedas hay que agregar el ancho del vehículo.

3.4.2.2 Requisitos específicos

Los procedimientos de prueba incluyen ciertas tolerancias permisibles al momento de realizar los ensayos permitiendo un pequeño margen de variabilidad en el desempeño, sin embargo, la TP 122 recomienda lo siguiente con respecto a los siguientes factores:

- Temperatura ambiente.- Entre 4° C y 45° C
- Velocidad del viento.- No mayor a 5m/s
- Tolerancia de velocidad de la prueba.- La tolerancia se sitúa en ± 5 km/h
- Ralentí de motor.- Estará ubicado según las especificaciones del fabricante
- Presión de neumáticos.- Sera verificada según las especificaciones del fabricante en función de la carga para cada prueba.
- Posición del vehículo y bloqueo de ruedas.- La motocicleta deberá estar ubicada en la mitad del carril de pruebas y no será permitido que las ruedas sobrepasen área de ensayo o que se bloqueen.

3.4.3 Pruebas de funcionamiento

La FMVSS No. 122 a través de la TP 122 establece los ensayos necesarios para cumplir satisfactoriamente con los requisitos mínimos de desempeño del sistema de frenado que debe contener una motocicleta.

3.4.3.1 Prueba de pre y post pulido

Los frenos de servicio de la motocicleta deben ser capaces de detener el vehículo en las distancias específicas a 48km/h y a 96km/h. Los frenos son pre pulidos o asentados realizando 200 paradas con una deceleración de 3.65m/s^2 . La prueba de post pulido se realiza de la misma manera realizando la misma cantidad de detenciones posterior a los ensayos de distancia de frenado.

3.4.3.2 Prueba de desvanecimiento y recuperación

La prueba de desvanecimiento o fatiga producto del cambio constante de temperatura compara el desempeño del sistema de frenos de la motocicleta antes y después de 10 detenciones a 96km/h con una deceleración no menos a 4.58m/s^2

3.4.3.3 Prueba de falla parcial

En el caso de la presencia de una fuga de fluido en el sistema, el líquido restante en el circuito debe continuar operando y ser capaz de detener la motocicleta a 48 km/h y 96 km/h en las distancias específicas.

3.4.3.4 Prueba de recuperación en mojado

Esta prueba compara el desempeño del sistema antes y después de que los frenos han sido sumergidos en agua por dos minutos. Tres líneas de referencia son utilizadas para detener la motocicleta a 48km/h con una deceleración entre $3.048\text{-}3.352\text{m/s}^2$ con la máxima fuerza de la manija y el pedal de freno promediado en las tres paradas de referencia.

3.4.3.5 Prueba de velocidad máxima

Esta prueba se realiza para determinar la velocidad máxima de la motocicleta previo a la realización de los ensayos. Esta información es importante para la aplicación de fórmulas en pruebas dinámicas. La regulación indica que se debe realizar en una distancia de no más que 1.6 km y con una superficie nivelada.

3.4.4 Pruebas de desempeño dinámico

Las pruebas de desempeño dinámico ponen en descubierto la capacidad de la motocicleta para frenar en condiciones simuladas a las presentes en la realidad.

3.4.4.1 Prueba de frenado en seco con un solo accionamiento

Es una prueba aplicable a todo tipo de motocicletas y debe ser realizada en una superficie nivelada, con el motor desconectado al momento del accionamiento, con la motocicleta ligeramente cargada y con una temperatura inicial de freno ente 55 °C y 100 °C. Se realizará 6 detenciones a 60 km/h o al 90% de la velocidad máxima de la motocicleta logrando detenerse en una distancia específica.

3.4.4.2 Prueba de frenado en seco con accionamiento simultáneo

Es una prueba aplicable a todo tipo de motocicletas y es realizada en una superficie nivelada, con el motor desconectado al momento del accionamiento simultáneo de los dos frenos, con la motocicleta ligeramente cargada y con una temperatura inicial de freno ente 55 °C y 100 °C. Debe realizarse 6 detenciones máximo a 100 km/h o al 90% de la velocidad máxima de la motocicleta logrando detenerse en una distancia específica.

3.4.4.3 Prueba de alta velocidad

Esta prueba no es necesaria para motocicletas que su velocidad máxima sea menor a 125 km/h. Se realiza bajo las mismas condiciones que la prueba en seco con accionamiento en simultáneo pero al 80% de la velocidad máxima de la motocicleta con un máximo de 160 km/h. La motocicleta debe detenerse en una distancia específica a partir del momento de accionamiento.

3.4.4.4 Pruebas de ABS

Estas pruebas solo aplican a motocicletas que incorporen sistemas de ABS en su mecanismo de frenado. Estos ensayos son para confirmar el correcto desempeño del sistema en caso de falla eléctrica. El vehículo estará ligeramente cargado con las mismas condiciones de la prueba

en seco con accionamiento parcial en superficies de alta y baja fricción logrando detenerse en una distancia específica.

3.4.4.5 Registro de deceleraciones continuas

Este método se realiza midiendo la desaceleración instantánea desde el momento en que la fuerza de frenado es aplicada hasta que el vehículo se ha detenido por completo. Aplica a todo tipo de prueba de frenado en donde sea posible incorporar un instrumento de medición para calcular esta magnitud.

3.4.5 Medición del desempeño dinámico de frenado de una motocicleta

Según la TP 122, existen dos formas de calcular el desempeño del sistema de frenos de una motocicleta. El método a utilizar está especificado en las distintas pruebas a realizarse.

- A través de una ecuación básica de velocidad:

$$S = 0.1 \cdot V + (X) \cdot V^2 \quad \text{Ec. [3.1]}$$

En donde:

S = Distancia de frenado en metros

V = Velocidad inicial del vehículo en km/h

X = Variable solicitada para cada prueba

- Calculando la distancia rectificadora usando la prueba actual de velocidad del vehículo:

$$S_s = 0.1 \cdot V_s + (S_a - 0.1 \cdot V_a) \cdot V_s^2 / V_a^2 \quad \text{Ec. [3.2]}$$

En donde:

S_s = Distancia rectificadora de frenado en metros

V_s = Prueba de velocidad específica del vehículo en km/h

S_a = Distancia actual de frenado en metros

Va= Prueba de velocidad actual del vehículo en km/h

Esta última ecuación es solo válida cuando la prueba actual de velocidad (Va) se encuentra dentro de un rango de ± 5 km/h de la prueba específica de velocidad (Vs)

3.5 Selección de normativa o regulación

Las normativas abordadas para el estudio presentan características similares en cuanto a requisitos generales, condiciones de pruebas, y ensayos específicos a realizarse. En la tabla 3.11, se puede observar la semejanza en cuanto a la aplicación y requisitos generales que cada una de ellas presenta.

Tabla 3.11 Comparativa normativas y regulaciones, requisitos generales

NORMATIVAS			
	Unece Regulation NO.78	Global Technical Regulation 3	Federal Motor Vehicle Safety Estándar
Aplicación	Categoría L (2 o 3 ruedas), no aplica a vehículos Velocidad max= 25 Km/h y vehículos para discapacitados	Categoría L (2 o 3 ruedas), no aplica a vehículos Velocidad max= 25 Km/h y vehículos para discapacitados	Aplica a vehículos de dos y tres ruedas con un mínimo de 50cc comprendidas en las categorías 3-1, 3-2, 3-3, 3-4 y 3-5 especificadas en la TP 122
Requisitos Generales			
Freno de servicio	Posición normal de conducción, dos manos en manillar	Posición normal de conducción, dos manos en manillar	Posición normal de conducción, dos manos en manillar
Freno de secundario	Posición normal de conducción, por lo menos una mano en el manillar	Posición normal de conducción, por lo menos una mano en el manillar	Posición normal de conducción, por lo menos una mano en el manillar
Equipamiento	Freno delantero y posterior, con circuitos independientes.	Freno delantero y posterior, con circuitos independientes.	Freno independiente o dividido, sistema que accione la rueda delantera y/o posterior simultáneamente
Sistema hidráulico de frenos	Reservorio sellado, demostrar nivel de fluido/ Hermético	Reservorio sellado, demostrar nivel de fluido/ Hermético	Reservorio sellado, demostrar nivel de fluido
Luces de advertencia	A la vista del piloto	A la vista del piloto	A la vista del piloto
Ancho de carril	Para vehículos de dos ruedas 2,5 m y para vehículos de tres ruedas 2,5 m + ancho del vehículo	Para vehículos de dos ruedas 2,5 m y para vehículos de tres ruedas 2,5 m + ancho del vehículo	Para vehículos de dos ruedas 2,5 m y para vehículos de tres ruedas 2,5 m + ancho del vehículo
Temperatura ambiente	Entre 4 °C - 45 °C	Entre 4 °C - 45 °C	Entre 4 °C - 45 °C
Velocidad del Viento	≤ 5 m/s	≤ 5 m/s	≤ 5 m/s
Tolerancia de velocidad	± 5 Km/h	± 5 Km/h	± 5 Km/h

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Así mismo, las normas y regulaciones estudiadas, presentan una serie de requisitos específicos que la motocicleta cumplirá previo a la realización de las respectivas pruebas de frenado.

Tabla 3.12 Comparativa normativas y regulaciones, requisitos específicos

NORMATIVAS			
Requisitos Específicos	Unece Regulation NO.78	Global Technical Regulation 3	Federal Motor Vehicle Safety Standard
Espesor de Pastillas	Visible	Visible	Visible
Material de freno	Libre de amianto	-	-
Ralentí motor	Especificado por fabricante	Especificado por fabricante	Especificado por fabricante
Presión de neumáticos	Especificado por fabricante	Especificado por fabricante	Especificado por fabricante

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Por otra parte, las superficies que establecen las regulaciones para los ensayos, tienen parámetros previos y requisitos que estas cumplen para ser aptas para proceder con las pruebas. En la tabla 3.13 se encuentran las semejanzas de requerimientos de cada una de las normas.

Tabla 3.13 Comparativa normativas y regulaciones, superficies

NORMATIVAS			
Superficies de Ensayo	Unece Regulation NO.78	Global Technical Regulation 3	Federal Motor Vehicle Safety Standard
Alta fricción	Pruebas de frenado dinámico, exceptuando pruebas de ABS.	Aplica a pruebas dinámicas, menos a las de pruebas ABS.	Aplica a pruebas dinámicas, excluyendo las de ABS.
	Superficie limpia y plana.	Superficie limpia, seca y nivelada.	Superficie limpia, seca y nivelada.
	Elevación $\leq 1^\circ$	Elevación $\leq 1^\circ$	Elevación $\leq 1^\circ$
	PBC = 0,9	PBC = 0,9	PBC = 0,9
Baja fricción	Aplica a todas las pruebas que especifiquen superficie de baja fricción.	Aplica a las pruebas de ABS.	Necesaria en pruebas de ABS.
	Superficie limpia y seca.	Superficie limpia y plana.	Superficie limpia y plana.
	Elevación $\leq 1^\circ$	Elevación $\leq 1^\circ$	Elevación $\leq 1^\circ$
	PBC $\leq 0,45$	PBC $\leq 0,45$	PBC $\leq 0,45$

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Sin embargo para la selección de la normativa a utilizar ha sido prioridad optar por ensayos que destaquen la efectividad del sistema de frenos ABS en comparación a la de un sistema de

frenos convencional. Apegarse al cumplimiento de los requerimientos de una regulación garantiza que los resultados obtenidos puedan ser comparables con los dictados por la misma. Adicionalmente, la normativa o regulación debe ser aplicable al medio en donde va a realizarse las pruebas de campo.

Por estos factores, se ha considerado a la Regulación Técnica Global GTR No. 3 como la más adecuada para tomar referencia de procedimientos de ensayos de desempeño en sistemas de freno convencional y aquellos que incluyan ensayos de ABS.

En la tabla 3.14 se puede observar la comparativa de ensayos para sistemas de freno convencional en donde las casillas que se encuentran marcadas con verde son aquellos test que favorecen al protocolo de pruebas. Las casillas en rojo no son realizables por condiciones de seguridad o no son aplicables al estudio.

Tabla 3.14 Comparativa pruebas convencionales

NORMATIVAS			
	Unece Regulation NO.78	Global Technical Regulation 3	Federal Motor Vehicle Safety Standard
Pruebas convencionales	Prueba parada en seco (frenos accionados por separado)	Prueba parada en seco (accionamiento separado)	Prueba de velocidad máxima
	Prueba parada en seco (accionamiento simultaneo)	Prueba parada en seco (accionamiento simultaneo)	Prueba de pulido
	Prueba de velocidad	Prueba de velocidad	Prueba de parada en seco (accionamiento por separado)
	Prueba de Humedad en frenos	Prueba de Humedad en frenos	Prueba parada en seco (accionamiento simultaneo)
	Prueba de desvanecimiento	Prueba de resistencia de temperatura	Prueba de velocidad
	Prueba de resistencia de temperatura	Prueba de freno de aparcamiento	Prueba de Humedad en frenos
	Prueba de freno de aparcamiento	Prueba de falla parcial para sistema de frenos combinados	Prueba de freno de aparcamiento
	Prueba de falla parcial para sistema de frenos combinados	Prueba de sistema de freno asistido	Prueba de durabilidad

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

La GTR no. 3 también presenta pruebas realizables en motocicletas que incorporen sistema de ABS como se muestra en la tabla 3.15. De la misma manera, las casillas en verde

corresponden a las pruebas que se ejecutaran y las rojas a aquellas que presentan menor relevancia.

Tabla 3.15 Comparativa pruebas ABS

NORMATIVAS			
	Unece Regulation NO.78	Global Technical Regulation 3	Federal Motor Vehicle Safety Standard
Pruebas de sistema ABS	Detener la motocicleta en superficie alta fricción	Detener la motocicleta en superficie alta fricción	Prueba de parada en superficie de alta fricción
	Detener la motocicleta en superficie baja fricción	Detener la motocicleta en superficie baja fricción	Prueba de parada en superficie de baja fricción
	Control de bloqueo de ruedas en superficies de alta fricción y de baja fricción	Control de bloqueo de ruedas en superficies de alta fricción y de baja fricción	Prueba de bloqueo de neumático en alta y baja fricción
	Control de bloqueo de las ruedas, de alta a baja superficie fricción	Control de bloqueo de las ruedas, de alta a baja superficie fricción	Prueba de bloqueo de neumático en superficie con doble salto de fricción
	Control de bloqueo de ruedas, de baja a alta superficie de fricción	Control de bloqueo de ruedas, de baja a alta superficie de fricción	Prueba de frenado con falla eléctrica de ABS
	Parada con una falla eléctrica del sistema ABS	Parada con una falla eléctrica del sistema ABS	

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

El último motivo para la selección de la regulación, y sin restar importancia, es la conjugación de normativas internacionales que este documento presenta, proporcionando así concordancia con varios organismos importantes como la FMVSS de EEUU y las normas JSS de Japón. De esta manera, es posible afirmar que los procedimientos se encuentran en armonía a nivel global.

CAPITULO IV

4. Procedimiento de pruebas de frenado para motocicletas equipadas con ABS

En función de la selección realizada en el capítulo tres y por razones estrictamente de aplicación la regulación a ejecutar será la GTR no 3 al contar con todos los procedimientos necesarios que el objetivo de la investigación demostrara al final de su desarrollo. La Regulación Técnica Global No 3 es actualmente utilizada por varios miembros de la unión europea y muchos países han considerado adoptarla próximamente para estandarizar procesos de homologación en diferentes productos automotrices. Esta será la regulación que se profundizara, describiendo métodos y detallando resultados a obtener.

Es importante mencionar que los vehículos que serán sometidos a prueba han superado satisfactoriamente los requisitos de homologación según los reglamentos INEN correspondientes a sistemas de freno por lo que este procedimiento será omitido en el proceso de pruebas.

De esta manera el modo a ejecutar el procedimiento de ensayo será el descrito por el siguiente diagrama:

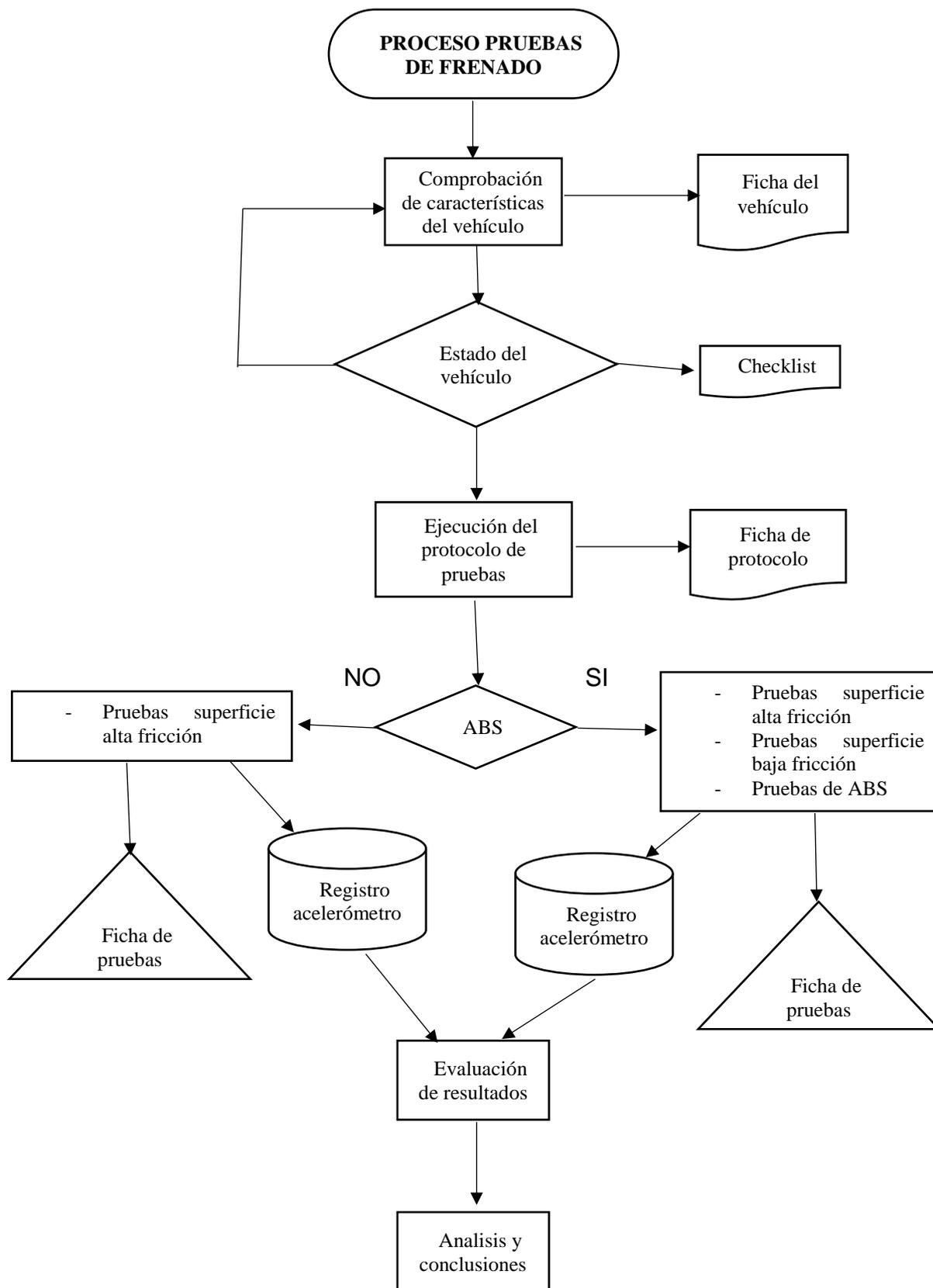


Figura 4.1 Diagrama de flujo del proceso de pruebas
Fuente: Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Adicionalmente, y como se indica en la sección anterior, solo se tomaron los ensayos que se ajusten al propósito de la investigación. Los mismos serán detallados a continuación así como también todos los requisitos necesarios que la GTR no 3 solicita previo a la ejecución de los test de efectividad de frenos convencionales y ABS.

4.1 Condiciones del sitio de prueba

La regulación seleccionada para esta investigación solicita cumplir ciertos parámetros para que las condiciones de ensayo sean lo más acertadas y con la menor cantidad de variables interferentes. El sitio de pruebas, además de presentar condiciones específicas, debe garantizar la ejecución de los test con seguridad y continuidad. Para esto, el factor climático es crucial ya que puede determinar la posibilidad de finalizar todos los ensayos respectivos exitosamente.

Por este motivo, dentro de las posibilidades contempladas para el sitio de prueba, se realizó varias visitas al sector para corroborar los posibles escenarios climáticos que el lugar puede presentar. Fue posible observar una tendencia con poca variación de temperatura durante el día con una oscilación entre 18-29 °C y presencia de lluvia solo durante la tarde. Así, en horas de la mañana el entorno resulta completamente favorable. Por otro lado, y no menos importante, la vía escogida presenta muy poca afluencia de vehículos lo que facilitó el control de tráfico en el tramo a utilizar.

El sitio de pruebas se ubica a pocos minutos de la ciudad de Guayllabamba en la vía Pisque-Puéllaro. El trazado presenta una larga recta de 1.8 km aproximadamente con alta visibilidad y libre de obstáculos. Aunque la regulación sugiere un trazado en donde se puedan ejecutar pruebas de alta velocidad, la distancia disponible fue suficiente para realizar todos los ensayos necesarios, incluso el de velocidad máxima.



Figura 4.2 Sitio de pruebas
Fuente: Google Maps

4.1.1 Superficie de prueba

Aunque no se especifica la distancia mínima del carril de pruebas, se ha tomado referencia la distancia necesaria para ejecutar la prueba de velocidad máxima más un factor conveniente de seguridad en donde la motocicleta podrá disminuir la velocidad satisfactoriamente en función de las formulas mencionadas en la norma correspondiente. Así las características de la superficie de ensayo serán las siguientes:

- Distancia de carril: 1.2 km
- Ancho de carril: 2.5 m
- Inclinación: $\leq 1^\circ$ de pendiente
- Condición de la superficie en seco: con un PBC $\geq 0,9$
- Condición de la superficie en mojado: con un PBC $\leq 0,45$



Figura 4.3 Superficie de prueba
Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Cabe mencionar que gracias a las características de desempeño de las motocicletas, la distancia de carril necesaria para ejecutar los ensayos, incluyendo la distancia de aceleración y de parada, no supera los 400 m. En esta sección de la calzada se realizaron las siguientes consideraciones dentro del marco de la GTR no. 3 para cumplir con los requisitos propuestos acerca de la superficie.

4.1.1.1 Inclinación de superficie

Como se indica previamente, la sección de la superficie no superara 1° de pendiente por lo que la longitud de la calzada será prácticamente plana. Para comprobar esta información se utilizó un altímetro con presión atmosférica, que incorpora el reloj de marca Tissot, modelo T-touch con las características indicadas en la tabla 4.1. y se tomó las medidas en los extremos del tramo de pruebas para verificar una posible inclinación. La altura de los puntos respectivos se muestra en la figura 4.3.

Tabla 4.1 Características de la función altímetro del reloj

Intervalo de medición	- 400 m a + 9000 m	- 1333 ft a + 300000 ft
Resolución de medición	1 m	3 ft
Conversión de unidades	1 metro=3,281 pies	1 pie=0,305 metros
Tiempo de medición máx. Del modo desnivel	9 días 23 horas 59 minutos	
Desnivel máximo	+/- 30000 m	+/- 99000 ft
Resolución del modo desnivel	1 m	3 ft
Velocidad vertical máx.	4999 m/min (300 km/h aprox.)	16401 ft/min (187,5 mph aprox.)
Velocidad vertical mín.	5 m/min (0,3 km/h aprox.)	16,4 ft/min (0,2 mph aprox.)
Resolución de la velocidad vertical	1 m/min	3 ft/min
Desplazamiento mín. vertical	5 m	16 ft
Duración del desplazamiento mín.	5 min	

Fuente: www.tissot.ch

Se tomó las medidas en los extremos del tramo de pruebas para verificar una posible inclinación. La altura de los puntos respectivos se muestra en la figura 4.3.



Figura 4.4 Inclinación de calzada
Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Una vez comprobada la altura en los extremos del tramo se procedió a aplicar la ley de seno y cosenos para calcular el porcentaje de pendiente entre los dos puntos como muestra la figura 4.4:

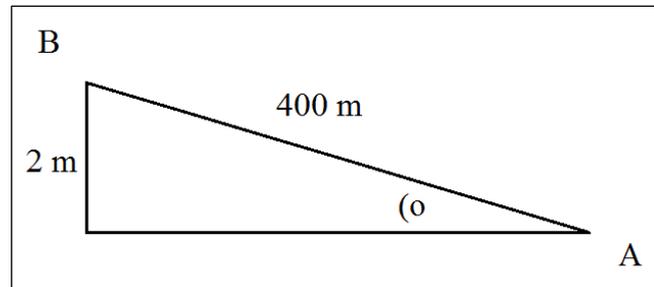


Figura 4.5 Porcentaje de pendiente
Fuente: Romero, M, Vázquez, J.

De esta manera en ángulo de inclinación correspondería al resultado de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}\text{Sen}^{-1} &= 2/400 && \text{Ec. [4.1]} \\ &= 0.2864\end{aligned}$$

Cumpliendo así el requisito correspondiente a la pendiente del trayecto.

4.1.2 Velocidad del viento

Según la regulación GTR no. 3 la velocidad del viento no deberá superar los 5 m/s durante el ensayo para no afectar la desaceleración del cuerpo. El coeficiente aerodinámico en pruebas de velocidad y frenado es crucial ya que afecta directamente a la magnitud de desaceleración generada en un período de tiempo. Por este motivo, ha sido conveniente la utilización de un anemómetro marca XCSOURCE, modelo TE038 con las características mostradas en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Características de funcionamiento del anemómetro

Velocidad de aire	
Rango	0 - 30 m/s o 0 - 90 km/h
Resolución	0,1 m/s, 0,3 km/h, 19 ft/min
Presición	+ / - 5%
Temperatura de aire	
Rango	-10 a 45 °C o 14 a 113 °F
Resolución	0,2 °C
Temperatura de operación	- 10 a 45 °C (14 a 113 °F)
Presición	0,6 °F

Fuente: <http://xcsources.com/30m-s-lcd-digital-pocket-anemometer-air-wind-speed-meter-temperature-gauge-te325/>

El mismo que permite la lectura de la velocidad actual y promedio del viento como se muestra en la figura 4.5.



Figura 4.6 Anemómetro digital
Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.1.3 Temperatura ambiente

La temperatura ambiente durante las pruebas podrá oscilar entre 4 °C y 45 °C. La medición de temperatura se realizara con el mismo instrumento mostrado en la tabla 4.2 y figura 4.5, ya que posee esta función adicional.

4.2 Preparación de la motocicleta

Como cualquier ensayo de laboratorio, el objeto de estudio se encontrara en las mejores condiciones según lo recomendado por fábrica. Las pruebas en el sector automotriz recomiendan realizar un mantenimiento completo y revisar todos los puntos importantes que serían puestos a prueba. En el anexo no. 4.1, página 59 se puede encontrar un breve listado de los parámetros puestos en observación en cada mantenimiento.

Tabla 4.3 Lista de chequeos previos

Lista de chequeos de la motocicleta previo uso	
1. Nivel Aceite de motor	
2. Nivel líquido de frenos, delantero	
3. Nivel líquido de frenos, posterior	
4. Pastillas de freno, delanteras	
5. Pastillas de freno, posteriores	
6. Funcionamiento del sistema de frenos	
7. Nivel líquido refrigerante	
8. Control suciedad en la cadena	
9. Estado de neumáticos	
10. Presión de inflado de neumáticos	
11. Control del reglaje y facilidad de movimiento de todos los mandos	
12. Comprobar el sistema eléctrico	
13. Comprobar que el equipaje este sujetado correctamente	
14. Comprobar el ajuste de retrovisores	
15. Comprobar la reserva del combustible	

Fuente: Romero, M., Vázquez, J

4.2.1 Neumáticos

Los neumáticos serán los incorporados por el fabricante y la condición de los mismos deberá ser según lo sugerido por la marca. KTM, por ejemplo, recomienda una profundidad de labrado mayor o igual a 2 mm, como se muestra en el anexo 4.1, en el capítulo aros y neumáticos, pagina 110; tanto en la llanta delantera como en la llanta posterior. Los puntos para medir la profundidad se exhiben en la figura 4.6 y es necesario tomar por lo menos dos medidas ya que el desgaste del neumático en una motocicleta es irregular.

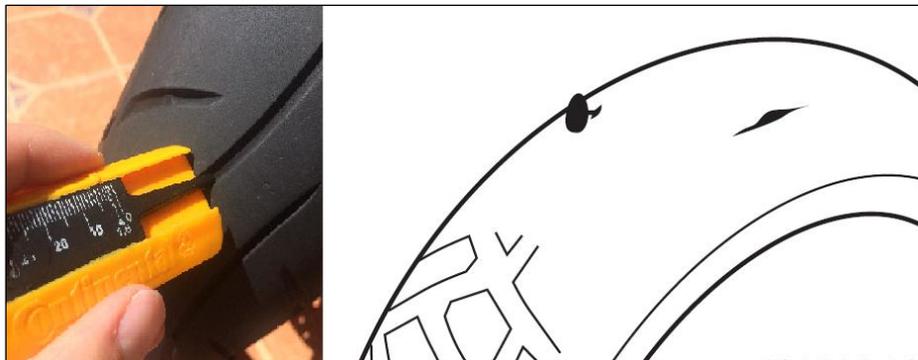


Figura 4.7 Medida de labrado

Fuente: Manual de usuario KTM Duke 390, 2015

4.2.1.1 Presión de neumáticos

De la misma manera la presión de neumáticos se encontrara según lo recomendado por el fabricante y en función de la carga aplicada a la motocicleta como se puede observar en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Presión de neumáticos

	Neumáticos	
	Delantero	Posterior
Conductor + equipaje (75 kg)	29 PSI	29 PSI
Conductor + pasajero (+ 150 kg)	29 PSI	32 PSI

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.2.2 Ralentí del motor

El ralentí de motor según el manual del constructor estará estable a 2000 RPM, y esto será comprobado en el tablero de instrumentos.



Figura 4.8 Tableros de instrumentos, Bajaj Pulsar 200NS y KTM Duke 390
Fuente: Romero, M., Vázquez, J

4.2.3 Distribución de masa y transferencia de carga

La transferencia de carga que se produce tanto al acelerar como al frenar hace que la moto tenga cierta tendencia a cambiar su posición. Las fuerzas longitudinales que se producen tanto al frenar como al acelerar, reaccionan en función de las características geométricas del vehículo en cuestión, produciendo fuerzas y momentos internos que pueden oponerse o favorecer los movimientos de hundimiento o anti-hundimiento de las suspensiones. (Estudio dinámico de un modelo de motocicleta, Dinámica de una motocicleta)

Por este motivo, determinar la posición adecuada para ubicar el acelerómetro encargado de medir la desaceleración es crucial para obtener valores precisos en una frenada. Fue necesario, para este proceso el pesaje de las motocicletas para establecer, en primera instancia la distribución de masa en el vehículo como se puede observar en las figura 4.9

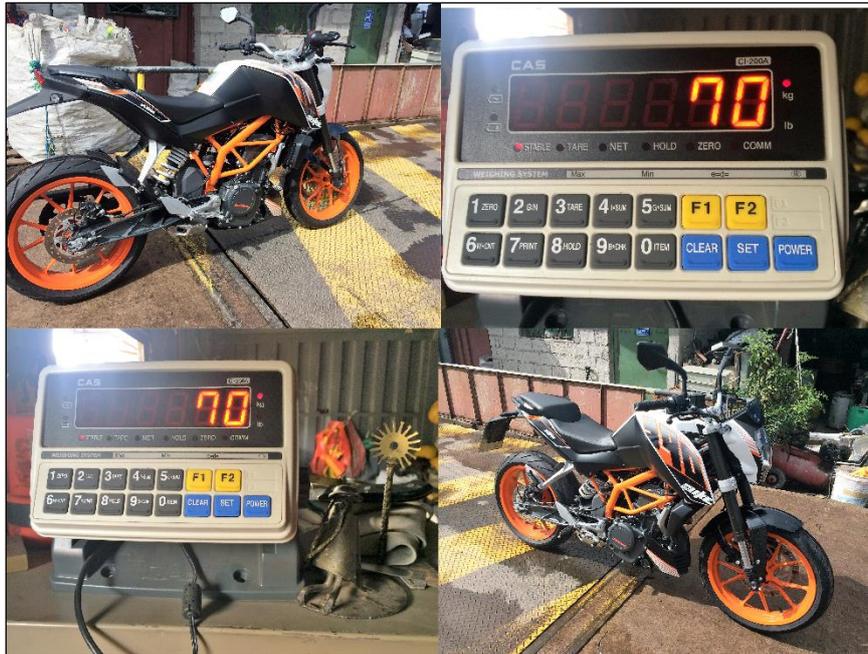


Figura 4.9 Pesaje KTM Duke 390
Fuente: Romero, M., Vázquez, J

Conociendo el peso total de la motocicleta, 139 kg, es posible llegar a la conclusión de que la masa total del vehículo está distribuida de manera equitativa entre sus ejes. De esta manera, para encontrar el centro de gravedad, en donde debería ubicarse el sensor, solo restaría determinar la altura en el centro de la motocicleta como se muestra en la figura 4.10

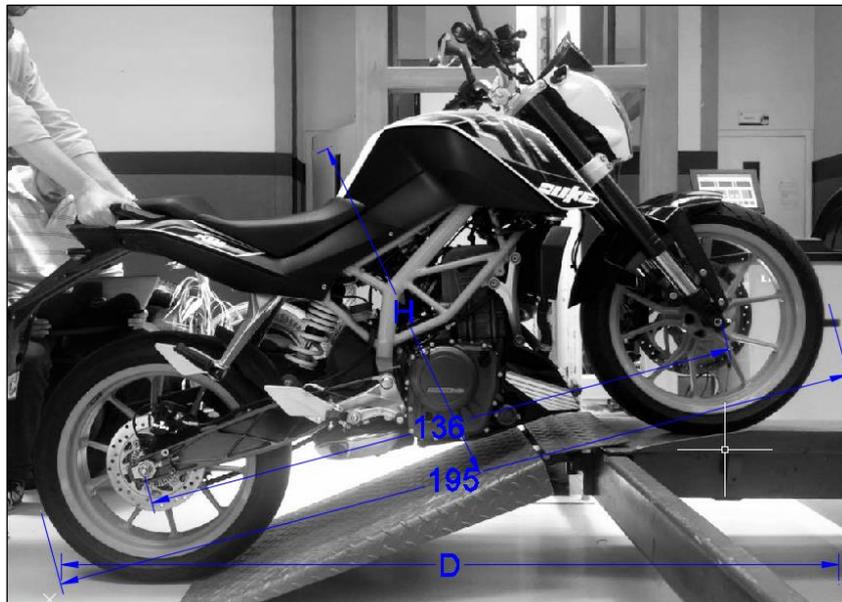


Figura 4.10 Distancia al centro de gravedad
Fuente: Romero, M., Vázquez, J

Sin embargo, la manipulación del sensor en cada ensayo obliga a ubicarlo en una posición de fácil acceso por lo que difícilmente se encontraría el centro de gravedad exacto. Aun así, y en la medida de lo posible, se intentara respetar esta condición encontrando un sitio lo más cercano al centro de la motocicleta.

En cuanto al instrumento de medición, el acelerómetro marca Cobra, modelo 3D, versión 4 con las características de la tabla 4.5, proporcionara lectura en tres ejes; X, Y y Z, siendo el eje Y el encargado de llevar la lectura de las oscilaciones longitudinales generadas por la motocicleta en una frenada.

Tabla 4.5 Características de funcionamiento acelerómetro 3D Cobra 4

Rangos de medida	-2g...B2+2g o -6g...+6g
Resolución	1 mg o 5 mg
Canales de salida	X. Y y Z
Máx. Registro de datos	160 por canal

Fuente: www.vernier.com

4.2.4 Cuadro de instrumentos

El cuadro de instrumentos será verificado según el procedimiento de inicialización de la motocicleta. Todos los testigos estarán visibles así como el tacómetro y el velocímetro. Ninguna advertencia de falla estará presente al momento de realizar el ensayo. Cabe recalcar que la luz de ABS permanecerá encendida solo al momento de poner en contacto el interruptor, pero deberá apagarse una vez realizado un arranque indicando que el sistema se encuentra activo.

4.2.5 Medición del PBC

Según la GTR no. 3 existen dos métodos posibles para la obtención del PBC de una superficie asfaltada:

- Método de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales ASTM por sus siglas en inglés, en concordancia con el estándar E11337-90 a una velocidad de 64 km/h sin presencia de agua en la superficie
- Método especificado en la Regulación no. 78 de la UNECE en el Anexo 4.

Sin embargo, en uno de los proyectos de la FIA “Seguridad en motocicletas ligeras”, se especifica que el coeficiente de fricción en asfalto seco es de aproximadamente 0,8 a 0,9, mientras que en mojado el valor de fricción es de aproximadamente 0,65 a 0,75. Estos valores serán usados como referencia al momento de la selección de la superficie para simular en lo posible las condiciones solicitadas por la regulación escogida.

4.3 Requisitos de prueba

Estos son los requerimientos que la GTR no 3 propone con respecto al vehículo y su sistema de frenos específicamente.

4.3.1 Frenos

La motocicleta debe estar equipado con un sistema de frenos individual, tanto para eje delantero como para eje posterior. En caso de disponer, el sistema ABS debe estar funcionando sin falla alguna, y tiene que controlar freno delantero como freno posterior.

4.3.2 Temperatura del sistema de freno

La temperatura indicada previa a la realización de las pruebas será entre 55 °C y 100 °C. El procedimiento que se recomienda para alcanzar la temperatura óptima inicial es: ejecutar un

número de 10 detenciones a una velocidad de 50 km/h hasta disminuir a 15 km/h. (Romero, M., Vázquez, J.) Para comprobar la temperatura del sistema de frenos en cada repetición de ensayo se utilizara un pirómetro digital laser marca Fluke, serie 60 cuyas especificaciones se encuentran en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Características de funcionamiento del pirómetro laser Fluke 60

Rangos de medida	-2g...B2+2g o -6g...+6g
Tiempo de respuesta	≤ 0,5 s
Resolución	0,2 °C
Frecuencia	160 Hz por canal
Precisión	± 1 °C
Distancia típica al objetivo	Hasta 2 metros

Fuente: <http://www.fluke.com>

El mismo se colocara en el punto más cercano de generación de calor para simular la función de la termocupla solicitada por la GTR no. 3. En la figura 4.11 se muestra la lectura de uno de los discos de la motocicleta sin temperatura de trabajo.



Figura 4.11 Pirómetro digital
Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.3.3 Fuerza aplicada al freno

La fuerza aplicada en el eje delantero y en el eje posterior dependerá de cada prueba según lo especifica la regulación GTR no. 3. En la tabla 4.7 se puede observar las magnitudes recomendadas.

Tabla 4.7 Presión de frenado

Prueba	Eje delantero	Eje posterior
Prueba de parada en seco, accionamiento separado	≥ 200 N	≥ 350 N
Prueba de parada en seco, accionamiento simultaneo	≥ 250 N	≥ 400 N
Prueba de velocidad	≥ 200 N	≥ 350 N
ABS, detener la motocicleta en superficie de alta fricción	Fuerza necesaria para que se active el sistema de ABS	Fuerza necesaria para que se active el sistema de ABS
ABS, detener la motocicleta superficie de baja fricción	Fuerza necesaria para que se active el sistema de ABS	Fuerza necesaria para que se active el sistema de ABS
ABS, parada con falla eléctrica del sistema ABS	≥ 200 N	≥ 350 N

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Sin embargo, para descartar una aplicación irregular de fuerza en las distintas pruebas, un solo piloto será el encargado de realizar la totalidad de los ensayos y de esta manera asegurarse de que la fuerza aplicada sea lo más estable posible. Adicionalmente, ya que no se utilizara dispositivos agregados de seguridad como los soportes laterales o “outriggers”, el piloto accionara ambos frenos con la intensidad máxima valorada como segura por el mismo, hasta la detención completa de la motocicleta. En caso de que la rueda delantera o posterior estuviera a punto de bloquearse o ante un posible vuelco del vehículo, la fuerza de frenada se reducirá de forma dosificada, para volverse a incrementar en cuanto sea posible. (Seguridad en motocicletas ligeras, Proyecto FIA, 2014).

4.3.4 Secuencia de prueba

La secuencia de pruebas será la misma propuesta por la GTR no 3, descartando aquellas que no son relevantes a la investigación. Las pruebas resaltadas son aquellas que se van a realizar y en el mismo orden, utilizando seis de las doce posibles.

Tabla 4.8 Secuencia de pruebas

Secuencia de prueba	
1.	Prueba de parada en seco, accionamiento separado
2.	Prueba de parada en seco, accionamiento simultaneo
3.	Prueba de velocidad
4.	Prueba de humedad en frenos
5.	Prueba de fatiga y resistencia a la temperatura
6.	Prueba de freno de aparcamiento
7.	Prueba de ABS
7.1	Prueba de superficie de alta fricción
7.2	Prueba de superficie de baja fricción
7.3	Prueba de control de bloqueo de ruedas, alta y baja fricción
7.4	Prueba de control bloqueo de ruedas, alta a baja fricción
7.5	Prueba de control bloqueo de ruedas, baja a alta fricción
7.6	Prueba parada con falla eléctrica ABS

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.3.5 Piloto

El piloto forma parte en este caso de la masa total del vehículo. La GTR no 3 especifica un peso de 68 Kg más 7 Kg de equipaje. Adicionalmente permite un incremento de 15 Kg para incorporar instrumentos de medición y en el caso de pruebas ABS un incremento total de 30 Kg por si se utiliza soportes laterales de seguridad.



Figura 4.12 Pesaje del piloto Adrián Andino
Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.3.6 Posición de la motocicleta

La posición del vehículo será en todo momento en la mitad del carril con la posibilidad de ejecutar correcciones para mantener esta ubicación en la medida de lo posible.



Figura 4.13 Posicionamiento motocicleta
Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.3.7 Tolerancia de la velocidad de prueba

El margen de tolerancia de esta regulación establece una diferencia de ± 5 Km/h en la toma de muestras para garantizar precisión en resultados. En la sección 4.6 se puede observar el cumplimiento de este parámetro en todas las pruebas realizadas. La velocidad de accionamiento, es decir, la velocidad de inicio de frenado será proporcionada por el piloto al momento de empezar la desaceleración. Este será el único dato que se encargara al piloto.

4.4 Protocolo de pruebas

Una vez detallada la información necesaria para iniciar la ejecución de las pruebas, se detallara a continuación y paso a paso el desarrollo de las mismas y la manera en que se va a documentar los resultados.

4.4.1 Ficha del vehículo

A continuación se describe las características de los vehículos y todos los datos necesarios que la regulación solicita para iniciar el protocolo de pruebas.

Tabla 4.9 Ficha del vehículo KTM DUKE 390

DATOS GENERALES DEL VEHICULO DE PRUEBAS			
Marca:	KTM	Tipo:	Naked
Modelo:	Duke 390		
Año de fabricación:	2014	Kilometraje:	7220
N° VIN:	VBKJGJ407EC226685		
ESPECIFICACIONES			
Sistema de frenos			
-Frenos delanteros:	Disco de freno 300 mm		
-Frenos posteriores:	Disco de freno 230 mm		
-Tipo de sistema ABS:	Doble canal del y post		
Peso en vacío:	139 kg		
Peso ligeramente cargado:	215 kg aprox.		
Peso con carga máxima:	270 kg aprox.		

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Tabla 4.10 Ficha del vehículo PULSAR NS200

DATOS GENERALES DEL VEHICULO DE PRUEBAS			
Marca:	BAJAJ	Tipo:	Naked
Modelo:	Pulsar 200NS		
Año de fabricación:	2014	Kilometraje:	14750
N° VIN:	CGTY987YJ87900		
ESPECIFICACIONES			
Sistema de frenos			
-Frenos delanteros:	Disco de freno 280 mm		
-Frenos posteriores:	Disco de freno 230 mm		
-Tipo de sistema ABS:	n/a		
Peso en vacío:	145 kg		
Peso ligeramente cargado:	220 kg aprox.		
Peso con carga máxima:	275 kg aprox.		

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.4.2 Ficha de protocolo

La ficha de protocolo señala de manera breve los parámetros a medir, la condición y los requisitos para que estos se cumplan según la regulación GTR no. 3.

Tabla 4.11 Ficha de protocolo de pruebas

ESPECIFICACIONES GENERALES DE LAS PRUEBAS A REALIZAR

Número de pruebas a realizar:	6
Intervalo entre pruebas:	Necesario para alcanzar la temperatura inicial de frenos

CONDICIONES AMBIENTALES DEL LUGAR DE PRUEBAS

Parámetro a medir	Condición general	Normativa Aplicada	Requisitos
Coefficiente de Adherencia	Alta fricción, superficie limpia, seca y nivelada; Baja fricción: superficie limpia y nivelada.	Global Technical Regulation No. 3	Alta fricción, PBC=0,9; Baja fricción, PBC≤0,45.
Inclinación	No debe de exceder el 1% en la dirección de la prueba.	Global Technical Regulation No. 3	-
Dimensiones	Ancho de la vía: 2,5m.	Global Technical Regulation No. 3	-

CONDICIONES GENERALES DEL VEHICULO ANTES DE EFECTUAR LAS PRUEBAS DE FRENADO

Secuencia	Procedimiento de prueba	Normativa Aplicada	Requisitos
1. Revisión del estado del motor	-	-	Realizar un mantenimiento completo del motor de acuerdo al fabricante.
2. Revisión del estado de neumáticos	Medir los valores de presión de inflado de los neumáticos y altura del labrado.	Global Technical Regulation No. 3	Valores dentro del rango de límites del fabricante.
3. Revisión del estado de sistema de frenos	Comprobar el estado de los componentes de frenado.	Global Technical Regulation No. 3	En las mismas condiciones de cuando fue manufacturado.

Secuencia	Procedimiento de prueba	Normativa Aplicada	Requisitos
4. Capacidad de carga del depósito de combustible	Cargar de combustible previo a pruebas de ensayos.	Global Technical Regulation No. 3	Como mínimo debe tener el 90% de su capacidad.
5. Peso de la motocicleta	-	Global Technical Regulation No. 3	Motocicleta ligeramente cargada.
PROCEDIMIENTO GENERAL DE PRUEBAS DE FRENADO			
Secuencia	Procedimiento de prueba	Normativa Aplicada	Requisitos
1. Ubicación del vehículo	Motocicleta ubicada en la mitad de la vía de la prueba.	Global Technical Regulation No. 3	1,25 metros del extremo de la vía.
3. Temperatura inicial de freno	Tomar la temperatura de los discos de freno lo más cercano a la mordaza.	Global Technical Regulation No. 3	Temperatura inicial de frenos estará entre 55° C y 100° C.
4. Velocidad de prueba	Acelere el vehículo hasta exceder en 10 Km/h la velocidad de pruebas, posteriormente deje de acelerar hasta llegar al valor de velocidad de la prueba.	Global Technical Regulation No. 3	La velocidad de pruebas será de 60 Km/h.
5. Selecto de Cambios	-	Global Technical Regulation No. 3	Motor desconectado, en posición neutro.

Secuencia	Procedimiento de prueba	Normativa Aplicada	Requisitos
6. Fuerza aplicada al freno	Frenar, dependiendo del tipo de prueba, mantener hasta la detención total de la motocicleta.	-	La presión de frenado será la máxima considerada como segura por el piloto de pruebas.
7. Tasa de desaceleración	Ubique el sensor de aceleración lo más cercano al centro de la masa de la motocicleta.	-	El valor de desaceleración variara dependiendo de cada prueba.
8. Distancia de frenado	Medir la distancia recorrida por el vehículo colocando marcas donde se empezó a frenarlo hasta el lugar donde se detuvo.	Global Technical Regulation No. 3	El valor de la distancia variara dependiendo de la prueba realizada y se la compara con la formula $S \leq 0.1V + k*V^2$

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.4.3 Proceso de pruebas

Para todos los ensayos a realizarse el procedimiento cumplirá con todos los requisitos que la regulación exige en lo que corresponde a condiciones ambientales, tipo de calzada, reglaje del vehículo y cantidad de pruebas. Cada ensayo se lo presentara de la siguiente manera:

Tabla 4.12 Ficha de pruebas

TIPO DE PRUEBA								
N	Temp. Ambient e (°C)	Vel. Viento (m/s)	Temp. Ini/fin de frenos (°C)	Vel. Accionamiento (km/h)	Distancia de parada (m)	Tiempo de prueba total (s)	Tiempo de frenada (s)	Archivo
			De l	Pos t				
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Los resultados correspondientes a distancia serán reflejados en las fichas de pruebas, ,sin embargo, el tiempo de prueba será solo una referencia para estimar el tiempo de frenado que permitirá posteriormente establecer una guía para las gráficas de desaceleración obtenidas por medio del giroscopio instalado en las motocicletas.

Una vez cumplidos los parámetros mencionados en la ficha de protocolo, se procederá con la ejecución de las pruebas como se describe a continuación.

4.4.3.1 Prueba accionamiento por separado freno delantero

El ensayo consiste en medir la distancia, tiempo y desaceleración promedio de frenado una vez alcanzada la velocidad de prueba y temperatura de trabajo de los discos accionando solo el freno delantero de la motocicleta con la máxima fuerza de frenado y evitando que las ruedas se bloqueen.

4.4.3.2 Prueba accionamiento por separado freno posterior

El ensayo consiste en medir la distancia, tiempo y desaceleración promedio de frenado una vez alcanzada la velocidad de prueba y temperatura de trabajo de los discos accionando solo el freno posterior de la motocicleta con la máxima fuerza de frenado y evitando que las ruedas se bloqueen.

4.4.3.3 Prueba accionamiento simultáneo de freno

El ensayo consiste en medir la distancia, tiempo y desaceleración promedio de frenado una vez alcanzada la velocidad de prueba y temperatura de trabajo de los discos accionando los dos frenos de la motocicleta con la máxima fuerza de frenado y evitando que las ruedas se bloqueen.

4.4.3.4 Prueba de ABS

Las pruebas de ABS utilizan los mismos principios que los ensayos mencionados anteriormente ya que en ningún momento la GTR no. 3 indica desconectar el sistema durante el accionamiento por separado o simultáneo, sin embargo, si la motocicleta incorpora el sistema la regulación solicita ejecutar dos pruebas adicionales:

- a) *Prueba en superficie de alta fricción:* consiste en medir la distancia, tiempo y desaceleración promedio de frenado una vez alcanzada la velocidad de prueba y temperatura de trabajo de los discos accionando los dos frenos de la motocicleta con una fuerza de frenado suficiente para la activación del ABS y sobre una superficie con un PBC ≤ 0.9
- b) *Prueba en superficie de baja fricción:* consiste en medir la distancia, tiempo y desaceleración promedio de frenado una vez alcanzada la velocidad de prueba y temperatura de trabajo de los discos accionando los dos frenos de la motocicleta con

una fuerza de frenado suficiente para la activación del ABS y sobre una superficie con un PBC ≤ 0.45

- c) **Prueba de falla parcial:** este ensayo solicita los mismos requerimientos que la prueba de accionamiento simultáneo pero con el sistema ABS desconectado, simulando una falla en el mecanismo. De esta manera será posible comprobar el funcionamiento del sistema de frenado aun cuando el ABS se encuentre inactivo.

4.5 Ejecución de pruebas

Posterior a la revisión del protocolo de pruebas se sucederá a la ejecución de los ensayos respectivos en cada motocicleta para tomar las muestras de desempeño. Cada test presentara la ficha de pruebas con los datos recopilados en los ensayos. Aunque la regulación GTR. no. 3 indica realizar solo la cantidad de repeticiones necesarias hasta cumplir con los requisitos de desempeño, se procederá con la ejecución máxima de repeticiones para favorecer a la estadística al momento de evaluar resultados; esto se aplica principalmente a las pruebas de frenado en superficie seca. Adicionalmente, en cada ficha de pruebas se encuentra la referencia de archivo que permitirá correlacionar los datos adquiridos con la gráfica de desaceleración provista por el sensor. Es posible corroborar estos datos en el anexo 4.2.

4.5.1 Prueba de accionamiento por separado freno delantero

Tabla 4.13 Cuadro valores accionamiento por separado freno delantero Pulsar 200NS

TIPO DE PRUEBA			ACCIONAMIENTO POR SEPARADO FRENO DELANTERO PULSAR 200NS						
No	Temp. Ambiente (°C)	Vel. Viento (m/s)	Temp. Ini/fin de frenos (°C)		Vel. Accionamiento (km/h)	Distancia de parada (m)	Tiempo de prueba total (s)	Tiempo de frenada (s)	Archivo
			Del	Post					
1	27,7	1,7	73,6/65,7	43/35,8	58	11,92	13,31	2,4	120833
2	28,3	2	65,7/63,8	35,8/46,5	59	10,4	12,53	1,86	122050
3	27,7	1	63,8/76,3	46,5/48,1	57	10,15	11,62	1,63	121257
4	27,7	1,3	76,3/74	48,1/48,7	59	9,2	12,5	3,21	121458
5	27,6	1,7	74/84,5	48,7/45,9	62	12,25	12,51	2,06	121639
6	26,9	2,6	73/83	38/38,5	62	14,18	13,26	3,25	120145

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Tabla 4.14 Cuadro valores accionamiento por separado freno delantero ktm Duke 390

TIPO DE PRUEBA			ACCIONAMIENTO POR SEPARADO FRENO DELANTERO KTM DUKE 390						
N o	Temp. Ambiente (°C)	Vel. Viento (m/s)	Temp. Ini/fin de frenos (°C)		Vel. Accionamiento (km/h)	Distancia de parada (m)	Tiempo de prueba total (s)	Tiempo de frenada (s)	Archivo
			Del	Post					
1	26,5	2,2	58,2/84,5	46,4/43,4	63	17,7	11,9	2,3	131516
2	27,2	2,4	84,5/101,6	43,4/44,3	60	14,65	12,08	2,41	131654
3	26,6	2,5	101,6/102	44,3/40,5	63	16,15	11,61	2,15	131812
4	27,6	1,7	102/82	40,5/55	63	13,73	11,66	2,61	132019
5	26,9	2	82/93,1	55/39,9	63	14,16	11,72	2	132202
6	26,9	2,3	93,1/93	39,9/39,6	60	12,78	10,91	2,1	132332

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.5.2 Prueba de accionamiento por separado freno posterior

Tabla 4.15 Cuadro valores accionamiento por separado freno posterior Pulsar 200NS

TIPO DE PRUEBA			ACCIONAMIENTO POR SEPARADO FRENO POSTERIOR PULSAR 200NS						
No	Temp. Ambiente (°C)	Vel. Viento (m/s)	Temp. Ini/fin de frenos (°C)		Vel. Accionamiento (km/h)	Distancia de parada (m)	Tiempo de prueba total (s)	Tiempo de frenada (s)	Archivo
			Del	Post					
1	27,6	2,5	61,7/44	97,1/56	62	37,5	13,65	4,33	122101
2	26,1	3,9	44/43,4	56/56	59	30,2	12,91	2,95	122756
3	26,2	3,4	43,4/50	56/69,8	62	39	13,88	4,49	123014
4	26,5	3,7	50/40,8	69,8/79,9	63	33,8	13,75	4,25	123154
5	26,2	3,6	40,8/42,3	79,9/91	59	50	15,9	6,6	123329
6	26,7	2,3	42,3/41,9	91/93,7	61	34	14,4	4,79	123512

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Tabla 4.16 Cuadro valores accionamiento por separado freno posterior KTM Duke 390

TIPO DE PRUEBA			ACCIONAMIENTO POR SEPARADO FRENO POSTERIOR KTM DUKE 390						
No	Temp. Ambiente (°C)	Vel. Viento (m/s)	Temp. Ini/fin de frenos (°C)		Vel. Accionamiento (km/h)	Distancia de parada (m)	Tiempo de prueba total (s)	Tiempo de frenada (s)	Archivo
			Del	Post					
1	26,4	2,4	93/60,4	39,6/64,1	63	29	12,51	3,35	132621
2	26,4	1,7	60,4/51,9	64,1/68,6	63	33	12,85	4,05	132747
3	27,3	2,9	51,9/52	68,6/82	59	28,9	13,75	4,26	132955
4	27,8	2,5	52/90,6	82/77	62	35	13,58	4,35	133141
5	27,3	1,3	90,6/39,8	77/61	59	27,95	13,4	3,93	133352
6	25,8	2,7	39,8/62	61/76,6	61	35,5	14,2	4,68	135116

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.5.3 Prueba de accionamiento simultáneo

Tabla 4.17 Cuadro valores accionamiento simultaneo Pulsar 200NS

TIPO DE PRUEBA			ACCIONAMIENTO SIMULTANEO PULSAR 200NS						
No	Temp. Ambiente (°C)	Vel. Viento (m/s)	Temp. Ini/fin de frenos (°C)		Vel. Accionamiento (km/h)	Distancia de parada (m)	Tiempo de prueba total (s)	Tiempo de frenada (s)	Archivo
			Del	Post					
1	26,6	2	41,9/69,5	93,7/59,9	62	16,55	9,3	2,56	123730
2	26,4	2,3	69,5/104	59,9/58,8	63	14,6	11,36	2,41	123900
3	26,2	2,5	104/109	58,8/58,3	61	13,9	11,32	1,86	124021
4	26,2	3,1	109/95,5	58,3/61,9	62	20,65	11,75	2,66	124204
5	26,4	2,1	95,7/82,1	61,9/56,6	62	21	12,9	2,86	124348
6	26,9	1,4	82,1/74,8	56,6/60,8	59	22,8	13,15	2,81	124518

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Tabla 4.18 Cuadro valores accionamiento simultaneo KTM Duke 390

TIPO DE PRUEBA			ACCIONAMIENTO SIMULTANEO KTM DUKE 390						
No	Temp. Ambiente (°C)	Vel. Viento (m/s)	Temp. Ini/fin de frenos (°C)		Vel. Accionamiento (km/h)	Distancia de parada (m)	Tiempo de prueba total (s)	Tiempo de frenada (s)	Archivo
			Del	Post					
1	27,1	1	62/83	76,6/65	60	13,83	9,6	2,4	133649
2	26,9	3,8	83/73	65/58	64	16,4	13,41	2,28	133811
3	26	2,4	73/93,4	58/60,9	62	16,4	11,42	2,45	133951
4	27,9	2,8	93,4/93,2	60,9/65,9	61	13,45	11,7	2,21	134146
5	28,2	2	93,2/87,4	65,9/51,4	64	13,61	12,01	2,56	134334
6	26,8	3,3	87,4/78,9	51,4/50,3	59	13,1	13,73	3,56	134516

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.5.4 Prueba de ABS superficie de alta fricción

Tabla 4.19 Cuadro valores accionamiento simultaneo KTM Duke 390

TIPO DE PRUEBA			ACCIONAMIENTO SIMULTANEO KTM DUKE 390						
No	Temp. Ambiente (°C)	Vel. Viento (m/s)	Temp. Ini/fin de frenos (°C)		Vel. Accionamiento (km/h)	Distancia de parada (m)	Tiempo de prueba total (s)	Tiempo de frenada (s)	Archivo
			Del	Post					
1	27,1	1	62/83	76,6/65	60	13,83	9,6	2,4	133649
2	26,9	3,8	83/73	65/58	64	16,4	13,41	2,28	133811
3	26	2,4	73/93,4	58/60,9	62	16,4	11,42	2,45	133951
4	27,9	2,8	93,4/93,2	60,9/65,9	61	13,45	11,7	2,21	134146
5	28,2	2	93,2/87,4	65,9/51,4	64	13,61	12,01	2,56	134334
6	26,8	3,3	87,4/78,9	51,4/50,3	59	13,1	13,73	3,56	134516

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.5.5 Prueba de ABS superficie de baja fricción

Tabla 4.20 Cuadro valores accionamiento simultaneo baja fricción KTM Duke 390

TIPO DE PRUEBA			ACCIONAMIENTO SIMULTANEO BAJA FRICCIÓN KTM DUKE 390						
N o	Temp. Ambiente (°C)	Vel. Viento (m/s)	Temp. Ini/fin de frenos (°C)		Vel. Accionamiento (km/h)	Distancia de parada (m)	Tiempo de prueba total (s)	Tiempo de frenada (s)	Archivo
			Del	Post					
1	28	2,2	57/68	48,6/50	62	12,23	10,36	2,24	140144
2	26,1	2	68/67	50/48	63	14,2	10,73	2,23	140321
3	25,8	1,3	67/86	48/52	63	11,8	10,15	1,75	140440

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.5.6 Prueba de ABS con falla parcial

Tabla 4.21 Cuadro valores falla parcial KTM Duke 390

TIPO DE PRUEBA			PRUEBA FALLA PARCIAL KTM DUKE 390						
N o	Temp. Ambiente (°C)	Vel. Viento (m/s)	Temp. Ini/fin de frenos (°C)		Vel. Accionamiento (km/h)	Distancia de parada (m)	Tiempo de prueba total (s)	Tiempo de frenada (s)	Archivo
			Del	Post					
1	29,4	1,2	78,9/61	50,3/47,3	62	13,3	11,2	2,6	134821
2	30	1,5	61/62	47,3/52,3	64	14,74	12,48	1,97	134951
3	28,9	1,5	62,2/59,2	52,3/46	61	13,05	12,68	3,08	135213

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.6 Evaluación de resultados

Una vez presentadas las fichas de prueba se puede observar el desempeño individual de cada motocicleta. En esta sección se realizará una comparativa de los resultados para evidenciar las diferencias principales entre los objetos de estudio.

En vista de que el tiempo reflejado en las tablas es solo un valor referencial para poder tomar ubicación en las gráficas de desaceleración, las principales magnitudes a comparar fueron la distancia, la velocidad de accionamiento y la desaceleración promedio. Estos valores arrojaron un veredicto contundente acerca de la eficacia del sistema ABS en las diferentes pruebas que la regulación solicita. Los resultados fueron comparados con las exigencias mínimas de la GTR no. 3 como se muestra en la tabla 4.22.

Tabla 4.22 Tabla de resultados

Columna 1	Columna 2	Columna 3
Categoría vehículo	DISTANCIA DE PARADA (S) (donde V es la velocidad de prueba determinada en Km/h y S es la distancia de parada requerida en m)	Desaceleración media
Rueda delantera frenada:		
3-1	$S \leq 0.1V + 0.0111V^2$	$\geq 3.4 \text{ m/s}^2$
3-2	$S \leq 0.1V + 0.0143V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
3-3	$S \leq 0.1V + 0.0087V^2$	$\geq 4.4 \text{ m/s}^2$
3-4	No aplica	No aplica
3-5	$S \leq 0.1V + 0.0105V^2$	$\geq 3.6 \text{ m/s}^2$
Rueda posterior frenada:		
3-1	$S \leq 0.1V + 0.0143V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
3-2	$S \leq 0.1V + 0.0143V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
3-3	$S \leq 0.1V + 0.0133V^2$	$\geq 2.9 \text{ m/s}^2$
3-4	No aplica	No aplica
3-5	$S \leq 0.1V + 0.0105V^2$	$\geq 3.6 \text{ m/s}^2$
Vehículos con CBS o sistemas de frenado combinado		
3-1 y 3-2	$S \leq 0.1V + 0.0087V^2$	$\geq 4.4 \text{ m/s}^2$
3-3	$S \leq 0.1V + 0.0076V^2$	$\geq 5.1 \text{ m/s}^2$
3-4	$S \leq 0.1V + 0.0077V^2$	$\geq 5.0 \text{ m/s}^2$
3-5	$S \leq 0.1V + 0.0071V^2$	$\geq 5.4 \text{ m/s}^2$
Vehículos con CBS, sistema de frenos secundario		
TODOS	$S \leq 0.1V + 0.0154V^2$	$\geq 2.5 \text{ m/s}^2$

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Para la comparación de resultados, la categoría equivalente a las motocicletas perteneciente a la clase L3 será la 3-3 expuesta en la tabla de resultados. Para mayor información de la categorización de las motocicletas de la GTR no 3, referirse al anexo 4.3, TRANS-WP29-1045, página 15, párrafo 2.1.3.

4.6.1 Distancia y desaceleración

En esta sección se evaluaron los resultados para determinar, en primera instancia, si los vehículos puestos a prueba superan los requerimientos de la GTR. no. 3 con respecto a la distancia máxima de frenado y desaceleración mínima generada. Es menester mencionar que se realizó una corrección de las distancias expuestas ya que estas fueron tomadas de forma manual a través de una cinta métrica. Ya que este método puede presentar un leve margen de error, los valores de distancia serán rectificadas con la ecuación proporcionada por la GTR no. 3 de la siguiente forma:

$$S_s = 0.1 * V_s + (S_a - 0.1 * V_a) * V_s^2/V_a^2 \quad \text{Ec. [4.2]}$$

En donde:

S_s = Distancia corregida (m)

V_s = Velocidad específica de prueba (km/h)

S_a = Distancia actual de frenado (m)

V_a = Velocidad actual del vehículo (km/h)

Cabe recalcar que esta fórmula solo aplica si la velocidad de accionamiento está dentro del rango de ± 5 km/h.

Adicionalmente, se calculó la desaceleración aproximada para compararla con las gráficas de desaceleración posteriormente. Para este cálculo se utiliza la fórmula de movimiento uniformemente variado con la velocidad en función de la distancia.

$$v^2 = v_o^2 + 2ad \quad \text{Ec. [4.3]}$$

En donde:

v = Velocidad final

v_o = Velocidad inicial

a = Aceleración en la distancia recorrida

d = Distancia recorrida

Los datos disponibles en este caso son las velocidades en el punto de accionamiento y en el punto de detención respectivamente y la distancia recorrida hasta inmovilizar la motocicleta. Por este motivo, para encontrar la desaceleración en la distancia recorrida es necesario despejar de la ecuación 4.3 la aceleración.

$$a = (v^2 - v_o^2) / 2d \quad \text{Ec. [4.4]}$$

Con esta ecuación es posible valorar por primera vez los datos registrados en las fichas de prueba en la sección 4.5.

Para corroborar los datos de desaceleración promedio durante el período de frenada se utilizara las gráficas generadas por el sensor ubicado cerca del centro de gravedad de las motocicletas. Adicionalmente se realizará una comparación incluyendo la desaceleración estimada calculada previamente y la desaceleración solicitada por la GTR no. 3.

Como muestra de lo que se realizó en esta sección, se expone por lo menos una de las gráficas de cada motocicleta en donde se podrá visualizar los puntos iniciales y finales de frenada; para mayor información respecto a las gráficas generadas referirse al anexo 4.2. Para el cálculo de la desaceleración promedio en los gráficos, se tomara como referencia el último punto previo al incremento de fuerza en el eje y, y el punto máximo de desaceleración previo al descenso de la curva y estabilización de lectura. Así, se realizara una sumatoria de todos los valores registrados en ese período de tiempo y se obtendrá una media permitiendo la comparación con los resultados teóricos. Cabe mencionar que debido a las vibraciones provocadas por las motorizaciones mono cilíndricas de las motocicletas existe un margen de ± 0.4 g en la lectura de las aceleraciones en el sensor.

4.6.1.1 Accionamiento por separado freno delantero

Tanto en el accionamiento por separado como en el simultáneo, las celdas resaltadas en amarillo indican si el vehículo cumple con los requerimientos máximos de distancia y mínimos de desaceleración promedio, mientras que las celdas resaltadas en rojo pertenecen a los ensayos que no superaron las exigencias. Independientemente del cumplimiento de la regulación, todos los ensayos fueron registrados para poderlos contabilizar y realizar un análisis del desempeño de cada vehículo.

Tabla 4.23 Cuadro de valores, distancias y desaceleraciones accionamiento por separado freno delantero Pulsar 200NS

TIPO DE PRUEBA		ACCIONAMIENTO POR SEPARADO FRENO DELANTERO PULSAR 200NS					Velocidad de prueba (Km/h)	60	
NO	Velocidad de accionamiento	Distancia de parada (m)	Distancia corregida	Distancia requerida	Distancia restante	Desaceleración estimada (m/s ²)	Desaceleración mínima requerida (m/s ²)	Desaceleración calculada (m/s ²)	Archivo
1	58	11,92	12,55	37,32	24,77	10,89	4,4	6,84	120833
2	59	10,4	10,65	37,32	26,67	12,61	4,4	7,33	121050
3	57	10,15	10,93	37,32	26,39	11,47	4,4	7,73	121257
4	59	9,2	9,41	37,32	27,91	14,27	4,4	5,67	121458
5	62	12,25	11,67	37,32	25,65	12,71	4,4	9,15	121639
6	62	14,18	13,47	37,32	23,85	11,01	4,4	6,96	120145
Velocidad promedio	59,5	Distancia promedio	11,45		Desc. Estimada prom.	12,16	Desc. prom. calculada	7,28	

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Tabla 4.24 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones accionamiento por separado freno delantero KTM Duke 390

TIPO DE PRUEBA		ACCIONAMIENTO POR SEPARADO FRENO DELANTERO KTM DUKE 390					Velocidad de prueba (Km/h)	60	
NO	Velocidad de accionamiento	Distancia de parada (m)	Distancia corregida	Distancia requerida	Distancia restante	Desaceleración estimada (m/s ²)	Desaceleración mínima requerida (m/s ²)	Desaceleración calculada (m/s ²)	Archivo
1	63	17,7	16,34	37,32	20,98	9,37	4,4	8,66	131516
2	60	14,65	14,65	37,32	22,67	9,48	4,4	8,71	131654
3	63	16,15	14,93	37,32	22,39	10,25	4,4	9,61	131812
4	63	13,73	12,74	37,32	24,58	12,02	4,4	7,29	132019
5	63	14,16	13,13	37,32	24,19	11,66	4,4	7,75	132202
6	60	12,78	12,78	37,32	24,54	10,87	4,4	8,47	132332
Velocidad promedio	62	Distancia promedio	14,1		Desc. Estimada prom.	10,61	Desc. prom. calculada	8,42	

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

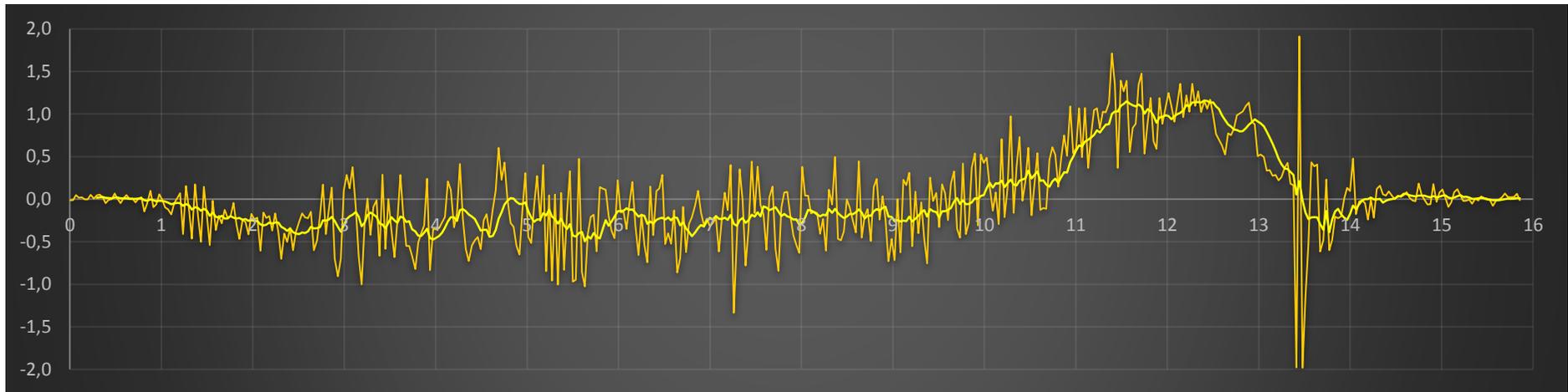


Gráfico 4.1 Ejemplo accionamiento por separado freno delantero Pulsar 200NS Archivo 121639

Fuente: Romero, M., Vázquez, J

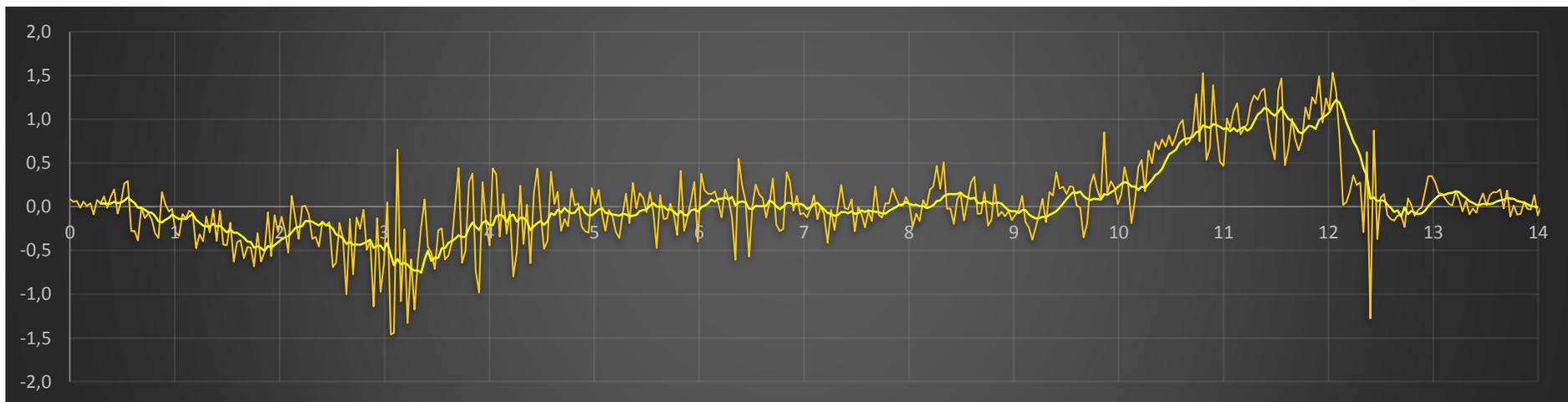


Gráfico 4.2 Ejemplo accionamiento por separado freno delantero KTM Duke 390 Archivo 131516

Fuente: Romero, M., Vázquez, J

4.6.1.2 Accionamiento por separado freno posterior

Tabla 4.25 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones accionamiento por separado freno posterior Pulsar 200NS

TIPO DE PRUEBA		ACCIONAMIENTO POR SEPARADO FRENO POSTERIOR PULSAR 200NS					Velocidad de prueba (Km/h)	60	
NO	Velocidad de accionamiento	Distancia de parada (m)	Distancia corregida	Distancia requerida	Distancia restante	Desaceleración estimada (m/s ²)	Desac. Mín. requerida (m/s ²)	Desaceleración calculada (m/s ²)	Archivo
1	62	37,5	35,31	53,88	18,57	4,20	2,9	2,19	122101
2	59	30,2	31,13	53,88	22,75	4,31	2,9	5,2	122756
3	62	39	36,72	53,88	17,16	4,04	2,9	4,46	123014
4	63	33,8	30,94	53,88	22,94	4,95	2,9	4,34	123154
5	59	50	51,61	53,88	2,27	2,60	2,9	4,52	123329
6	61	34	32,99	53,88	20,89	4,35	2,9	4,51	123512
Velocidad promedio	61	Distancia promedio	36,45		Desc. Estimada prom.	4,08	Desc. prom. calculada	4,20	

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Tabla 4.26 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones accionamiento por separado freno posterior KTM Duke 390

TIPO DE PRUEBA		ACCIONAMIENTO POR SEPARADO FRENO POSTERIOR KTM DUKE 390					Velocidad de prueba (Km/h)	60	
NO	Velocidad de accionamiento	Distancia de parada (m)	Distancia corregida	Distancia requerida	Distancia restante	Desaceleración estimada (m/s ²)	Desac. Mín. requerida (m/s ²)	Desac. calculada (m/s ²)	Archivo
1	63	29	26,59	53,88	27,29	5,76	2,9	4,08	132621
2	63	33	30,22	53,88	23,66	5,07	2,9	4,34	132747
3	59	28,9	29,79	53,88	24,09	4,51	2,9	4,97	132955
4	62	35	32,97	53,88	20,91	4,50	2,9	2,81	133141
5	59	27,95	28,80	53,88	25,08	4,66	2,9	4,45	133352
6	61	35,5	34,44	53,88	19,44	4,17	2,9	5,07	133516
Velocidad promedio	61,16	Distancia promedio	30,46		Desc. Estimada prom.	4,78	Desc. prom. calculada	4,29	

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

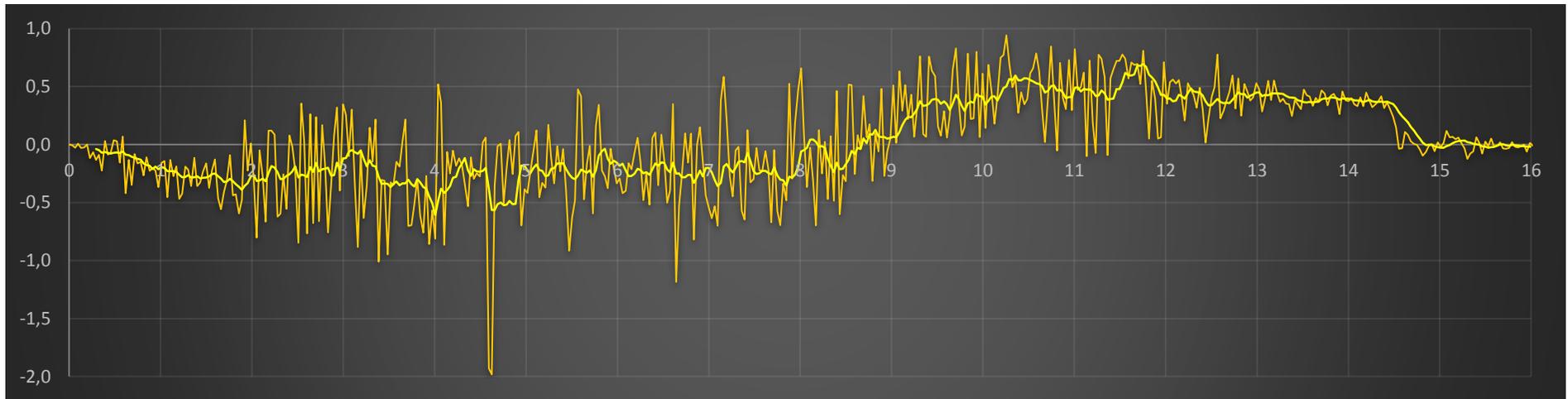


Gráfico 4.3 Ejemplo accionamiento por separado freno posterior Pulsar 200NS Archivo 123512

Fuente: Romero, M., Vázquez, J

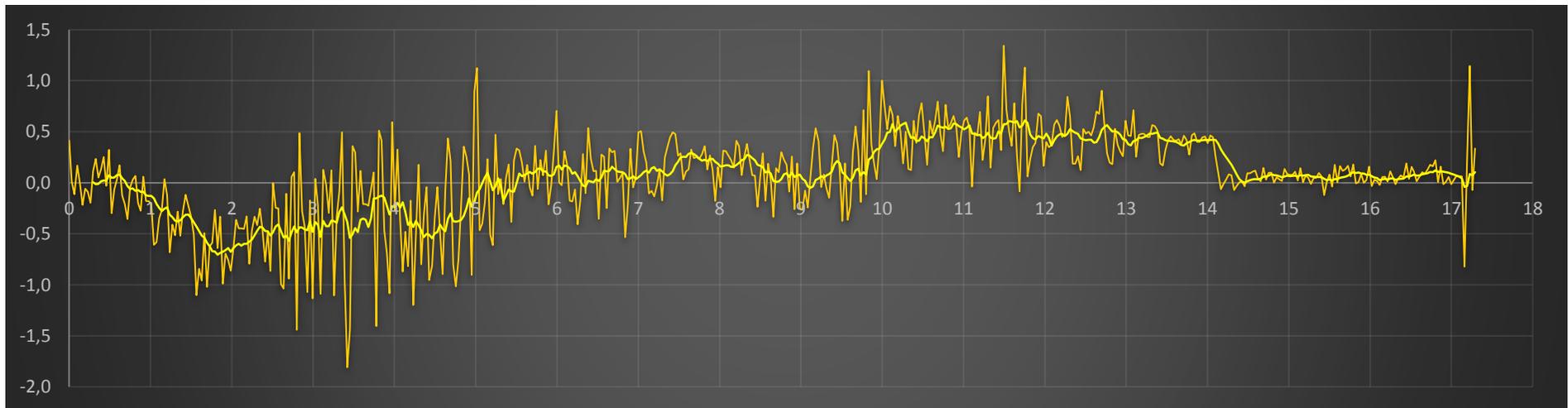


Gráfico 4.4 Ejemplo accionamiento por separado freno posterior KTM Duke 390 Archivo 133516

Fuente: Romero, M., Vázquez, J

4.6.1.3 Accionamiento en simultáneo

La situación se repite en el accionamiento simultáneo comparando las magnitudes registradas con la distancia máxima propuesta por la regulación. Sin embargo, ya que la prueba solicita realizar los ensayos a 100 km/h y se ejecutaron a 60 km/h, se generó una variante equivalente para tener una distancia de referencia.

Tabla 4.27 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones accionamiento simultaneo Pulsar 200NS

TIPO DE PRUEBA		ACCIONAMIENTO SIMULTANEO PULSAR 200NS					Velocidad de prueba (Km/h)	60	
NO	Velocidad de accionamiento	Distancia de parada (m)	Distancia corregida	Distancia requerida	Distancia restante	Desaceleración estimada (m/s ²)	Desaceleración mínima requerida (m/s ²)	Desaceleración calculada (m/s ²)	Archivo
1	62	16,55	15,69	21,6	5,91	9,45	n/a	6,79	123730
2	63	14,6	13,53	21,6	8,07	11,32	n/a	8,31	123900
3	61	13,9	13,55	21,6	8,05	10,60	n/a	8,22	124021
4	62	20,65	19,53	21,6	2,07	7,59	n/a	7,42	124204
5	62	21	19,86	21,6	1,74	7,47	n/a	7,19	124348
6	59	22,8	23,48	21,6	-1,88	5,72	n/a	7,14	124518
Velocidad promedio	61,5	Distancia promedio	17,60		Desc. Estimada prom.	8,69	Desc. prom. calculada	7,51	

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Tabla 4.28 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones accionamiento simultaneo KTM Duke 390

TIPO DE PRUEBA		ACCIONAMIENTO SIMULTANEO KTM DUKE 390					Velocidad de prueba (Km/h)	60	
NO	Velocidad de accionamiento	Distancia de parada (m)	Distancia corregida	Distancia requerida	Distancia restante	Desaceleración estimada (m/s ²)	Desaceleración mínima requerida (m/s ²)	Desaceleración calculada (m/s ²)	Archivo
1	60	13,83	13,83	21,6	7,77	10,04	n/a	8,63	133649
2	64	16,4	14,79	21,6	6,81	10,69	n/a	7,72	133811
3	62	16,4	15,55	21,6	6,05	9,54	n/a	7,29	133951
4	61	13,45	13,11	21,6	8,49	10,95	n/a	8,19	134146
5	64	13,61	12,34	21,6	9,26	12,81	n/a	8,4	134334
6	59	13,1	13,45	21,6	8,15	9,99	n/a	8,14	134516
Velocidad promedio	61,66	Distancia promedio	13,84		Desc. Estimada prom.	10,67	Desc. prom. calculada	8,06	

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

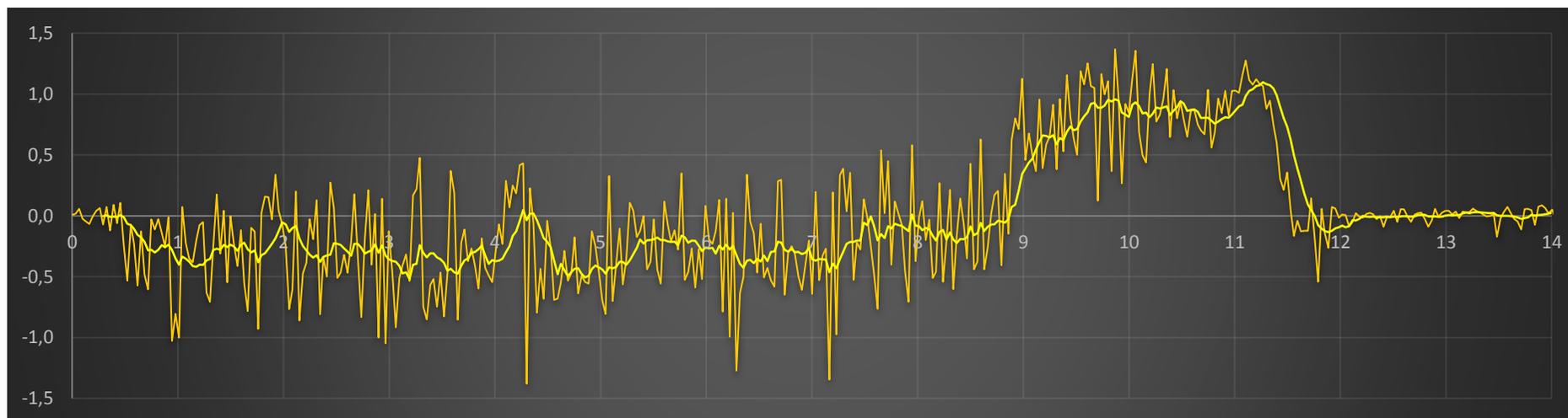


Gráfico 4.5 Ejemplo accionamiento simultáneo Pulsar 200NS Archivo 124021

Fuente: Romero, M., Vázquez, J

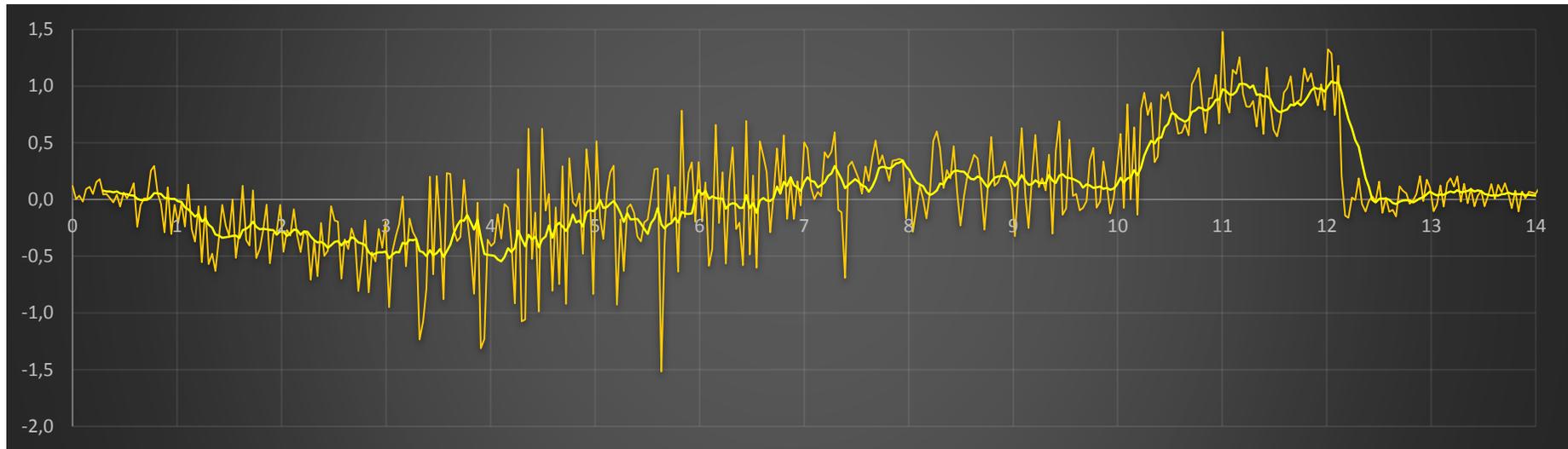


Gráfico 4.6 Ejemplo accionamiento simultaneo KTM Duke 390 Archivo 133649

Fuente: Romero, M., Vázquez, J

4.6.1.4 Accionamiento simultáneo prueba falla parcial y superficie de baja fricción

La prueba de accionamiento en superficie de baja fricción y falla parcial fue realizada únicamente por la KTM DUKE 390 por condiciones de seguridad, por lo que aunque este ensayo no será comparable con el otro candidato, permitirá demostrar la fiabilidad del sistema.

Tabla 4.29 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones falla parcial KTM Duke 390

TIPO DE PRUEBA		PRUEBA FALLA PARCIAL KTM DUKE 390					Velocidad de prueba (Km/h)	60		
NO	Velocidad de accionamiento	Distancia de parada (m)	Distancia corregida	Distancia requerida	Distancia restante	Desaceleración estimada (m/s ²)	Desac. mínima requerida (m/s ²)	Desaceleración calculada (m/s ²)	Archivo	
1	62	13,3	12,65	21,6	8,95	11,72	6,17	7,14	134821	
2	64	14,74	13,33	21,6	8,27	11,85	6,17	7,89	134951	
3	61	13,05	12,72	21,6	8,88	11,28	6,17	8,68	135213	
Velocidad promedio	62,33	Distancia promedio	12,90		Desc. Estimada prom.	11,62	Desc. Prom. calculada	7,90		

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

Tabla 4.30 Cuadro de valores distancias y desaceleraciones accionamiento simultáneo superficie de baja fricción KTM Duke 390

TIPO DE PRUEBA		ACCIONAMIENTO SIMULTANEO BAJA FRICCION KTM DUKE 390					Velocidad de prueba (Km/h)	60		
NO	Velocidad de accionamiento	Distancia de parada (m)	Distancia corregida	Distancia requerida	Distancia restante	Desaceleración estimada (m/s ²)	Desaceleración mínima requerida (m/s ²)	Desaceleración calculada (m/s ²)	Archivo	
1	62	12,23	11,65	22,68	11,03	12,73	6,87	8,44	140144	
2	63	14,2	13,17	22,68	9,51	11,63	6,87	8,32	140321	
3	63	11,8	10,99	22,68	11,69	13,93	6,87	7,64	140440	
Velocidad promedio	62,66	Distancia promedio	11,93		Desc. Estimada prom.	12,77	Desc. Prom. calculada	8,13		

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

4.6.2 Comparación práctica y teórica

A través de la evaluación de resultados es posible establecer una relación entre las distancias y aceleraciones teóricas, prácticas y requeridas. En los siguientes gráficos es posible observar como las motocicletas superan ampliamente los requerimientos de la GTR no. 3 con el procedimiento de pruebas que se ha seleccionado. Para la realización de estos gráficos se tomó en consideración el promedio generado de las magnitudes registradas tanto en distancia como en aceleración de la sección 4.6.1 Distancia y desaceleración.

4.6.2.1 Comparación distancia y aceleración

En los siguientes gráficos será posible visualizar el promedio de los datos registrados y la posible relación entre el cálculo teórico y práctico de los ensayos respectivos.

a) Distancia y aceleración freno delantero.

Como se puede observar en el gráfico 4.7, ambas motocicletas superan los requerimientos mínimos solicitados por la GTR no. 3 en cuanto a distancia máxima de accionamiento. Los resultados de la Pulsar NS200 presentan sorpresa al reflejar valores promedio inferiores a los de la Duke 390. Aun cuando la KTM ejecutó las pruebas con el sistema ABS encendido, no pudo superar las reducidas distancias de frenado propuestas por la Pulsar en superficie seca.

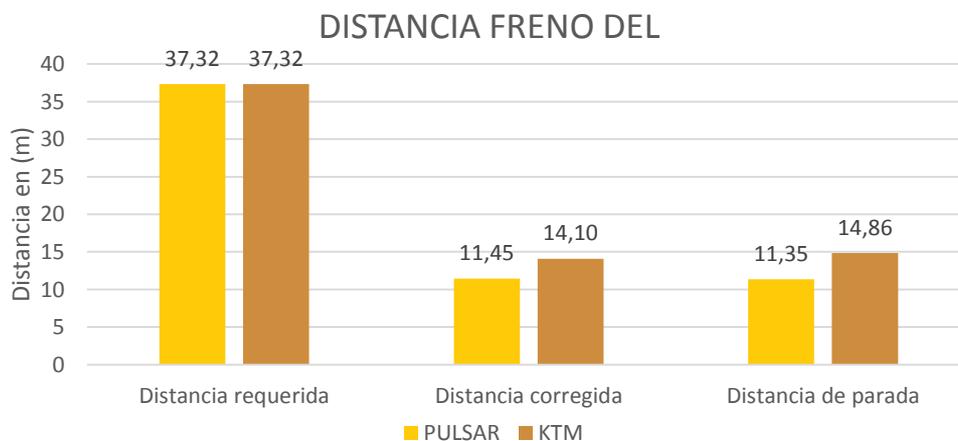


Gráfico 4.7 Comparación distancia freno delantero

Fuente: Romero, M., Vázquez, J

Por otro lado, la magnitud de desaceleración también se observa ampliamente superada por las dos motocicletas aunque en el cálculo KTM presentara ventaja. Los resultados dejan en exposición la lógica ya que al haberse mayor desaceleración promedio se espera que el vehículo también se detenga en menor distancia, sin embargo, es claro que el sistema ABS interviene en este caso de manera negativa en la efectividad de frenado bajo las condiciones de prueba.

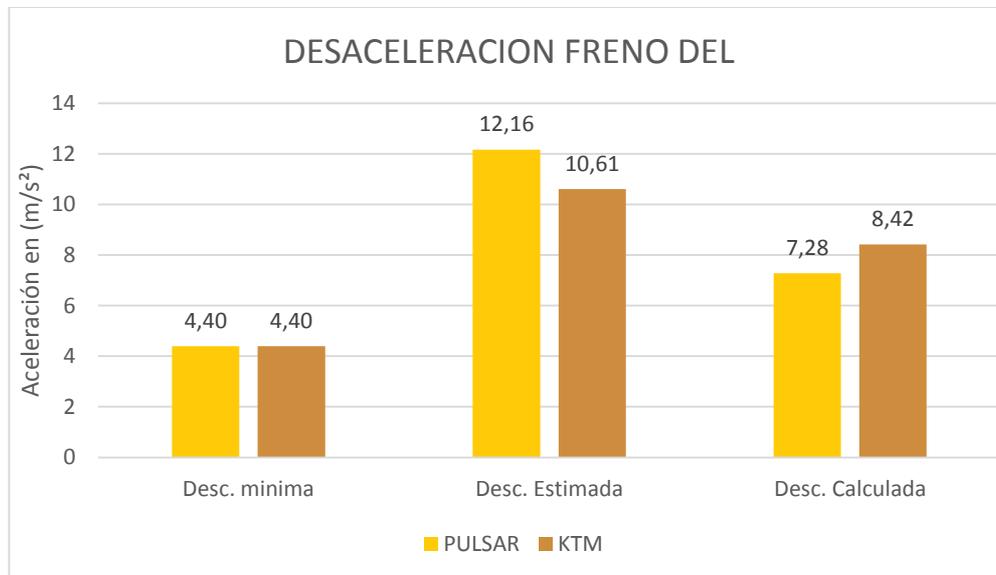


Gráfico 4.8 Comparación aceleración freno delantero

Fuente: Romero, M., Vázquez, J

b) Distancia y aceleración freno posterior.

Los datos recopilados con respecto al accionamiento del freno posterior difieren considerablemente al ser esta la rueda de arrastre en una frenada. Como se explicó previamente en el primer capítulo, la transferencia de peso se recarga en la rueda delantera por lo que la rueda posterior tiene una alta posibilidad de bloqueo.

La Pulsar NS200 fue víctima constante de este efecto por lo que el piloto estaba obligado a regular constantemente la fuerza de frenado. Aun cuando la velocidad de prueba era relativamente baja, las dos motocicletas presentan dificultad al detenerse en este tipo de ensayo.

Se puede observar en el grafico 4.9 el incremento de distancias llegando a triplicar los trayectos presentados por el freno delantero. Sin embargo, nuevamente los dos candidatos fueron capaces de superar los requisitos mínimos de la GTR no. 3, esta vez con mayor esfuerzo.

En cuanto a las distancias recorridas, la Duke 390 establece un margen considerable respecto al desempeño de la Pulsar NS200 gracias al control de fuerza de frenado que presenta el ABS en la rueda posterior.

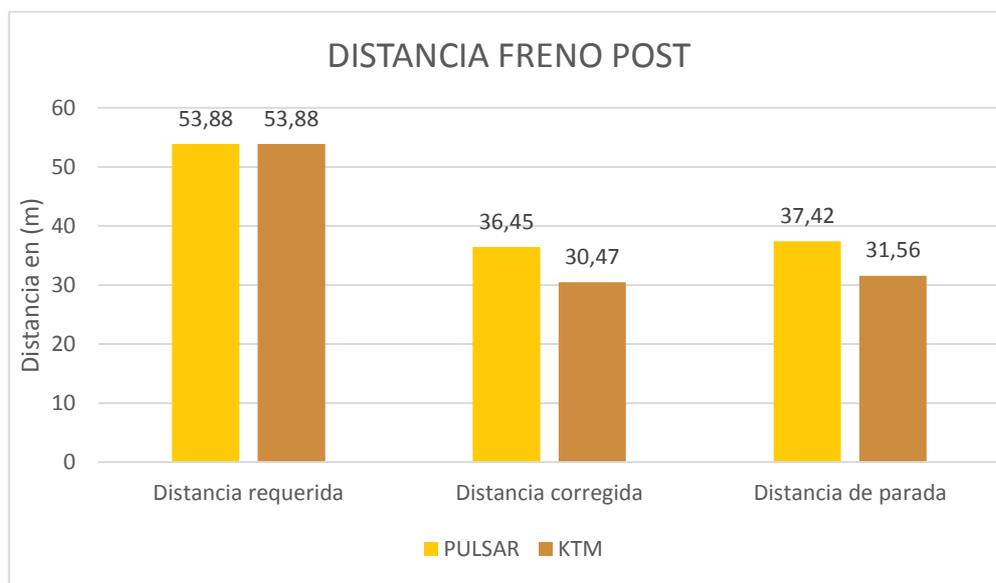


Gráfico 4.9 Comparación distancia freno posterior
Fuente: Romero, M., Vázquez, J

El gráfico 4.10 muestra un promedio de desaceleración similar en las dos motocicletas. Aunque la desaceleración estimada presenta una pequeña diferencia, la desaceleración calculada despliega valores de desempeño muy cercanos en ambos ejemplares. Las dos motocicletas cumplen con el requisito de desaceleración mínima propuesto por la GTR no 3 siendo la Duke 390 más efectiva por un minúsculo valor.

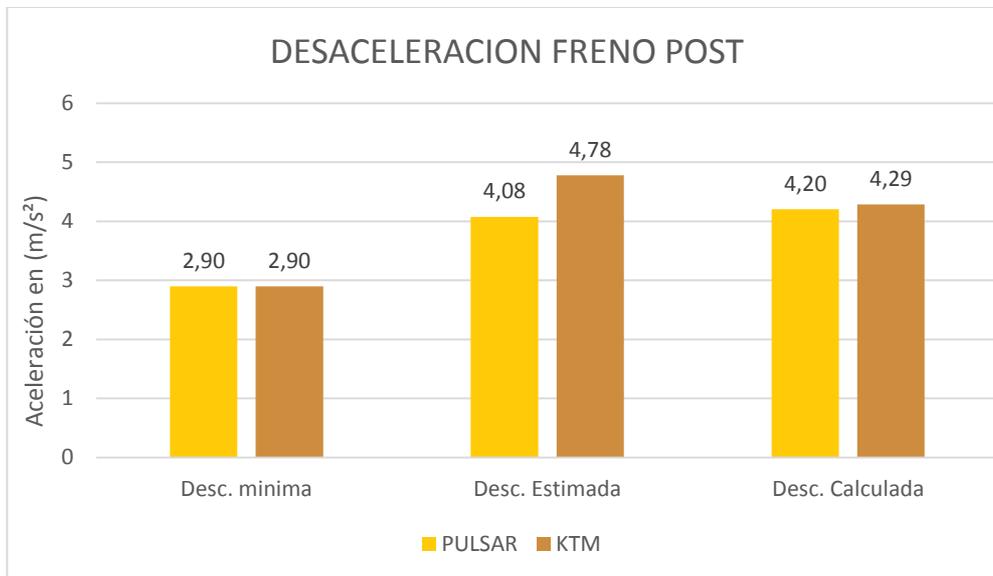


Gráfico 4.10 Comparación distancia y aceleración freno posterior
Fuente: Romero, M., Vázquez, J

c) Distancia y aceleración freno simultáneo

La prueba de frenado simultáneo resulta el ensayo más influyente en la determinación de efectividad de los sistemas al ser la que pone en exposición la capacidad máxima de reducción de velocidad en una motocicleta. La regulación GTR no. 3 solicita ejecutar la prueba a una velocidad de 100 km/h, pero como se mencionó previamente, por condiciones de seguridad la velocidad de accionamiento se mantuvo en 60 km/h como en el resto de pruebas. Para la distancia máxima se generó un valor equivalente valido para la comparación de desempeño. En este caso la distancia de referencia no fue sobrepasada por ninguno de los dos vehículos por lo que se afirma que superaron de manera efectiva la prueba de freno simultáneo.

Los resultados exhiben una vez más la efectividad del sistema ABS al disminuir la distancia de frenado en un 21% aproximadamente con relación al desempeño de la Pulsar NS200.

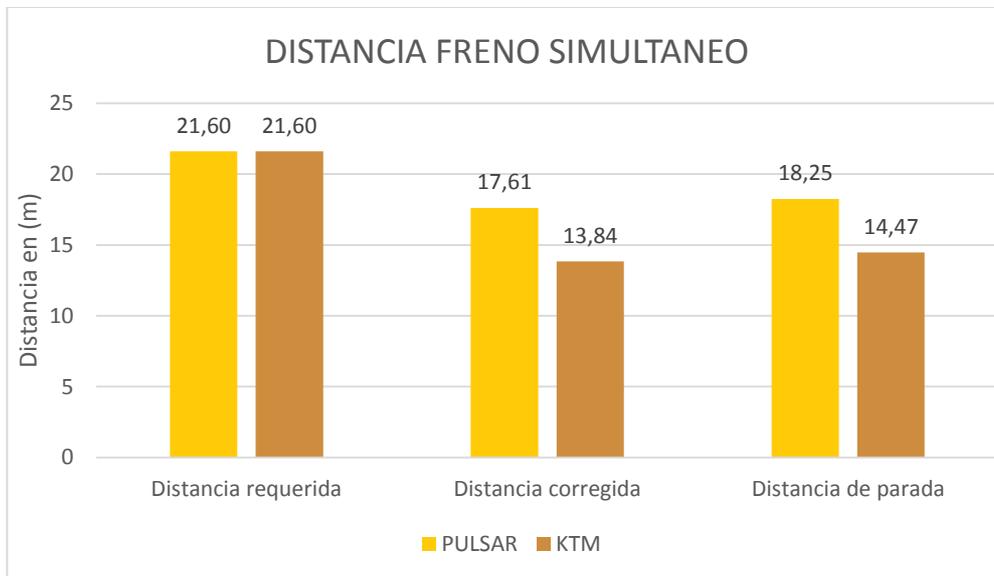


Gráfico 4.11 Comparación distancia freno simultáneo
Fuente: Romero, M., Vázquez, J

La regulación GTR no. 3 no especifica la desaceleración mínima requerida en la prueba de frenado simultáneo, sin embargo, los datos registrados permiten evaluar las magnitudes generadas entre las dos motocicletas. La desaceleración promedio estimada muestra una gran diferencia entre los objetos de estudio mientras que la desaceleración calculada promedio identifica una nivelación existiendo un margen de apenas 0.5 m/s^2 . La grafica demuestra que ambas motocicletas son capaces de producir valores de desaceleración elevados aun con sistemas de frenado en desigualdad de condiciones.

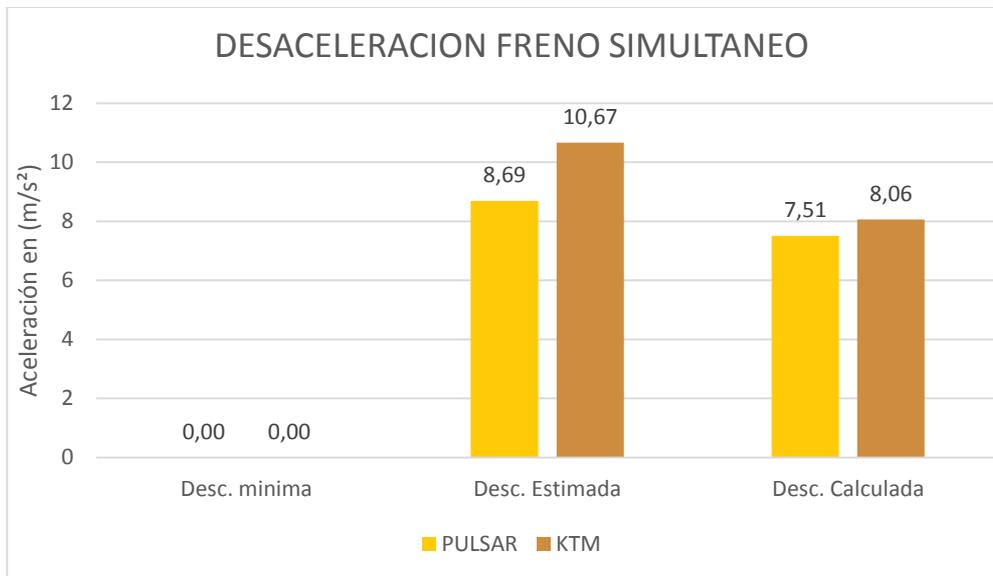


Gráfico 4.12 Comparación aceleración freno simultáneo
Fuente: Romero, M., Vázquez, J

4.6.3 Efectividad de frenado y velocidad residual

Una vez generada la comparación de los valores promedio en cuanto a distancia y deceleración, es posible determinar el porcentaje de efectividad de los respectivos sistemas presentes en las motocicletas de estudio. Adicionalmente, cabe la opción de realizar un cálculo aproximado de distancias residuales con respecto a la mejor frenada y de la misma manera una velocidad aproximada de impacto. Para este cálculo se tomara de referencia el mejor desempeño de cada motocicleta en las pruebas respectivas marcado con color verde; y con color rojo el peor desempeño. Por otro lado, el cálculo de la velocidad residual corresponde a la aplicación de la ecuación 4.3 de la sección 4.6.1 en donde se verificara a la velocidad a la que el vehículo con menor desempeño continuaría en su distancia adicional de frenado.

La tabla 4.31 exhibe el desempeño promedio de cada motocicleta en las distintas pruebas de frenado bajo las mismas condiciones. Claramente se puede observar el predominio de la KTM Duke 390 sobre la Pulsar 200NS en dos de las tres pruebas en superficie seca. Aunque las diferencias no son muy cuantiosas, en condiciones reales de conducción, pocos centímetros

pueden hacer la diferencia entre lograr una frenada exitosa, sufrir una caída, o peor, un posible impacto.

Es evidente que el accionamiento por separado del freno posterior no es recomendable bajo ninguna circunstancia en terrenos urbanos al ser de muy poca capacidad. Por otro lado, aunque el freno delantero presenta un porcentaje de efectividad bastante elevado, abusar del mismo sin sistema ABS puede comprometer la estabilidad longitudinal de la motocicleta. De esta manera, la inclinación hacia el tipo de frenado más eficiente es para el de tipo simultáneo, en donde el piloto puede aprovechar la máxima fuerza de frenado del vehículo sin comprometer su seguridad y garantizando distancias reducidas de frenado.

En cuanto al porcentaje de efectividad, se ha comparado entre las dos motocicletas según la distancia promedio conseguida, siendo el sistema ABS predominante e influyente en la mayoría de ellas. Sin embargo, si se comparara con los requerimientos de la regulación, las dos motocicletas obtendrían porcentajes de efectividad suficientes para superar cualquier proceso de homologación.

Tabla 4.31 Efectividad de frenado y velocidad residual

CALCULO APROXIMADO						
Modelo	Tipo de prueba	Distancia promedio (m)	Distancia adicional (m)	Desaceleración promedio (m/s²)	Velocidad residual (km/h)	% Efectividad
Pulsar 200NS	Accionamiento delantero	11,45	0	7,28	0	100
	Accionamiento posterior	36,45	5,98	4,2	16,86	80,37
	Accionamiento simultaneo	17,61	3,77	7,51	30,12	72,76
KTM Duke 390	Accionamiento delantero	14,1	2,65	8,42	33,1	76,85
	Accionamiento posterior	30,47	0	4,29	0	100
	Accionamiento simultaneo	13,84	0	8,06	0	100

Fuente: Romero, M., Vázquez, J.

CONCLUSIONES

- Fue posible observar en los diferentes registros de los ensayos realizados que los sistemas de frenado que implementan estas motocicletas cumplen con la regulación seleccionada GTR no. 3 en las diversas pruebas solicitadas bajo las condiciones propuestas por este estudio. Sin embargo, es conveniente mencionar que la fuerza de frenado recomendada para los ensayos por la GTR no. 3 no fue considerada como un parámetro estricto ya que el propósito de la investigación dirige su atención hacia la comprobación de la capacidad máxima de frenado de cada motocicleta, por lo tanto, la fuerza aplicada también fue la máxima posible en todo momento. Este parámetro no solo influyó en la distancia promedio de parada, sino que también afectó en la desaceleración generada en cada motocicleta logrando alcanzar valores mucho más elevados de los solicitados.
- Si bien es cierto la Pulsar 200NS fue superior en la prueba de accionamiento separado con freno delantero obteniendo una distancia promedio de parada de 11.35 m frente a los 14.86 m de la KTM, esto no refleja necesariamente una condición de seguridad en el proceso de detención. Hay que recordar que el propósito fundamental del sistema de frenos es disminuir la velocidad manteniendo el control del vehículo en todo momento; mientras que en esta prueba la Pulsar 200NS se encontraba al borde de un posible volcamiento.
- Las distancias elevadas en comparación a la prueba de freno delantero de la Pulsar 200NS y la KTM Duke 390 de 37.42 m y 31.56 m respectivamente determinaron que el freno posterior por separado presenta poca efectividad en el proceso de frenado debido a la transferencia de peso que se recarga en el eje delantero, utilizar por únicamente el freno posterior no garantiza la reducción de velocidad en un trayecto prudente. Sin embargo, accionar el freno posterior conjuntamente con el delantero aporta no solo a la reducción de distancia de frenado sino también al incremento de desaceleración promedio en un período de tiempo.

- Se comprobó la efectividad del freno simultáneo produciendo valores altos de desaceleración calculada entre 7.51 m/s^2 y 8.06 m/s^2 de la Pulsar 200NS y la KTM Duke 390 respectivamente, pero sobre todo demostrando el control de la motocicleta en todo momento. El accionamiento simultáneo evita en gran medida la posibilidad de un volcamiento y disminuye el riesgo de sufrir un derrape.
- Se evidenció que la capacidad de frenado de una motocicleta puede cambiar drásticamente al implementar un sistema auxiliar de asistencia como el ABS, especialmente considerando que la pericia del piloto influye constantemente en la aplicación de fuerza de frenado. Esto se puede corroborar en la prueba de freno delantero por separado; aunque la KTM Duke 390 presenta una distancia promedio de 3.51 m superior al de la Pulsar 200NS, la desaceleración promedio de la primera motocicleta es 1.14 m/s^2 más elevada que la segunda. Una frenada de emergencia no solo demanda de destreza sino que minimiza el tiempo de respuesta; en la mayor parte de casos muy limitado para la reacción del conductor. De esta manera, con un sistema anti bloqueo de frenos, el usuario puede centrar su atención en aplicar la fuerza necesaria en los frenos y maniobrar para evitar un obstáculo.
- Con base a los resultados obtenidos en la tabla 4.26, se verificó que el sistema ABS incorporado en la Duke 390 presenta superioridad en la prueba de freno posterior por un valor de 19.63 % mientras que en la prueba de freno simultáneo asciende a 27.4% más efectivo que el sistema convencional de frenos incorporado en la Pulsar 200NS. Estos mismos porcentajes de efectividad son los que inciden en las distancias de frenado permitiendo evitar un accidente. En la prueba de accionamiento simultáneo, por ejemplo, mientras que la Duke 390 logra realizar su detención en 13.84 m, la Pulsar 200NS continuaría su trayecto impactando un obstáculo con una velocidad aproximada de 30.12 km/h.

- Aunque el proceso de selección de las motocicletas fue minucioso para encontrar modelos de estudio con características similares, el comportamiento del sistema de frenado en cada motocicleta presentaba particularidades, especialmente con asistencia ABS, por lo que fue necesario añadir un período de adaptación en el que el piloto pudo familiarizarse con el funcionamiento individual de cada sistema y encontrar el punto máximo de presión de frenado disponible.
- El estudio realizado por la FIA “Sistema de frenado en motocicletas ligeras”, indica que las limitaciones físicas impiden que las motocicletas alcancen desaceleraciones superiores a 9.5 m/s^2 en frenadas de emergencia por peligro de volcamiento, esto obliga a los usuarios a utilizar solo una parte de la potencia de frenado presente en sus vehículos, por lo que la incorporación de un sistema antibloqueo de frenos incrementaría la seguridad en la conducción y permitiría aprovechar al máximo las características de una motocicleta.
- Según Adrián Andino, piloto de pruebas y colaborador del estudio, el sistema ABS no solo permite exprimir la capacidad de frenado de la motocicleta sino que también transmite incomparable sensación de control aun cuando la manigueta de freno esta presionada con fuerza considerable. Adicionalmente, afirma que familiarizarse con el sistema no presenta dificultad y que la percepción durante su funcionamiento es mínima.
- Actualmente, el mercado ecuatoriano no dispone ni exige sistemas de seguridad complementarios para las motocicletas como se demostró en segundo capítulo, aun cuando son un vehículo que pone en desventaja al usuario al estar expuesto en todo momento. Si bien es cierto el sistema ABS no sería capaz de evitar accidentes en su totalidad, puede en su defensa, disminuir la velocidad de un posible impacto.

RECOMENDACIONES

- Una vez expuestas las características y ventajas que el sistema anti bloqueo de frenos puede ofrecer al piloto, es conveniente difundir la información para que los usuarios que disponen del sistema estén conscientes de las prestaciones que el mismo puede ofrecer y para aquellos que planean adquirir uno de estos vehículos tengan en mente la relación costo vs. beneficio que el ABS puede ofrecer en una motocicleta.
- Los resultados favorables presentados gracias al sistema antibloqueo de frenos ABS evidencian la existencia de alternativas para mejorar la seguridad activa de las motocicletas. Es recomendable tomar en consideración las conclusiones del proyecto para implementar mejoras en los procesos de homologación locales y el de los organismos de regulación como los Reglamentos Técnicos Ecuatorianos INEN. Así, y de manera paulatina, fomentar a la adquisición de motocicletas que aporten a la disminución de los índices de siniestralidad.
- Una vez realizadas las pruebas con dos motocicletas con sistemas de frenado distintos, el piloto colaborador Adrián Andino, considera conveniente la ejecución de todos los ensayos del estudio en una misma motocicleta con el ABS encendido y desactivado para determinar con mayor precisión las situaciones en las que el sistema anti bloqueo de frenos podría no resultar favorable.
- En cuanto a los ensayos en superficie de baja fricción, el piloto de pruebas añade que resultaría efectivo la inclusión de soportes laterales para poner a prueba una motocicleta sin incorporación de ABS sin comprometer la seguridad en caso de pérdida de control.
- Independientemente del objetivo de la ejecución de pruebas automotrices, es trascendental comprobar el estado óptimo del sistema que será puesto en observación. Esto garantiza las condiciones de seguridad apropiadas para la realización de los ensayos exitosamente. Como

consecuencia, contar con listado de los puntos a verificar es indispensable para incluir en el protocolo de pruebas.

- Con respecto a los instrumentos de medición, es significativo comprobar la precisión de los mismos previo a la realización de los ensayos. Esta observación enfoca su atención concisamente hacia el acelerómetro ya que este se veía afectado por las vibraciones generadas por la motocicleta. Contar con un instrumento de medición de aceleraciones con referencia GPS incrementaría la exactitud de los resultados obtenidos.
- Por otro lado, facilitar las condiciones de ensayo mediante asistencia policial en el sitio de pruebas permite mantener continuidad durante la investigación. Es importante la selección de un lugar con poca afluencia de tráfico y con condiciones climáticas estables en la medida de lo posible.
- Aunque los resultados arrojados en superficie de alta fricción fueron reveladores para la conclusión del presente proyecto, realizar un estudio incluyendo diferentes tipos de superficie favorecería al análisis del comportamiento de los sistemas en diferentes condiciones, especialmente en asfalto mojado, donde la gran mayoría de motociclista presenta dificultades en la conducción.
- Ecuador es uno de los países en Latinoamérica que menos participación registra en contribución con medidas y planes de seguridad para el parque de motocicletas según el “Informe sobre la seguridad de motociclistas en Latinoamérica, Mapfre, 2013”. La seguridad vial es uno de los elementos claves para asegurar la movilización de los usuarios, es evidente que el casco en las motocicletas no es un elemento suficiente para garantizar la vida de sus ocupantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- M. Arias-Paz. MANUAL DE AUTOMOVILES. 55^a Edición, revisada y ampliada Madrid (España): Dossat 2000 (2004)
- Clifton E. Owen. AUTOMOTIVE BRAKE SYSTEMS. 5th Edition. Classroom manual. NY (USA): Delmar (2011)
- Gerschler. TECNOLOGIA DEL AUTOMOVIL. Barcelona (España): Reverte (1985)
- Motorcycle classification and descriptions. Highway Loss Data Institute. 2009.
- L-category vehicle EU type-approval legislation Obligatory fitting of advanced brake systems. Informal document No. GRRF-72-09 (72nd GRRF, 20-24 February 2012)
- Tipos de motocicletas. Luis Casajús. Centro Zaragoza. N° 10 – Octubre/Diciembre 2001
- NORMA TECNICA ECUATORIANA, NTE INEN 2656:2012. Clasificación Vehicular. Primera edición
- REGLAMENTO TECNICO ECUATORIANO, RTE INEN 034:2010. Segunda revisión. Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores. Primera edición.
- NORMA TECNICA ECUATORIANA, NTE INEN 2 558:2010. Seguridad en las motocicletas. Frenos. Procedimientos de inspección. Primera edición.
- UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF VEHICLES OF CATEGORIES L1, L2, L3, L4 AND L5 WITH REGARD TO BRAKING.
Addendum 77: Regulation No. 78. Revisión 1
- CONCERNING THE COMMON DEFINITIONS OF VEHICLE CATEGORIES, MASSES AND DIMENSIONS. Economic Commission for Europe. Inland Transport Committee. World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29).
Special Resolution No.1

- MOTORCYCLE BRAKE SYSTEM, Global Technical Regulation No. 3. Established in the Global Registry on 15 November 2006
- Motorcycle Brake Systems, LABORATORY TEST PROCEDURE FOR FMVSS 122. NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION.
- ANUARIO 2013, AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador)
- OWNER'S MANUAL 2015. 390 DUKE 2015 COL. Art. No. 3213123en.
- Hoffmann, Eckert, Remfrey, Woywod. THE MOTORCYCLE INTEGRAL BRAKE SYSTEM MIB – AN ADVANCED BRAKE SOLUTION FOR HIGH PERFORMANCE MOTORCYCLES. Internationale Motorradkonferenz Koln, 9.-10.10.2006. Paper Number 07-0312
- Deubert, R. EL NUEVO ABS INTEGRAL BMW TECNICA EN DETALLE. Munich (Alemania): BMW Motorrad (2000)
- M. Moreno. SIMULATIONS OF ANTI-LOCK BRAKING SYSTEM OF MOTORCYCLES IN TURN. Kun Shan University, Department of Mechanical Engineering. (2014)
- ANTI-LOCK Braking System (ABS) and Anti-Slip Regulation (ASR). 2nd Edition. Wabco 2011
- Motorcycle ABS: Effectiveness Studies. Obtenido de http://www.bosch-moto.com.br/media/ubk_zweiraeder/related_content/downloads/Motorcycle_ABS_effectiveness.jpg
- 12 ensambladoras de motos se asocian para tomar velocidad. Obtenido de <http://www.revistalideres.ec/lideres/12-ensambladoras-motos-asocian-velocidad.html>
- Ecuador es un mercado en potencial crecimiento en ventas de motocicletas. Obtenido de: http://www.elfinanciero.com/negocios/tema_02_2012/negocios_02_2012.pdf

- Más de 100000 motocicletas se venden cada año en todo el país. Obtenido de:

<http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/mas-de-100-000-motocicletas.html>

ANEXOS

ANEXO 1.1

INEN NTE 2656:2012, ANEXO A, PÁGINA 4



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2656:2012

CLASIFICACIÓN VEHICULAR

Primera edición

VEHICLE CLASSIFICATION

First edition

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, vehículos automotores, clasificación.
MC 08.16-101
CDU: 629-1-4
CIU: 3843
ICS: 43.020

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	CLASIFICACIÓN VEHICULAR	NTE INEN 2656:2012 2012-11
---	--------------------------------	---

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece la clasificación de los vehículos automotores identificados mediante características generales de diseño y uso.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a todos los vehículos diseñados para circulación terrestre (vehículos automotores y unidades de carga).

2.2 Esta norma no comprende máquinas tales como tractores agrícolas, forestales, maquinaria industrial y equipo caminero.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones establecidas en el RTE INEN 034, en el Reglamento de aplicación a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, y las que a continuación se detallan:

3.1.1 Asiento. Estructura ergonómica fijada al vehículo, de configuración adecuada para que la persona se siente, pudiendo ser este individual o múltiple.

3.1.2 Capacidad de arrastre. Peso máximo de diseño a ser remolcado por un automotor.

3.1.3 Capacidad de carga. Carga útil máxima permitida para la cual fue diseñado el vehículo.

3.1.4 Carrocería. Estructura que se adiciona al chasis de forma fija para el transporte de personas y/o carga.

3.1.5 Chasis. Estructura básica del vehículo compuesta por el bastidor, el tren motriz y otras partes mecánicas relacionadas.

3.1.6 Eje. Elemento mecánico que sirve de soporte del vehículo a través de la suspensión y permite la movilidad del mismo.

3.1.7 Pasajero. Persona que hace uso del servicio de transporte público o privado para trasladarse de un lugar a otro.

3.1.8 Peso Bruto Vehicular (PBV). Peso en vacío (Tara) del vehículo más la capacidad de carga de diseño.

3.1.9 Peso Bruto Vehicular Combinado. Peso Bruto Vehicular más la capacidad de arrastre.

3.1.10 Peso en vacío (Tara). Peso del vehículo en orden de marcha, sin incluir la carga o pasajeros (incluye el peso del combustible con los tanques llenos, herramientas y rueda(s) de repuesto).

3.1.11 Plaza. Espacio físico destinado para una persona (sentada o de pie).

3.1.12 Vehículo. Medio para transporte de personas o mercancías, pudiendo ser motorizado o no.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, vehículos automotores, clasificación.

3.1.13 Vehículo especial. Vehículo que realiza una función específica. No se consideran vehículos especiales las máquinas y equipos diseñados y fabricados exclusivamente para el uso fuera de las vías públicas, en la industria de la construcción, minería y agricultura.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 Los vehículos se clasifican en:

4.1.1 Categoría L. Vehículos automotores con menos de 4 ruedas.

4.1.1.1 L1: Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.

4.1.1.2 L2: Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.

4.1.1.3 L3: Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm³ o velocidad mayor a 50 km/h.

4.1.1.4 L4: Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ o una velocidad mayor de 50 km/h.

4.1.1.5 L5: Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ o velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de una tonelada.

4.1.2 Categoría M. Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

4.1.2.1 M1: Vehículos de 8 asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.

4.1.2.2 M2: Vehículos de más de 8 asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.

4.1.2.3 M3: Vehículos de más de 8 asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez, de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

a) Clase I. Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de estos.

b) Clase II. Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.

c) Clase III. Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

4.1.3 Categoría N. Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.

4.1.3.1 N1: Vehículos de PBV de 3,5 toneladas o menos.

4.1.3.2 N2: Vehículos de PBV mayor a 3,5 hasta 12 toneladas.

4.1.3.3 N3: Vehículos de PBV mayor a 12 toneladas.

4.1.4 Categoría O. Remolques (incluidos semiremolques).

4.1.4.1 O1: Remolques de PBV de 0.75 toneladas o menos.

4.1.4.2 O2: Remolques de PBV mayor a 0,75 hasta 3,5 toneladas.

4.1.4.3 O3: Remolques de PBV mayor a 3,5 hasta 10 toneladas.

4.1.4.4 O4: Remolques de PBV mayor a 10 toneladas.

4.1.5 Combinaciones especiales. Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N y O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:

4.1.5.1 SA: Casas rodantes

4.1.5.2 SB: Vehículos blindados para el transporte de valores

4.1.5.3 SC: Ambulancias

4.1.5.4 SD: Vehículos funerarios

4.1.5.5 SE: Bomberos

4.1.5.6 SF: Vehículos celulares

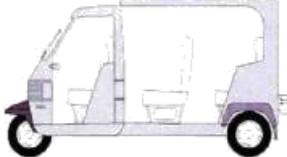
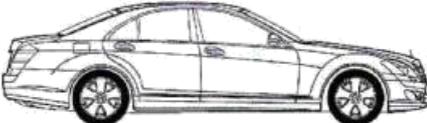
4.1.5.7 SG: Porta tropas

4.1.5.8 Otros

4.2 Los símbolos que anteceden deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia debe ser designado como N1SC, según lo establecido en el Anexo A de esta norma.

ANEXO A

Para los efectos de esta norma, se establecen la clasificación de los vehículos según sus características constructivas, así como de su uso y aplicación.

CÓDIGO	SUBCLASE	CLASE	DESCRIPCIÓN
BMT	L1	BICIMOTO 	Vehículo impulsado por un motor de muy baja potencia, con pedales de bicicleta para poder asistir al motor en las subidas o el arranque.
MTO	L1 L3	MOTOCICLETA   	Vehículo motorizado de dos ruedas para uso terrestre.
TRM	L2	TRICI MOTO  	Vehículo de tres ruedas y de variadas configuraciones, cuya parte delantera puede ser similar a la de una moto y la parte posterior está conformada por una extensión del chasis con dos ruedas posteriores; puede ser abiertos o cerrados, siendo destinado al transporte de pasajeros o de mercancías.
TRC	L2 L5	TRICAR 	Vehículo recreacional de tres ruedas.
CMT	M1 ⁽¹⁾ N1 ⁽¹⁾	CUATRIMOTO  	Vehículo de trabajo, deportivo o de recreación, con timón, montura y motor tipo motocicleta y cuatro ruedas. ⁽¹⁾ Para efectos registrables, estos vehículos tienen el mismo tratamiento que los vehículos de la subclase L.
SED	M1	SEDAN 	Un sedán tiene un techo fijo hasta el parabrisas trasero, consta de tres volúmenes. Tiene 4 puertas y consta hasta 5 plazas.

ANEXO 1.2

COMPARATIVA DE SEGURIDAD DEL CONDUCTOR EN LAS MOTOCICLETAS

FULL GEAR **VS** FOOL'S GEAR

HELMET

Most important piece of protective gear a rider can use. Protects against head injury, windblast, cold and flying objects. Full faced helmet recommended.

FACE SHIELD

Saves face! Any rider who's been hit in the face by stones, insects or debris can tell you the benefits.

GLOVES

Keep hands comfortable, functional and protected. Come in infinite variety for all seasons.

JACKET & PANTS

Long sleeves and trousers resist abrasion and protect against sunburn, windburn, dehydration or hypothermia. Light colors or reflectives increase a rider's visibility.

BOOTS

Provide protection against foot and ankle injuries and give you a good grip on footpegs or road surfaces.

BOTTOM LINE

Proper riding gear protects in the event of an accident and minimized injuries, when allowing you to enjoy the sport in comfort.



HEAD

Considered precious by knowledgeable riders and never exposed by the pros. When fully in view, allows immediate identification of untrained person not using his. Hand out rider education info on site!

EYES, EARS & FACE

Known to experienced riders as "bug and garbage collectors." Common "bare-face" symptoms include windblast-deafening and deformed, narrow-slit, watery eyes.

HANDS

au naturale (not for long). Known to seize into curled position when exposed to cold; not genetically evolved to withstand abrasion.

BARE LIMBS

A phenomenon seen only on riders deemed impervious to any unavoidable accident or inclement weather. Subject to ridicule in riding circles.

FLIP FLOPS

Terminology for what sandals, toes and feet do upon contact with road surfaces, shift lever, brake pedal, footpegs, or windblasts.

BOTTOM LINE

Fool's gear identifies an untrained rider. Learn how to avoid embarrassment, ridicule and injury, while gaining skills and knowledge by contacting the Rider Course nearest you.

THE MORE YOU KNOW, THE BETTER IT GETS.

Fuente: Ministerio de Transporte de Nueva Zelanda

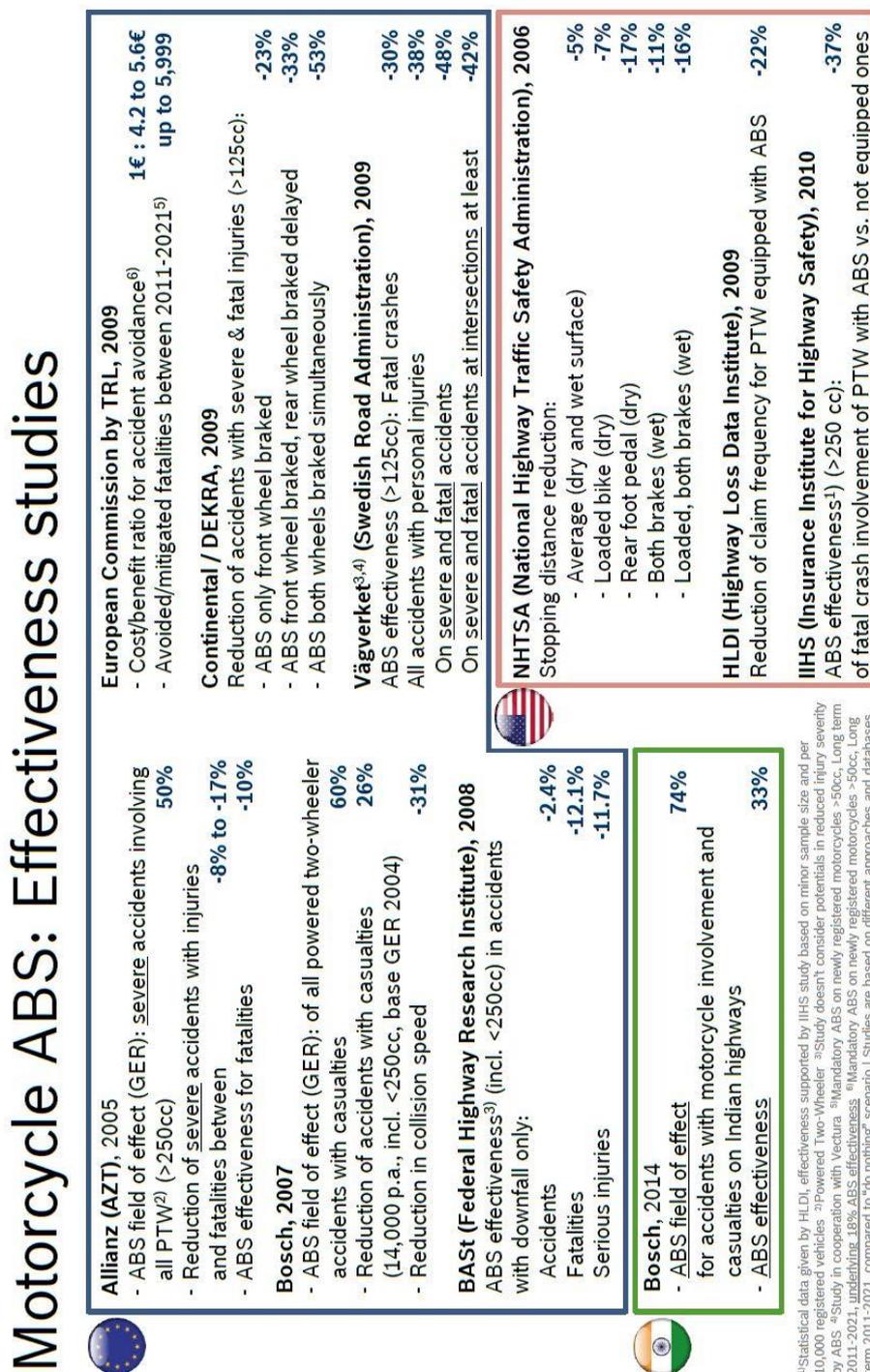


Figura 1.10 Estudio efectividad ABS

Fuente: [http://www.bosch-](http://www.bosch-moto.com.br/media/ubk_zweiraeder/related_content/downloads/Motorcycle_ABS_effectiveness.jpg)

[moto.com.br/media/ubk_zweiraeder/related_content/downloads/Motorcycle_ABS_effectiveness.](http://www.bosch-moto.com.br/media/ubk_zweiraeder/related_content/downloads/Motorcycle_ABS_effectiveness.jpg)

jpg

ANEXO 1.4

RTE INEN 034:2014

ELEMENTOS MINIMOS DE SEGURIDAD EN VEHICULOS AUTOMOTORES

PÁGINA 8, SECCIÓN 4.3.2



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 034:2010
Segunda revisión

ELEMENTOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES.

Primera Edición

SAFETY MINIMUM ELEMENTS FOR ROAD VEHICLES.

First Edition

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, elementos de seguridad.
MC 08.05-902
CDU: 629.11.01
CIU: 3843 ICS:
43.04

4. REQUISITOS DEL PRODUCTO

4.1 Dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa y de visibilidad

4.1.1 Los dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa, y de visibilidad deben cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 155 vigente; o las normas o directivas equivalentes que le sean aplicables.

4.2 Condiciones ergonómicas:

4.2.1 Asientos y sus anclajes

4.2.1.1 Todos los asientos de los vehículos automotores deben tener apoya cabezas. Se exceptúan de esta obligación las motocicletas, los asientos de pasajeros de autobuses de transporte urbano, los asientos plegables, los puestos intermedios de bancas, los asientos ubicados en sentido paralelo al eje longitudinal del vehículo y los asientos posteriores de furgonetas destinadas al transporte escolar. Los asientos y el apoya cabezas deben cumplir con los requisitos establecidos en las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN vigentes (ver nota 1).

4.2.1.2 La estructura y fijación de los asientos debe cumplir con los requisitos establecidos en las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN vigentes (ver nota 1).

4.3 Frenos

4.3.1 Los vehículos automotores de cuatro o más ruedas deben disponer al menos dos sistemas de frenos de acción independientes uno del otro (servicio y estacionamiento) y por lo menos uno de estos debe accionar sobre todas las ruedas del vehículo y debe cumplir con los requisitos establecidos en las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN vigentes (ver nota 1).

4.3.2 Los vehículos automotores de dos o tres ruedas o cuadrones deben contar como mínimo de dos sistemas de frenado, uno que actúe sobre la rueda o ruedas delanteras y otro que actúe sobre la rueda o ruedas posteriores.

4.4 **Neumáticos.** Los neumáticos de vehículos automotores incluido el de emergencia deben cumplir con lo establecido en el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 011, o las normas o directivas equivalentes que le sean aplicables.

4.5 **Suspensión .** Los vehículos automotores deben disponer de un sistema de suspensión en todos sus ejes o ruedas, respetando los diseños originales del fabricante.

4.6 **Dirección .** Los vehículos automotores deben disponer de un sistema de dirección, respetando los diseños originales del fabricante.

4.7 **Chasis.** El chasis para ser cabinado o recibir una carrocería no debe ser modificado y debe respetar los diseños originales del fabricante.

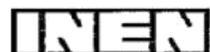
NOTA 1 En caso de no existir Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN, se deben utilizar las siguientes normas o directivas que le sean aplicables: Regulaciones del Código Federal para la Homologación de Seguridad Vehicular, de los Estados Unidos de América (**FR 49 – 571**) ; Regulaciones para la Homologación Vehicular de Tipo de la Comunidad Económica Europea (**Type Approval CEE**); Regulaciones de Seguridad para Vehículos de Carretera para la Certificación de Japón **S(.R.R.V)**; Regulaciones de Seguridad para Vehículos Motorizados de Corea (**K.M.V.S.S**); Regulaciones de Seguridad Vehicular del Consejo Nacional de Tránsito de Brasil (**CONTRAN**). Podrán ser aceptadas como normas equivalentes a las normas antes indicadas, las reconocidas por la autoridad nacional competente.

4.7.1 Para la fabricación o ensamblado de buses para pasajeros el chasis debe ser de diseño original para transporte de pasajeros, sin modificaciones, aditamentos o extensiones.

ANEXO 3.1

NTE INEN 2558:2010

SEGURIDAD EN MOTOCICLETAS. FRENOS. PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 558:2010

**SEGURIDAD EN MOTOCICLETAS. FRENOS.
PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN.**

Primera Edición

SAFETY IN MOTORCYCLES. BRAKES. INSPECTION PROCEDURES.

First Edition

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, motocicletas y motonetas, frenos, inspección.
MC 08.01-303
CDU: 629.118.6 :629.017
CIIU: 3844
ICS: 43.140

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	SEGURIDAD EN MOTOCICLETAS. FRENOS. PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN.	NTE INEN 2 558:2010 2010-09
---	---	--

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir el sistema de frenado en motocicletas para ser seguras.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma aplica a todas las motocicletas de cilindraje entre 250 cm³ a 400cm³, de motor 4 tiempos, que se importen, ensamblen y se comercialicen en el Ecuador.

2.2 Esta norma no aplica a tipos especializados de motocicletas, como motocicletas de juguete y las que están diseñadas y equipadas para uso en competencias autorizadas.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Calipers*. La parte de un freno de disco que sostiene las zapatas del freno.

3.1.2 *Eficiencia del frenado por la rueda*. Relación porcentual entre la fuerza³ medida en una rueda y el peso incidente en esta rueda

3.1.3 *Eficiencia total del frenado*. Relación porcentual entre la fuerza total del frenado y el peso total del automotor.

3.1.4 *Frenado de servicio*. El frenado de servicio debe permitir controlar el movimiento del vehículo y detenerlo de una forma segura, rápida y eficaz, cualesquiera que sean las condiciones de velocidad y de carga y para cualquier pendiente ascendente o descendente en la que el vehículo se encuentre. Su acción debe ser moderable.

3.1.5 *Frenado de socorro*. El frenado de socorro debe permitir detener el vehículo en una distancia razonable en caso de fallo del freno de servicio. Su acción debe ser moderable.

3.1.6 *Sistema de frenado*. El conjunto de elementos que tienen por función disminuir o anular progresivamente la velocidad del vehículo en marcha, o mantenerlo inmóvil si ya se encuentra detenido. El dispositivo se compone del mando, la transmisión y el freno propiamente dicho.

4. REQUISITOS

4.1 **Requisitos específicos**. El sistema de frenado debe cumplir con lo especificado en la tabla 1 y no presentar ninguno de los defectos especificados en la tabla 2.

TABLA 1. Sistemas de frenado que deben tener las motocicletas.

Categoría	Frenado de servicio	Frenado de socorro
Motocicletas	SI	SI

(Continúa)

DESCRIPTORES: Ingeniería automotriz, motocicletas y motonetas, frenos, inspección.

5. INSPECCIÓN Y ENSAYOS

5.1 Para verificar el estado del sistema de frenado se debe tener un frenómetro para motocicletas, calibrador de neumáticos y un sistema de aire comprimido. Se debe proceder de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- a) Calibrar los neumáticos conforme especificaciones del fabricante de la motocicleta,
- b) Sobre la motocicleta debe estar aplicada una carga de $750 \text{ N} \pm 50 \text{ N}$ y los ensayos para la verificación del sistema de frenado tienen que realizarse en una pista con señales iluminadas.
- c) Lo que se debe verificar en este sistema es: la eficiencia en los ejes delantero y trasero de la motocicleta, los comandos, reservorio del líquido de frenos, circuito del freno, discos, tambores, brazos, calipers, pastillas y otros componentes.
- d) Para verificar la eficiencia del eje delantero se debe conducir el vehículo posicionando la rueda delantera sobre los rodillos del frenómetro y activarlo. Enseguida el conductor subido en la motocicleta, debe accionar gradualmente el freno correspondiente hasta ocurrir el deslizamiento del neumático sobre los rodillos y alcanzar la máxima fuerza. La fuerza registrada en esta etapa permite la obtención del valor de la eficiencia del frenado para la rueda conforme la siguiente fórmula:

$$E_r = \frac{F_r}{P_r} \times 100$$

Donde:

E_r es la eficiencia de frenado por rueda del vehículo

F_r es la fuerza de frenado medida en esa rueda

P_r es el peso incidente en esa rueda, en el instante del ensayo, expresado en la misma unidad de medida que la fuerza de frenado.

- e) Para verificar la eficiencia del eje trasero se debe conducir el vehículo posicionando la rueda trasera en los rodillos del frenómetro y repetir las operaciones del literal d.
- f) Una vez habiéndose probado ambos ejes de la motocicleta y consecuentemente, habiéndose obtenido los valores de las fuerzas de frenado de las ruedas, la eficiencia total de frenado es obtenida conforme a la siguiente fórmula.

$$E_t = \frac{F_t}{P_t} \times 100$$

Donde:

E_t es la eficiencia total de frenado

F_t es la suma de las fuerzas de frenado medidas en cada una de las ruedas de la motocicleta.

P_t es el peso total del vehículo (suma de los pesos incidentes en cada una de las ruedas), en el instante del ensayo, expresado en la misma unidad de medida que la fuerza de frenado.

- g) Se debe verificar el curso del pedal del freno, recorrido libre, tiempo de retorno del pedal, permanencia del pedal en la posición después de accionado, fijación y cables.
- h) Se debe verificar el reservorio del líquido de freno, el nivel del líquido de freno, su fijación, estanqueidad, estado de conservación del reservorio y condiciones de la tapa.
- i) Para que el sistema de frenado sea eficiente se debe utilizar un líquido de frenos con la temperatura y punto de ebullición de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- j) El líquido de frenos se debe cambiar anualmente y así tener un sistema de frenado eficiente.
- k) Para la verificación del circuito del freno, primero se debe saber que tipo de freno tiene la motocicleta. Los tipos de frenos pueden ser, freno hidráulico o freno mecánico.

(Continúa)

- l) Si la motocicleta tiene frenos hidráulicos se debe verificar el estado general del freno, su fijación, la estanqueidad, el correcto funcionamiento de las luces de precaución y válvulas. La verificación de la estanqueidad en sistemas hidráulicos debe ser realizada a través del accionamiento del pedal del freno con fuerza moderada y constante, evaluándose la estabilidad de la posición del pedal.
- m) Si la motocicleta tiene frenos mecánicos se debe verificar el estado general del freno, fijación, adecuado paso de cables y varillas, funcionamiento satisfactorio de palancas y articulaciones. Se debe verificar también el estado general, la fijación y el desgaste de los demás componentes como son discos, tambores, brazos, calipers, pastillas y otros componentes visibles.
- n) Si el freno es de tambor, el fabricante debe especificar el diámetro máximo y espesor mínimo del tambor.
- o) En el caso del anclaje de las pastillas y calipers se deben verificar que estén perfectamente rígidos y libre de fisuras.

TABLA 2. Defectos en el sistema de frenado

EFICIENCIA
Eficiencia total de frenado inferior al 80%
COMANDOS
Fijación y conservación inadecuada de la palanca, pedal y sus soportes
Curso y descanso excesivo o retorno lento del pedal del freno
Pedal no mantiene posición después de accionado
Ausencia de descanso en el curso del pedal del freno
RESERVORIO DE LÍQUIDO DE FRENOS
Conservación deficiente
Falta de estanqueidad
Nivel de fluido ineficiente
Fijación deficiente
CIRCUITO DEL FRENO
Conservación y fijación deficiente de parte del sistema (articulaciones, varillas, mangueras y cables)
Varillas y cables dañados (torcidos, deformados y terminales deshilados)
Falta de estanqueidad
Válvulas dañadas
Mangueras de fluido dañados (torcidos o deformados)
Funcionamiento irregular
DISCOS, TAMBORES, BRAZOS, CÁLIPERS, PASTILLAS Y OTROS COMPONENTES
Conservación y deformación deficiente
Anclaje deficiente de las pastillas de freno y calipers

(Continúa)

ANEXO 3.2

REGULACIÓN UNECE NO. 78

20 July 2007

AGREEMENT

CONCERNING THE ADOPTION OF UNIFORM TECHNICAL PRESCRIPTIONS FOR WHEELED VEHICLES, EQUIPMENT AND PARTS WHICH CAN BE FITTED AND/OR BE USED ON WHEELED VEHICLES AND THE CONDITIONS FOR RECIPROCAL RECOGNITION OF APPROVALS GRANTED ON THE BASIS OF THESE PRESCRIPTIONS */

(Revision 2, including the amendments which entered into force on 16 October 1995)

Addendum 77: Regulation No. 78

Revision 1

Incorporating all valid text up to:

01 series of amendments - Date of entry into force: 22 November 1990

Corrigendum 1 to the 01 series of amendments, subject of Depositary Notification C.N.115.1992.TREATIES-11 dated 1 July 1992

02 series of amendments - Date of entry into force: 8 January 1995

Supplement 1 to the 02 series of amendments - Date of entry into force: 21 March 1995

Supplement 2 to the 02 series of amendments - Date of entry into force: 22 February

1997 Supplement 3 to the 02 series of amendments - Date of entry into force: 7

December 2002 03 series of amendments - Date of entry into force: 18 June 2007

UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF VEHICLES OF CATEGORIES L1, L2, L3, L4 AND L5 WITH REGARD TO BRAKING



UNITED NATIONS

*/ Former title of the Agreement:

Agreement Concerning the Adoption of Uniform Conditions of Approval and Reciprocal Recognition of Approval for Motor Vehicle Equipment and Parts, done at Geneva on 20 March 1958.

GE.07-

Annex 3

TEST CONDITIONS, PROCEDURES AND PERFORMANCE REQUIREMENTS

1. General

1.1. Test surfaces

1.1.1. High friction surface:

- a) Applicable to all dynamic brake tests excluding the ABS tests where a low-friction surface is specified;
- b) The test area is a clean and level surface, with a gradient ≤ 1 per cent;
- c) The surface has a nominal peak braking coefficient (PBC) of 0.9, unless otherwise specified.

1.1.2. Low friction surface:

- a) Applicable to all dynamic brake tests where a low-friction surface is specified;
- b) The test area is a clean, dry and level surface, with a gradient ≤ 1 per cent;
- c) The surface has a PBC of ≤ 0.45 .

1.1.3. Measurement of PBC:

The PBC is measured as determined by the approval authority using either:

- (a) The American Society for Testing and Materials (ASTM) E1136 standard reference test tyre, in accordance with ASTM Method E1337-90, at a speed of 40 mph without water delivery; or
- (b) The method specified in the Appendix to Annex 4 of UNECE Regulation No. 78, 01 series of amendments.

1.1.4. Parking brake system tests:

The specified test slope has a clean and dry surface that does not deform under the mass of the vehicle.

1.1.5. Test lane width:

For two-wheeled vehicles (vehicle categories L₁ and L₃) the test lane width is 2.5 m.

For three-wheeled vehicles (vehicle categories L₂, L₅ and L₄) the test lane width is 2.5 m plus the vehicle width.

1.2. Ambient temperature

The ambient temperature is between 4 °C and 45 °C.

1.3. Wind speed

The wind speed is not more than 5 m/s.

1.4. Test speed tolerance

The test speed tolerance is ± 5 km/h.

In the event of the actual test speed deviating from the specified test speed, the actual stopping distance is corrected using the formula in paragraph 5.3.2. of this Regulation.

1.5. Automatic transmission

Vehicles with automatic transmission shall complete all tests - whether they are for "engine connected" or "engine disconnected".

If an automatic transmission has a neutral position, the neutral position is selected for tests where "engine disconnected" is specified.

1.6. Vehicle position and wheel lock:

- (a) The vehicle is positioned in the centre of the test lane for the beginning of each stop;
- (b) Stops are made without the vehicle wheels passing outside the applicable test lane and without wheel lock.

1.7. Test sequence

Test order	Paragraph
1. Dry stop - single brake control actuated	3.
2. Dry stop - all service brake controls actuated	4.
3. High speed	5.
4. Wet brake	6.
5. Heat fade <u>1</u> /	7.
6. If fitted:	
6.1. Parking brake system	8.
6.2. ABS	9.
6.3. Partial failure, for split service brake systems	10.
6.4. Power-assisted braking system failure	11.

Note 1/: Heat fade is always the last test to be carried out.

2. Preparation

2.1. Engine idle speed

The engine idle speed is set to the manufacturer's specification.

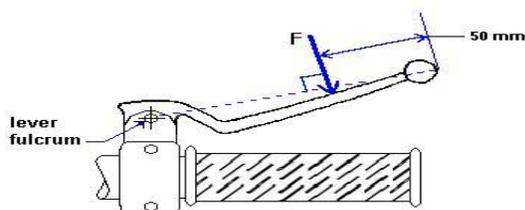
2.2. Tyre pressures

The tyres are inflated to the manufacturer's specification for the vehicle loading condition for the test.

2.3. Control application points and direction

For a hand control lever, the input force (F) is applied on the control lever's forward surface perpendicular to the axis of the lever fulcrum and its outermost point on the plane along which the control lever rotates (see figure below).

The input force is applied to a point located 50 mm from the outermost point of the control lever, measured along the axis between the central axis of the fulcrum of the lever and its outermost point.



For a foot control pedal, the input force is applied to the centre of, and at right angles to, the control pedal.

2.4. Brake temperature measurement

As determined by the approval authority, the brake temperature is measured on the approximate centre of the braking path of the disc or drum using:

- (a) A rubbing thermocouple that is in contact with the surface of the disc or drum; or
- (b) A thermocouple that is embedded in the friction material.

2.5. Burnishing procedure

The vehicle brakes are burnished prior to evaluating performance. This procedure may be completed by the manufacturer:

- (a) Vehicle lightly loaded;
- (b) Engine disconnected;
- (c) Test speed:
 - (i) Initial speed: 50 km/h or 0.8 V_{max} , whichever is lower;
 - (ii) Final speed = 5 to 10 km/h;
- (d) Brake application:
 - (i) Each service brake system control actuated separately;
- (e) Vehicle deceleration:
 - (i) Single front brake system only:

3.0-3.5 m/s^2 for vehicle categories L3 and L4; 1.5-2.0 m/s^2 for vehicle categories L1 and L2;

- (ii) Single rear brake system only: 1.5-2.0 m/s^2 ;
- (iii) CBS or split service brake system: 3.5-4.0 m/s^2 ;
- (f) Number of decelerations: 100 per brake system;
- (g) Initial brake temperature before each brake application ≤ 100 °C;

- (h) For the first stop, accelerate the vehicle to the initial speed and then actuate the brake control under the conditions specified until the final speed is reached. Then reaccelerate to the initial speed and maintain that speed until the brake temperature falls to the specified initial value. When these conditions are met, reapply the brake as specified. Repeat this procedure for the number of specified decelerations. After burnishing, adjust the brakes in accordance with the manufacturer's recommendations.

3. Dry stop test - single brake control actuated

3.1. Vehicle condition:

- (a) The test is applicable to all vehicle categories;
- (b) Laden:

For vehicles fitted with CBS and split service brake systems: the vehicle is tested in the lightly loaded condition in addition to the laden condition;

- (c) Engine disconnected.

3.2. Test conditions and procedure:

- (a) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C;
- (b) Test speed:
 - (i) Vehicle categories L₁ and L₂: 40 km/h or 0.9 V_{max}, whichever is lower;
 - (ii) Vehicle categories L₃, L₅ and L₄: 60 km/h or 0.9 V_{max}, whichever is lower;
- (c) Brake application:
 - (i) Each service brake system control actuated separately;
- (d) Brake actuation force:
 - (i) Hand control: ≤ 200 N;
 - (ii) Foot control: ≤ 350 N for vehicle categories L₁, L₂, L₃ and L₄;
 ≤ 500 N for vehicle category L₅;

- (e) Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops;
- (f) For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control under the conditions specified in this paragraph.

3.3. Performance requirements

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 3.2., the stopping distance shall be as specified in column 2 or the MFDD shall be as specified in column 3 of the following table:

Column 1	Column 2	Column 3
Vehicle Category	STOPPING DISTANCE (S) (Where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in metres)	MFDD
Single brake system, front wheel(s) braking only:		
L1	$S \leq 0.1 V + 0.0111 V^2$	$\geq 3.4 \text{ m/s}^2$
L2	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
L3	$S \leq 0.1 V + 0.0087 V^2$	$\geq 4.4 \text{ m/s}^2$
L5	Not applicable	Not applicable
L4	$S \leq 0.1 V + 0.0105 V^2$	$\geq 3.6 \text{ m/s}^2$
Single brake system, rear wheel(s) braking only:		
L1	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
L2	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
L3	$S \leq 0.1 V + 0.0133 V^2$	$\geq 2.9 \text{ m/s}^2$
L5	Not applicable	Not applicable
L4	$S \leq 0.1 V + 0.0105 V^2$	$\geq 3.6 \text{ m/s}^2$
Vehicles with CBS or split service brake systems: for laden and lightly loaded conditions:		
L1 and L2	$S \leq 0.1 V + 0.0087 V^2$	$\geq 4.4 \text{ m/s}^2$
L3	$S \leq 0.1 V + 0.0076 V^2$	$\geq 5.1 \text{ m/s}^2$
L5	$S \leq 0.1 V + 0.0077 V^2$	$\geq 5.0 \text{ m/s}^2$
L4	$S \leq 0.1 V + 0.0071 V^2$	$\geq 5.4 \text{ m/s}^2$
Vehicles with CBS – secondary service brake systems:		
ALL	$S \leq 0.1 V + 0.0154 V^2$	$\geq 2.5 \text{ m/s}^2$

4. Dry stop test – all service brake controls actuated

4.1. Vehicle condition:

- (a) The test is applicable to vehicle categories L3, L5 and L4;
- (b) Lightly loaded;
- (c) Engine disconnected.

4.2. Test conditions and procedure:

- (a) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C;
- (b) Test speed: 100 km/h or 0.9 V_{max}, whichever is lower;
- (c) Brake application:

Simultaneous actuation of both service brake system controls, if so equipped, or of the single service brake system control in the case of a service brake system that operates on all wheels;

- (d) Brake actuation force:

Hand control: ≤ 250 N;

Foot control: ≤ 400 N for vehicle categories L3 and L4;
 ≤ 500 N for vehicle category L5;

- (e) Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops;
- (f) For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake controls under the conditions specified in this paragraph.

4.3. Performance requirements

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 4.2., the stopping distance (S) shall be $S \leq 0.0060 V^2$ (where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in metres).

5. High speed test

5.1. Vehicle condition:

- (a) The test is applicable to vehicle categories L3, L5 and L4;
- (b) Test is not required for vehicles with V_{max} ≤ 125 km/h;
- (c) Lightly loaded;
- (d) Engine connected with the transmission in the highest gear.

5.2. Test conditions and procedure:

- (a) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C;
- (b) Test speed: $0.8 V_{max}$ for vehicles with $V_{max} > 125$ km/h and < 200 km/h;

160 km/h for vehicles with $V_{max} \geq 200$ km/h;

- (c) Brake application:

Simultaneous actuation of both service brake system controls, if so equipped, or of the single service brake system control in the case of a service brake system that operates on all wheels;

- (d) Brake actuation force:

Hand control: ≤ 200 N;

Foot control: ≤ 350 N for vehicle categories L3 and L4;
 ≤ 500 N for vehicle category L5;

- (e) Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops;
- (f) For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control(s) under the conditions specified in this paragraph.

5.3. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 5.2.:

(a) The stopping distance (S) shall be $\leq 0.1 V + 0.0067 V^2$
(where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in metres);
or

- (b) The MFDD shall be ≥ 5.8 m/s².

6. Wet brake test

6.1. General:

- (a) The test is comprised of two parts that are carried out consecutively for each brake system:

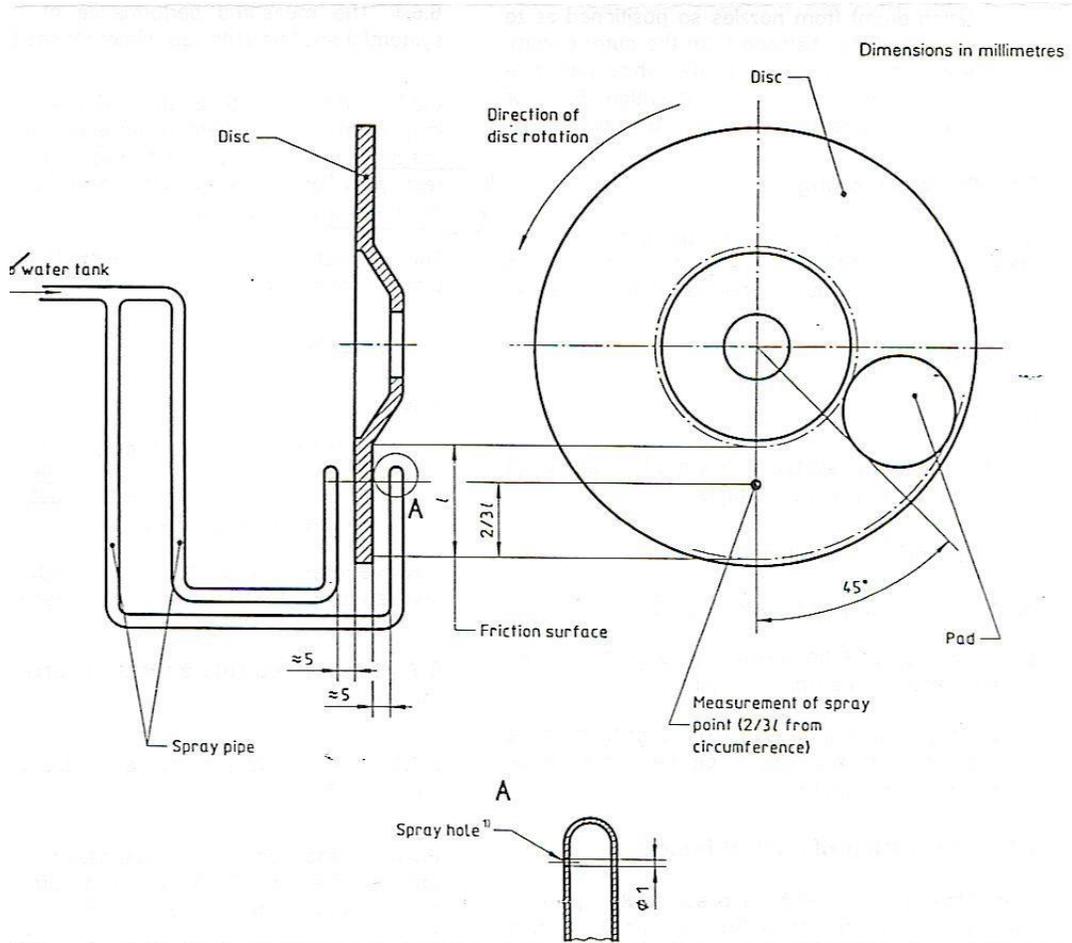
- (i) A baseline test based on the dry stop test - single brake control actuated (section 3. of this annex);
- (ii) A single wet brake stop using the same test parameters as in (i), but with the brake(s) being continuously sprayed with water while the test is conducted in order to measure the brakes' performance in wet conditions;
- (b) The test is not applicable to a parking brake system, unless it is the secondary brake;
- (c) Drum brakes or fully enclosed disc brakes are exempt from this test unless ventilation or open inspection ports are present;
- (d) This test requires the vehicle to be fitted with instrumentation that gives a continuous recording of brake control force and vehicle deceleration. The MFDD and the stopping distance measurements are not appropriate in this case.

6.2. Vehicle condition:

- (a) The test is applicable to all vehicle categories;
- (b) Laden:

For vehicles fitted with CBS and split service brake systems: the vehicle is tested in the lightly loaded condition in addition to the laden condition;

- (c) Engine disconnected;
- (d) Each brake is fitted with water spray equipment:
 - (i) Disc brakes: Sketch of water spray equipment:



Spray water shall not be dispersed.

The disc brake water spray equipment is installed as follows:

- a. Water is sprayed onto each brake with a flow rate of 15 litres/hr. The water is equally distributed on each side of the rotor;
- b. If the surface of the rotor has any shielding, the spray is applied 45° prior to the shield;
- c. If it is not possible to locate the spray in the position shown on the sketch, or if the spray coincides with a brake ventilation hole or similar, the spray nozzle may be advanced by an additional 90° maximum from the edge of the pad, using the same radius;

(ii) Drum brakes with ventilation and open inspection ports:

The water spray equipment is installed as follows:

- a. Water is sprayed equally onto both sides of the drum brake assembly (on the stationary back plate and on the rotating drum) with a flow rate of 15 litres/hr;
- b. The spray nozzles are positioned two thirds of the distance from the outer circumference of the rotating drum to the wheel hub centre;
- c. The nozzle position is $> 15^\circ$ from the edge of any opening in the drum back plate.

6.3. Baseline test

6.3.1. Test conditions and procedure:

- (a) The test in section 3. of this annex (dry stop test - single brake control actuated) is carried out for each brake system but with the brake control force that results in a vehicle deceleration of $2.5 - 3.0 \text{ m/s}^2$, and the following is determined:
 - (i) The average brake control force measured when the vehicle is travelling between 80 per cent and 10 per cent of the specified test speed;
 - (ii) The average vehicle deceleration in the period 0.5 to 1.0 seconds after the point of actuation of the brake control;
 - (iii) The maximum vehicle deceleration during the complete stop but excluding the final 0.5 seconds;
- (b) Conduct 3 baseline stops and average the values obtained in (i), (ii), and (iii).

6.4. Wet brake stop

6.4.1. Test conditions and procedure:

- (a) The vehicle is ridden at the test speed used in the baseline test set out in paragraph 6.3. with the water spray equipment operating on the brake(s) to be tested and with no application of the brake system;
- (b) After a distance of $\geq 500 \text{ m}$, apply the averaged brake control force determined in the baseline test for the brake system being tested;
- (c) Measure the average vehicle deceleration in the period 0.5 to 1.0 seconds after the point of actuation of the brake control;

- (d) Measure the maximum vehicle deceleration during the complete stop but excluding the final 0.5 seconds.

6.5. Performance requirements

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 6.4.1., the wet brake deceleration performance shall be:

- (a) The value measured in paragraph 6.4.1.(c) \geq 60 per cent of the averaged deceleration values recorded in the baseline test in paragraph 6.3.1.(a)(ii), i.e. in the period 0.5 to 1.0 seconds after the point of application of the brake control; and
- (b) The value measured in 6.4.1.(d) \leq 120 per cent of the averaged deceleration values recorded in the baseline test 6.3.1.(a)(iii), i.e. during the complete stop but excluding the final 0.5 seconds.

7. Heat fade test

7.1. General:

- (a) The test comprises three parts that are carried out consecutively for each brake system:
 - (i) A baseline test using the dry stop test - single brake control actuated (section 3. of this annex);
 - (ii) A heating procedure which consists of a series of repeated stops in order to heat the brake(s);
 - (iii) A hot brake stop using the dry stop test - single brake control actuated (section 3 of this annex), to measure the brake's performance after the heating procedure;
- (b) The test is applicable to vehicle categories L3, L5 and L4;
- (c) The test is not applicable to parking brake systems and secondary service brake systems;
- (d) All stops are carried out with the vehicle laden;
- (e) The heating procedure requires the vehicle to be fitted with instrumentation that gives a continuous recording of brake control force and vehicle deceleration. The MFDD and stopping distance measurements are not

appropriate for the heating procedure. The baseline test and the hot brake stop require the measurement of either MFDD or the stopping distance.

7.2. Baseline test

7.2.1. Vehicle condition:

- (a) Engine disconnected.

7.2.2. Test conditions and procedure:

- (a) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C;
- (b) Test speed: 60 km/h or 0.9 Vmax, whichever is lower;
- (c) Brake application:

Each service brake system control actuated separately;

- (d) Brake actuation force:

Hand control: ≤ 200 N;

Foot control: ≤ 350 N for vehicle categories L3 and L4;
 ≤ 500 N for vehicle category L5;

- (e) Accelerate the vehicle to the test speed, actuate the brake control under the conditions specified and record the control force required to achieve the vehicle braking performance specified in the table to paragraph 3.3. of this annex.

7.3. Heating procedure

7.3.1. Vehicle condition:

- (a) Engine transmission:
 - (i) From the specified test speed to 50 per cent specified test speed: connected, with the highest appropriate gear selected such that the engine speed remains above the manufacturer's specified idle speed;
 - (ii) From 50 per cent specified test speed to standstill: disconnected.

7.3.2. Test conditions and procedure:

- (a) Initial brake temperature prior to first stop only: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C;
- (b) Test speed:

Single brake system, front wheel braking only: 100 km/h or 0.7V max, whichever is lower;

Single brake system, rear wheel braking only: 80 km/h or 0.7V max, whichever is lower;

CBS or split service brake system: 100 km/h or 0.7V max, whichever is lower;

- (c) Brake application:

Each service brake system control actuated separately;

- (d) Brake actuation force:

- (i) For the first stop:

The constant control force that achieves a vehicle deceleration rate of $3.0 - 3.5 \text{ m/s}^2$ while the vehicle is decelerating between 80 per cent and 10 per cent of the specified speed;

If the vehicle is unable to achieve the specified vehicle deceleration rate, this stop is carried out to meet the deceleration requirements in the table in paragraph 3.3. of this annex;

- (ii) For the remaining stops:

- a. The same constant brake control force as used for the first stop;
 - b. Number of stops: 10;
 - c. Interval between stops: 1000 m;
- (e) Carry out a stop to the conditions specified in this paragraph and then immediately use maximum acceleration to reach the specified speed and maintain that speed until the next stop is made.

7.4. Hot brake stop

7.4.1. Test conditions and procedure:

Perform a single stop under the conditions used in the baseline test (paragraph 7.2.) for the brake system that has been heated during the procedure in accordance with paragraph 7.3. This stop is carried out within one minute of the completion of the procedure set out in paragraph 7.3. with a brake control application force less than or equal to the force used during the test set out in paragraph 7.2.

7.5. Performance requirements

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 7.4.1.:

- (a) The stopping distance: $S_2 \leq 1.67 S_1 - 0.67 \times 0.1V$

where:

S_1 = corrected stopping distance in metres achieved in the baseline test set out in paragraph 7.2.

S_2 = corrected stopping distance in metres achieved in the hot brake stop set out in paragraph 7.4.1.

V = specified test speed in km/h; or

- (b) The MFDD \geq 60 per cent of the MFDD recorded in the test set out in paragraph 7.2.

8. Parking brake system test – for vehicles equipped with parking brakes

8.1. Vehicle condition:

- (a) The test is applicable to vehicle categories L₂, L₅ and L₄;
(b) Laden;
(c) Engine disconnected.

8.2. Test conditions and procedure:

- (a) Initial brake temperature: ≤ 100 °C;
(b) Test surface gradient = 18 per cent;

- (c) Brake actuation force:

Hand control: ≤ 400 N;

Foot control: ≤ 500 N;
- (d) For the first part of the test, park the vehicle on the test surface gradient facing up the slope by applying the parking brake system under the conditions specified in this paragraph. If the vehicle remains stationary, start the measurement of the test period;
- (e) On completion of the test with vehicle facing up the gradient, repeat the same test procedure with the vehicle facing down the gradient.

8.3. Performance requirements:

When tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 8.2., the parking brake system shall hold the vehicle stationary for 5 minutes when the vehicle is both facing up and facing down the gradient.

9. ABS tests

9.1. General:

- (a) The tests are only applicable to the ABS fitted on vehicle categories L₁ and L₃;
- (b) The tests are to confirm the performance of brake systems equipped with ABS and their performance in the event of ABS electrical failure;
- (c) "Fully cycling" means that the anti-lock system is repeatedly modulating the brake force to prevent the directly controlled wheels from locking;
- (d) Wheel-lock is allowed as long as the stability of the vehicle is not affected to the extent that it requires the operator to release the control or causes a vehicle wheel to pass outside the test lane.

The test series comprises the following individual tests, which may be carried out in any order:

ABS TESTS	PARAGRAPH
a. Stops on a high friction surface - as specified in paragraph 1.1.1.	9.3.
b. Stops on a low friction surface - as specified in paragraph 1.1.2.	9.4.
c. Wheel lock checks on high and low friction surfaces.	9.5.
d. Wheel lock check - high to low friction surface transition.	9.6.
e. Wheel lock check - low to high friction surface transition.	9.7.
f. Stops with an ABS electrical failure.	9.8.

9.2. Vehicle condition:

- (a) Lightly loaded;
- (b) Engine disconnected.

9.3. Stops on a high friction surface:

9.3.1. Test conditions and procedure:

- (a) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C;
- (b) Test speed: 60 km/h or 0.9 Vmax, whichever is lower;
- (c) Brake application:

Simultaneous actuation of both service brake system controls, if so equipped, or of the single service brake control in the case of a service brake system that operates on all wheels;

- (d) Brake actuation force:

The force applied is that which is necessary to ensure that the ABS will cycle fully throughout each stop, down to 10 km/h;

- (e) If one wheel is not equipped with ABS, the control for the service brake on that wheel shall be actuated with a force that is lower than the force that will cause the wheel to lock;
- (f) Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops;

- (g) For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control under the conditions specified in this paragraph;

9.3.2. Performance requirements

When the brakes are tested in accordance with the test procedures referred to in paragraph 9.3.1.:

- (a) The stopping distance (S) shall be $\leq 0.0063V^2$ (where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in metres) or the MFDD shall be $\geq 6.17 \text{ m/s}^2$; and
- (b) There shall be no wheel lock and the vehicle wheels shall stay within the test lane.

9.4. Stops on a low friction surface:

9.4.1. Test conditions and procedure:

As set out in paragraph 9.3.1., but using the low friction surface instead of the high friction one;

9.4.2. Performance requirements

When the brakes are tested in accordance with the test procedures set out in paragraph 9.4.1.:

- (a) The stopping distance (S) shall be $\leq 0.0056V^2/P$ (where V is the specified test speed in km/h, P is the peak braking coefficient and S is the required stopping distance in metres) or the MFDD shall be $\geq 6.87 \times P$, in m/s^2 ; and
- (b) There shall be no wheel lock and the vehicle wheels shall stay within the test lane.

9.5. Wheel lock checks on high and low friction surfaces:

9.5.1. Test conditions and procedure:

- (a) Test surfaces:
 - (i) High friction; and
 - (ii) Low friction;

- (b) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C;
- (c) Test speed:
 - (i) On the high friction surface: 80 km/h or 0.8 Vmax, whichever is lower;
 - (ii) On the low friction surface: 60 km/h or 0.8 Vmax, whichever is lower;
- (d) Brake application:
 - (i) Each service brake system control actuated separately;
 - (ii) Where ABS is fitted to both brake systems, simultaneous actuation of both brake controls in addition to (i);
- (e) Brake actuation force:

The force applied is that which is necessary to ensure that the ABS will cycle fully throughout each stop, down to 10 km/h;

- (f) Brake application rate:

The brake control actuation force is applied in 0.2 - 0.5 seconds;

- (g) Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 3 stops;
- (h) For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control under the conditions specified in this paragraph;

9.5.2. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedures set out in paragraph 9.5.1., there shall be no wheel lock and the vehicle wheels shall stay within the test lane.

9.6. Wheel lock check - high to low friction surface transition:

9.6.1. Test conditions and procedure:

- (a) Test surfaces:

A high friction surface immediately followed by a low friction surface;

- (b) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C;
- (c) Test speed:

The speed that will result in 50 km/h or 0.5V max, whichever is lower, at the point where the vehicle passes from the high friction to the low friction surface;

- (d) Brake application:
 - (i) Each service brake system control actuated separately;
 - (ii) Where ABS is fitted to both brake systems, simultaneous actuation of both brake controls in addition to (i);
- (e) Brake actuation force:

The force applied is that which is necessary to ensure that the ABS will cycle fully throughout each stop, down to 10 km/h;

- (f) Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 3 stops;
- (g) For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control before the vehicle reaches the transition from one friction surface to the other;

9.6.2. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedures set out in paragraph 9.6.1., there shall be no wheel lock and the vehicle wheels shall stay within the test lane.

9.7. Wheel lock check - low to high friction surface transition:

9.7.1. Test conditions and procedure:

- (a) Test surfaces:

A low friction surface immediately followed by a high friction surface with a PBC ≥ 0.8 ;

- (b) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C;

(c) Test speed:

The speed that will result in 50 km/h or 0.5 V_{max}, whichever is lower, at the point where the vehicle passes from the low friction to the high friction surface;

(d) Brake application:

- (i) Each service brake system control applied separately;
- (ii) Where ABS is fitted to both brake systems, simultaneous application of both brake controls in addition to (i);

(e) Brake actuation force:

The force applied is that which is necessary to ensure that the ABS will cycle fully throughout each stop, down to 10 km/h;

- (f) Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 3 stops;
- (g) For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control before the vehicle reaches the transition from one friction surface to the other;
- (h) Record the vehicle's continuous deceleration;

9.7.2. Performance requirements:

- (a) When the brakes are tested in accordance with the test procedures set out in paragraph 9.7.1., there shall be no wheel lock and the vehicle wheels shall stay within the test lane;
- (b) Within 1 second of the rear wheel passing the transition point between the low and high friction surfaces, the vehicle deceleration shall increase.

9.8. Stops with an ABS electrical failure:

9.8.1. Test conditions and procedure:

- (a) With the ABS electrical system disabled, carry out the test set out in section 3. of this annex, (dry stop test – single brake control actuated) applying the conditions relevant to the brake system and vehicle being tested;

9.8.2. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 9.8.1.:

- (a) The system shall comply with the failure warning requirements of paragraph 5.1.13. of this Regulation; and
- (b) The minimum requirements for stopping distance or MFDD shall be as specified in column 2 or 3, respectively, under the heading "Single brake system, rear wheel(s) braking only" in the table to paragraph 3.3. of this annex.

10. Partial failure test - for split service brake systems

10.1. General information:

- (a) The test is only applicable to vehicles that are equipped with split service brake systems;
- (b) The test is to confirm the performance of the remaining subsystem in the event of a hydraulic system leakage failure.

10.2. Vehicle condition:

- (a) The test is applicable to vehicle categories L3, L5 and L4;
- (b) Lightly loaded;
- (c) Engine disconnected.

10.3. Test conditions and procedure:

- (a) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C;
- (b) Test speeds: 50 km/h and 100 km/h or 0.8 Vmax, whichever is lower;
- (c) Brake actuation force:
Hand control: ≤ 250 N;
Foot control: ≤ 400 N;
- (d) Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops for each test speed;

- (e) Alter the service brake system to induce a complete loss of braking in any one subsystem. Then, for each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control under the conditions specified in this paragraph;
 - (f) Repeat the test for each subsystem.
- 10.4. Performance requirements:
- (a) When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 10.3.;
 - (b) The system shall comply with the failure warning requirements set out in paragraph 5.1.11. of this Regulation; and
 - (c) The stopping distance (S) shall be $\leq 0.1 V + 0.0117 V^2$ (where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in metres) or the MFDD shall be $\geq 3.3 \text{ m/s}^2$.

11. Power-assisted braking system failure test

11.1. General information:

- (a) The test is not conducted when the vehicle is equipped with another separate service brake system;
- (b) The test is to confirm the performance of the service brake system in the event of failure of the power assistance.

11.2. Test conditions and procedure:

- (a) Carry out the test set out in section 3. of this annex, (dry stop test – single brake control actuated) for each service brake system with the power assistance disabled.

11.3. Performance requirements

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 11.2., the stopping distance shall be as specified in column 2 or the MFDD shall be as specified in column 3 of the following table:

Column 1	Column 2	Column 3
Vehicle Category	STOPPING DISTANCE(S) (Where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in metres)	MFDD
Single brake system		
L1	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
L2	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
L3	$S \leq 0.1 V + 0.0133 V^2$	$\geq 2.9 \text{ m/s}^2$
L4	$S \leq 0.1 V + 0.0105 V^2$	$\geq 3.6 \text{ m/s}^2$
Vehicles with CBS or SSBS		
ALL	$S \leq 0.1 V + 0.0154 V^2$	$\geq 2.5 \text{ m/s}^2$

Note that if the power assistance may be activated by more than one control, the above performance shall be achieved when each control is actuated separately.

7.2. GLOBAL TECHNICAL REGULATION ON MOTORCYCLE BRAKE SYSTEMS

8. SCOPE AND PURPOSE

This global technical regulation (gtr) specifies requirements for service brake systems and, where applicable, associated parking brake systems. Its purpose is to ensure safe braking performance under normal and emergency riding conditions. The gtr applies to power driven vehicles with two or three wheels of category 3-1, 3-2, 3-3, 3-4 and 3-5, as defined in S.R.1. */

These categories do not include:

- vehicles with a Vmax of < 25 km/h;
- vehicles equipped for disabled riders

8.2. DEFINITIONS

The following definitions apply for the purpose of interpreting this gtr */:

8.3.1. "Antilock brake system (ABS)" means a system which senses wheel slip and automatically modulates the pressure producing the braking forces at the wheel(s) to limit the degree of wheel slip.

8.3.2. "Baseline test" means a stop or a series of stops carried out in order to confirm the performance of the brake prior to subjecting it to a further test such as the heating procedure or wet brake stop.

8.3.3. "Brake" means those parts of the brake system where the forces opposing the movement of the vehicle are developed.

8.3.4. "Brake system" means the combination of parts consisting of the control, transmission, and brake, but excluding the engine, whose function it is to progressively reduce the speed of a moving vehicle, bring it to a halt, and keep it stationary when halted.

8.3.5. "Combined brake system (CBS)" means:
For vehicle categories 3-1 and 3-3: a service brake system where at least two brakes on different wheels are actuated by the operation of a single control.
For vehicle categories 3-2 and 3-4: a service brake system where the brakes on all wheels are actuated by the operation of a single control.
For vehicle category 3-5: a service brake system where the brakes on at least the front and rear wheels are actuated by the operation of a single control. (If the rear wheel and sidecar wheel are braked by the same brake system, this is regarded as the rear brake.)

*/ The definitions have, where appropriate, been taken from SPECIAL RESOLUTION No. 1 CONCERNING THE COMMON DEFINITIONS OF VEHICLE CATEGORIES, MASSES AND DIMENSIONS (S.R.1), document TRANS/WP.29/1045.

- 8.4. "Control" means the part actuated directly by the rider in order to supply or control the energy required for braking the vehicle to the transmission.
- 8.5. "Engine disconnected" means when the engine is no longer connected to the driving wheel(s).
- 8.6. "Initial brake temperature" means the temperature of the hottest brake before any brake application.
- 8.7. "Laden" means the gross vehicle mass */.
- 8.8. "Lightly loaded" means mass in running order */ plus 15 kg for test equipment, or the laden condition, whichever is less. In the case of ABS tests on a low friction surface (paragraphs 4.9.4. to 4.9.7.), the mass for test equipment is increased to 30 kg to account for outriggers.
- 8.9. "Peak braking coefficient (PBC)" means the measure of tyre to road surface friction based on the maximum deceleration of a rolling tyre.
- 8.10. "Power-assisted braking system" means a brake system in which the energy necessary to produce the braking force is supplied by the physical effort of the rider assisted by one or more energy supplying devices, for example vacuum assisted (with vacuum booster).
- 8.11. "Secondary brake system" means the second service brake system on a vehicle equipped with a combined brake system.
- 8.12. "Service brake system" means a brake system which is used for slowing the vehicle when in motion.
- 8.13. "Single brake system" means a brake system which acts on only one axle.
- 8.14. "Split service brake system (SSBS)" means a brake system that operates the brakes on all wheels, consisting of two or more subsystems actuated by a single control designed so that a single failure in any subsystem (such as a leakage type failure of a hydraulic subsystem) does not impair the operation of any other subsystem.
- 8.15. "Stopping distance" means the distance travelled by the vehicle from the point the rider begins to actuate the brake control to the point at which the vehicle reaches full stop. For tests where simultaneous actuation of two controls is specified, the distance travelled is taken from the point the first control is actuated.
- 8.16. "Test speed" means the vehicle speed measured the moment the rider begins to actuate the brake control. For tests where simultaneous actuation of two controls is specified, the vehicle speed is taken from the moment the first control is actuated.

- 8.4.1. "Transmission" means the combination of components that provide the functional link between the control and the brake.
- 8.4.2. "V_{max}" means either the speed attainable by accelerating at a maximum rate from a standing start for a distance of 1.6 km on a level surface, with the vehicle lightly loaded, or the speed measured in accordance with ISO 7117:1995.
- 8.4.3. "Wheel lock" means the condition that occurs when there is a slip ratio of 1.00.

9. GENERAL REQUIREMENTS

9.1. Brake system requirements

10. Each vehicle shall meet each of the tests specified for a vehicle of its category and for those brake features on the vehicle.
11. Service brake system control operation

Vehicles shall have configurations that enable a rider to actuate the service brake system control while seated in the normal driving position and with both hands on the steering control.

12. Secondary brake system control operation:

Vehicles shall have configurations that enable a rider to actuate the secondary brake system control while seated in the normal driving position and with at least one hand on the steering control.

13. Parking brake system:

If a parking brake system is fitted, it shall hold the vehicle stationary on the slope prescribed in paragraph 4.8.2.

The parking brake system shall:

- have a control which is separate from the service brake system controls; and
- be held in the locked position by solely mechanical means.

Vehicles shall have configurations that enable a rider to be able to actuate the parking brake system while seated in the normal driving position.

- 10.1. Two-wheeled vehicles of categories 3-1 and 3-3 shall be equipped with either two separate service brake systems, or a split service brake system, with at least one brake operating on the front wheel and at least one brake operating on the rear wheel.
- 10.2. Three-wheeled vehicles of vehicles category 3-5 shall comply with the brake system requirements set out in paragraph 3.1.5. A brake on the sidecar wheel is not required if the vehicle meets the performance requirements prescribed in section 4.

11. Three-wheeled vehicles of category 3-2 shall be equipped with a parking brake system plus one of the following service brake systems:
 - two separate service brake systems, except CBS, which, when applied together, operate the brakes on all wheels; or
 - a split service brake system; or
 - a CBS that operates the brakes on all wheels and a secondary brake system which may be the parking brake system.

12. Category 3-4 vehicles shall be equipped with:
 - a parking brake system, and;
 - a foot actuated service brake system which operates the brakes on all wheels, by way of either,
 - a split service brake system; or
 - a CBS and a secondary brake system, which may be the parking brake system.

13. In cases where two separate service brake systems are installed, the systems may share a common brake, if a failure in one system does not affect the performance of the other.

14. For vehicles that use hydraulic fluid for brake force transmission, the master cylinder shall:
 - have a sealed, covered, separate reservoir for each brake system; and
 - have a minimum reservoir capacity equivalent to 1.5 times the total fluid displacement required to satisfy the new to fully worn lining condition with the worst case brake adjustment condition; and
 - have a reservoir where the fluid level is visible for checking without removal of the cover.

15. All warning lamps shall be mounted in the rider's view.

16. Vehicles that are equipped with a split service brake system shall be fitted with a red warning lamp, which shall be activated:
 - when there is a hydraulic failure on the application of a force of ≤ 90 N on the control; or,
 - without actuation of the brake control, when the brake fluid level in the master cylinder reservoir falls below the greater of:
 - (i) that which is specified by the manufacturer; and
 - (ii) that which is less than or equal to half of the fluid reservoir capacity.

To permit function checking, the warning lamp shall be illuminated by the activation of the ignition switch and shall be extinguished when the check has been completed. The warning lamp shall remain on while a failure condition exists whenever the ignition switch is in the "on" position.

1. Vehicles that are equipped with an ABS system shall be fitted with a yellow warning lamp. The lamp shall be activated whenever there is a malfunction that affects the generation or transmission of signals in the vehicle's ABS system.

To permit function checking, the warning lamp shall be illuminated by the activation of the ignition switch and extinguished when the check has been completed.

The warning lamp shall remain on while a failure condition exists whenever the ignition switch is in the "on" position.

5.1. Durability

- 5.3. Wear of the brakes shall be compensated for by means of a system of automatic or manual adjustment.
- 5.4. The friction material thickness shall either be visible without disassembly, or where the friction material is not visible, wear shall be assessed by means of a device designed for that purpose.
- 5.5. During all the tests in this gtr and on their completion, there shall be no friction material detachment and no leakage of brake fluid.

6. Measurement of dynamic performance

The method used to measure performance is as specified in the respective tests in section 4. There are three ways in which the service brake system performance may be measured:

- 1.1. MFDD (Mean fully developed deceleration):

Calculation of MFDD:

$$d_m = \frac{V_b^2 - V_e^2}{25.92 \cdot (S_e - S_b)} \quad \text{m/s}^2$$

Where:

- d_m = mean fully developed deceleration
- V_b = vehicle speed at 0.8 V_1 in km/h
- V_e = vehicle speed at 0.1 V_1 in km/h
- S_b = distance travelled between V_1 and V_b in metres
- S_e = distance travelled between V_1 and V_e in metres

2. Stopping distance:

Based on the basic equations of motion: $S = 0.1 \cdot V +$

$$(X) \cdot V^2$$

Where:

S = stopping distance in metres

V = vehicle speed in km/h

X = a variable based on the requirement for each test

To calculate the corrected stopping distance using the actual vehicle test speed, the following formula is used:

$$S_s = 0.1 \cdot V_s + (S_a - 0.1 \cdot V_a) \cdot V_s^2 / V_a^2$$

Where:

S_s = corrected stopping distance in metres

V_s = specified vehicle test speed in km/h

S_a = actual stopping distance in metres

V_a = actual vehicle test speed in km/h

Note: This equation is only valid when the actual test speed (V_a) is within ± 5 km/h of the specified test speed (V_s)

6. Continuous deceleration recording:

For the burnishing procedure and tests such as the wet brake and heat fade – heating procedure, there is a continuous recording of the vehicle instantaneous deceleration from the moment a force is applied to the brake control until the end of the stop.

8.1. Brake lining materials

Brake linings shall not contain asbestos.

9.1. TEST CONDITIONS, PROCEDURES AND PERFORMANCE REQUIREMENTS

2. General

1.2. Test surfaces:

1.1.4. High-friction surface:

- a) applicable to all dynamic brake tests excluding the ABS tests where a low-friction surface is specified;
- b) the test area is a clean, dry and level surface, with a gradient ≤ 1 per cent; and
- c) the surface has a nominal peak braking coefficient (PBC) of 0.9, unless otherwise specified.

1.1.5. Low-friction surface:

- a) applicable to ABS tests where a low-friction surface is specified;
- b) the test area is a clean and level surface, with a gradient ≤ 1 per cent; and
- c) the surface has a PBC ≤ 0.45.

(b) Measurement of PBC:

The PBC is measured as specified in national or regional legislation using either:

- the American Society for Testing and Materials (ASTM) E1136 standard reference test tyre, in accordance with ASTM Method E1337-90, at a speed of 40 mph without water delivery; or
- the method specified in the appendix to Annex 4 of UNECE Regulation No. 78, 01 series of amendments.

2 Parking brake system tests:

The specified test slope has a clean and dry surface that does not deform under the weight of the vehicle.

3 Test lane width:

For two-wheeled vehicles (vehicle categories 3-1 and 3-3) the test lane width is 2.5 m.
For three-wheeled vehicles (vehicle categories 3-2, 3-4 and 3-5) the test lane width is 2.5 m + the vehicle width.

1.1.5. Ambient temperature:

The ambient temperature is between 4 °C and 45 °C.

1.1.6. Wind speed:

The wind speed is not more than 5 m/s

1.1.7. Test speed tolerance:

The test speed tolerance is ± 5 km/h.

In the event of the actual test speed deviating from the specified test speed, the actual stopping distance is corrected using the formula in paragraph 3.3.2.

1.1.8. Automatic transmission:

Vehicles with automatic transmission shall complete all tests - whether they are for "engine connected" or "engine disconnected".

If an automatic transmission has a neutral position, the neutral position is selected for tests where "engine disconnected" is specified.

1.1.9. Vehicle position and wheel lock:

- a the vehicle is positioned in the centre of the test lane for the beginning of each stop; and

stops are made without the vehicle wheels passing outside the applicable test lane and without wheel lock.

1.7. Test sequence:

Test order	Paragraph
1. Dry stop - single brake control actuated	4.3.
2. Dry stop - all service brake controls actuated	4.4.
3. High speed	4.5.
4. Wet brake	4.6.
5. Heat fade <u>1/</u>	4.7.
6. If fitted:	
6.1. Parking brake system	4.8.
6.2. ABS	4.9.
6.3. Partial failure, for split service brake systems	4.10.
6.4. Power-assisted braking system failure	4.11.

Note 1/: Heat fade is always the last test to be carried out.

1.8. Preparation

3. Engine idle speed:

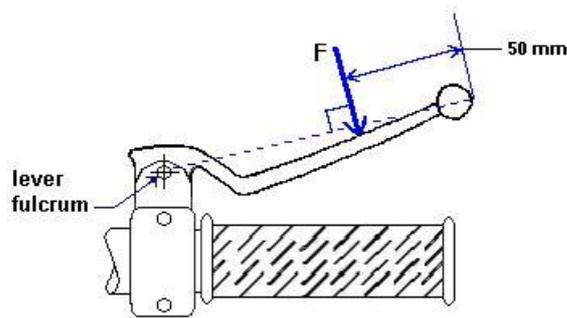
The engine idle speed is set to the manufacturer's specification.

4. Tyre pressures:

The tyres are inflated to the manufacturer's specification for the vehicle loading condition for the test.

5. Control application points and direction:

For a hand control lever, the input force (F) is applied on the control lever's forward surface perpendicular to the axis of the lever fulcrum and its outermost point on the plane along which the control lever rotates (see the following figure).



The input force is applied to a point located 50 mm from the outermost point of the control lever, measured along the axis between the central axis of the fulcrum of the lever and its outermost point.

For a foot control pedal, the input force is applied to the centre of, and at right angles to, the control pedal.

2.4. Brake temperature measurement:

As specified on national or regional legislation, the brake temperature is measured on the approximate centre of the braking path of the disc or drum using:

- a rubbing thermocouple that is in contact with the surface of the disc or drum; or
- a thermocouple that is embedded in the friction material.

2.5. Burnishing procedure:

The vehicle brakes are burnished prior to evaluating performance. This procedure may be completed by the manufacturer.

Vehicle lightly loaded.

Engine disconnected.

Test speed:

Initial speed: 50 km/h or 0.8 V_{max} , whichever is lower

Final speed = 5 to 10 km/h.

Brake application:

Each service brake system control actuated separately.

Vehicle deceleration:

Single front brake system only:

3.0-3.5 m/s^2 for vehicle categories 3-3 and 3-5 1.5-2.0 m/s^2 for vehicle categories 3-1 and 3-2

Single rear brake system only: 1.5-2.0 m/s^2

CBS or split service brake system: 3.5-4.0 m/s^2

Number of decelerations: 100 per brake system.

Initial brake temperature before each brake application ≤ 100 °C.

For the first stop, accelerate the vehicle to the initial speed and then actuate the brake control under the conditions specified until the final speed is reached.

Then reaccelerate to the initial speed and maintain that speed until the brake temperature falls to the specified initial value. When these conditions are met, reapply the brake as specified. Repeat this procedure for the number of specified decelerations. After burnishing, adjust the brakes in accordance with the manufacturer's recommendations.

2.6. Dry stop test – single brake control actuated

2 Vehicle condition:

- (h) The test is applicable to all vehicle categories.
- (i) Laden.

For vehicles fitted with CBS and split service brake systems: the vehicle is tested in the lightly loaded condition in addition to the laden condition.

- (j) Engine disconnected.

3 Test conditions and procedure:

- (h) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C
- (i) Test speed:

Vehicle categories 3-1 and 3-2: 40 km/h or 0.9 Vmax, whichever is lower.

Vehicle categories 3-3, 3-4 and 3-5: 60 km/h or 0.9 Vmax, whichever is lower.

- (j) Brake application:

Each service brake system control actuated separately.

Brake actuation force:

Hand control: ≤ 200 N

Foot control: ≤ 350 N for vehicle categories 3-1, 3-2, 3-3 and 3-5

4. 500 N for vehicle category 3-4

a Number of stops:

until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops.

- (e) For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control under the conditions specified in this paragraph.

2 Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 4.3.2., the stopping distance shall be as specified in column 2 or the MFDD shall be as specified in column 3 of the following table:

Column 1	Column 2	Column 3
Vehicle Category	STOPPING DISTANCE (S) (Where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in metres)	MFDD
Single brake system, front wheel(s) braking only:		
3-1	$S \leq 0.1 V + 0.0111 V^2$	$\geq 3.4 \text{ m/s}^2$
3-2	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
3-3	$S \leq 0.1 V + 0.0087 V^2$	$\geq 4.4 \text{ m/s}^2$
3-4	Not applicable	Not applicable
3-5	$S \leq 0.1 V + 0.0105 V^2$	$\geq 3.6 \text{ m/s}^2$
Single brake system, rear wheel(s) braking only:		
3-1	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
3-2	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
3-3	$S \leq 0.1 V + 0.0133 V^2$	$\geq 2.9 \text{ m/s}^2$
3-4	Not applicable	Not applicable
3-5	$S \leq 0.1 V + 0.0105 V^2$	$\geq 3.6 \text{ m/s}^2$
Vehicles with CBS or split service brake systems: for laden and lightly loaded conditions.		
3-1 and 3-2	$S \leq 0.1 V + 0.0087 V^2$	$\geq 4.4 \text{ m/s}^2$
3-3	$S \leq 0.1 V + 0.0076 V^2$	$\geq 5.1 \text{ m/s}^2$
3-4	$S \leq 0.1 V + 0.0077 V^2$	$\geq 5.0 \text{ m/s}^2$
3-5	$S \leq 0.1 V + 0.0071 V^2$	$\geq 5.4 \text{ m/s}^2$
Vehicles with CBS – secondary service brake systems:		
ALL	$S \leq 0.1 V + 0.0154 V^2$	$\geq 2.5 \text{ m/s}^2$

3.4. Dry stop test – all service brake controls actuated

5. Vehicle condition:

The test is applicable to vehicle categories 3-3, 3-4 and 3-5.
Lightly loaded.
Engine disconnected.

6. Test conditions and procedure:

Initial brake temperature: $\geq 55 \text{ }^\circ\text{C}$ and $\leq 100 \text{ }^\circ\text{C}$.
Test speed: 100 km/h or 0.9 Vmax, whichever is lower.
Brake application:

Simultaneous actuation of both service brake system controls, if so equipped, or of the single service brake system control in the case of a service brake system that operates on all wheels.

Brake actuation force:

Hand control: $\leq 250 \text{ N}$

Foot control: $\leq 400 \text{ N}$ for vehicle categories 3-3 and 3-5

500 N for vehicle category 3-4

Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops.

For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake controls under the conditions specified in this paragraph.

4.2. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 4.4.2., the stopping distance (S) shall be $S \leq 0.0060 V^2$ (where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in metres).

4.3. High speed test

2 Vehicle condition:

- (d) The test is applicable to vehicle categories 3-3, 3-4 and 3-5.
- (e) Test is not required for vehicles with $V_{max} \leq 125$ km/h.
- (f) Lightly loaded.
- (g) Engine connected with the transmission in the highest gear.

3 Test conditions and procedure:

- (d) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.

(b) Test speed: 0.8 V_{max} for vehicles with $V_{max} > 125$ km/h and < 200 km/h; 160 km/h for vehicles with $V_{max} \geq 200$ km/h.

4.4. Brake application:

Simultaneous actuation of both service brake system controls, if so equipped, or of the single service brake system control in the case of a service brake system that operates on all wheels.

4.5. Brake actuation force:

Hand control ≤ 200 N

Foot control ≤ 350 N for vehicle categories 3-3, and 3-5
500 N for vehicle category 3-4

Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops.

For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control(s) under the conditions specified in this paragraph.

5.2. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 4.5.2.:

- (a) The stopping distance (S) shall be $\leq 0.1 V + 0.0067 V^2$
(where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in metres); or
- (b) the MFDD shall be ≥ 5.8 m/s².

5.3. Wet brake test

(e) General information:

The test is comprised of two parts that are carried out consecutively for each brake system:

- ≤ A baseline test based on the dry stop test - single brake control actuated (paragraph 4.3.).
 - ≤ A single wet brake stop using the same test parameters as in (i), but with the brake(s) being continuously sprayed with water while the test is conducted in order to measure the brakes' performance in wet conditions.
- (c) The test is not applicable to parking brake systems unless it is the secondary brake.
- (d) Drum brakes or fully enclosed disc brakes are exempt from this test unless ventilation or open inspection ports are present.
- (e) This test requires the vehicle to be fitted with instrumentation that gives a continuous recording of brake control force and vehicle deceleration. The MFDD and the stopping distance measurements are not appropriate in this case.

7. Vehicle condition:

The test is applicable to all vehicle categories.

Laden.

For vehicles fitted with CBS and split service brake systems: the vehicle is tested in the lightly loaded condition in addition to the laden condition.

Engine disconnected.

Each brake is fitted with water spray equipment.

Disc brakes: Sketch of water spray equipment:

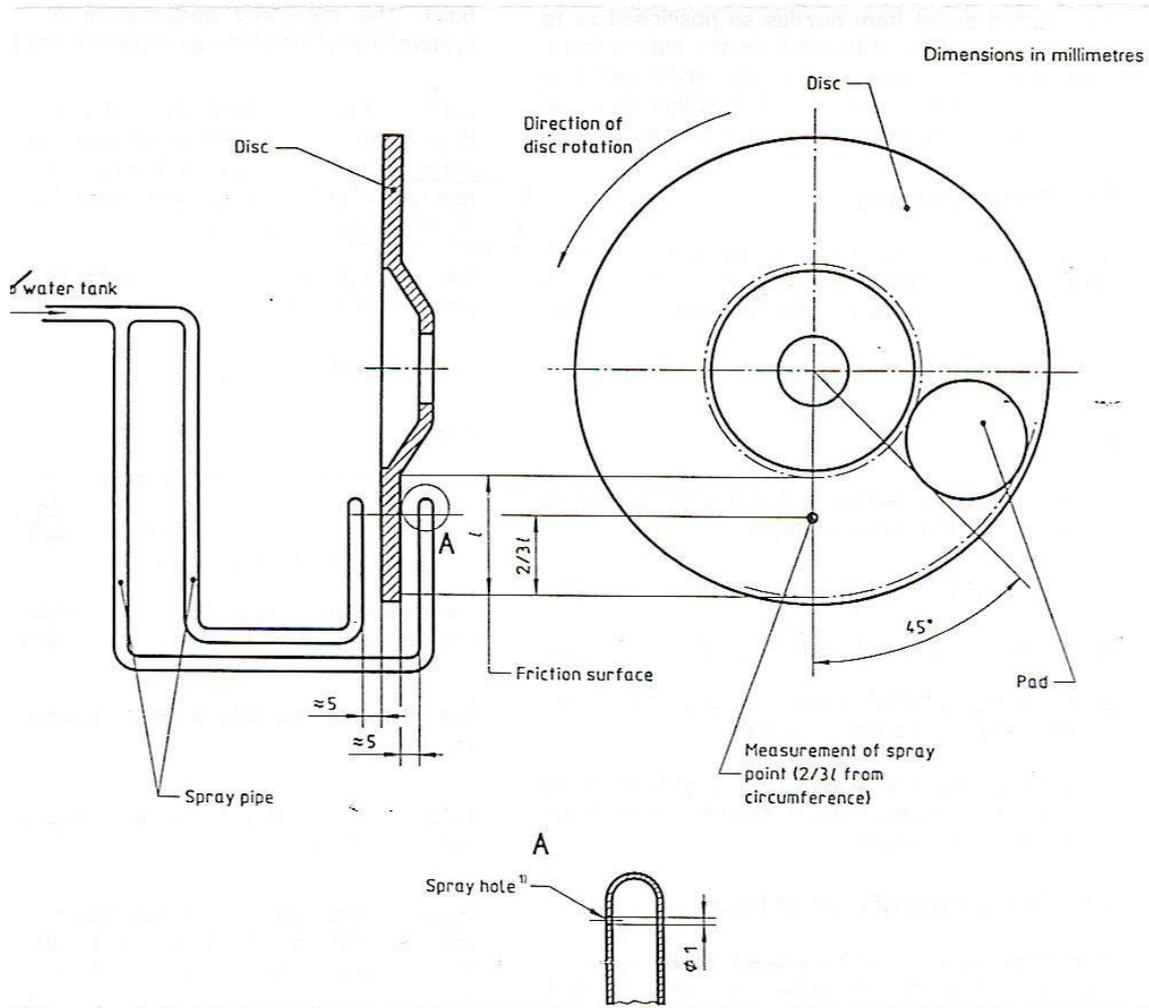
The disc brake water spray equipment is installed as follows:

Water is sprayed onto each brake with a flow rate of 15 litres/hr.

The water is equally distributed on each side of the rotor.

If the surface of the rotor has any shielding, the spray is applied 45° prior to the shield.

If it is not possible to locate the spray in the position shown on the sketch, or if the spray coincides with a brake ventilation hole or similar, the spray nozzle may be advanced by an additional 90° maximum from the edge of the pad, using the same radius.



Spray water shall not be dispersed.

(b) Drum brakes with ventilation and open inspection ports:

The water spray equipment is installed as follows:

Water is sprayed equally onto both sides of the drum brake assembly (on the stationary back plate and on the rotating drum) with a flow rate of 15 litres/hr.

The spray nozzles are positioned two thirds of the distance from the outer circumference of the rotating drum to the wheel hub centre.

The nozzle position is $> 15^\circ$ from the edge of any opening in the drum back plate.

2 Baseline test

2 Test conditions and procedure:

- (b) The test in paragraph 4.3. (dry stop test - single brake control actuated) is carried out for each brake system but with the brake control force that results in a vehicle deceleration of $2.5 - 3.0 \text{ m/s}^2$, and the following is determined:

- (e) The average brake control force measured when the vehicle is travelling between 80 per cent and 10 per cent of the specified test speed.
 - (f) The average vehicle deceleration in the period 0.5 to 1.0 seconds after the point of actuation of the brake control.
 - (g) The maximum vehicle deceleration during the complete stop but excluding the final 0.5 seconds.
- ii Conduct 3 baseline stops and average the values obtained in (i), (ii), and (iii).

(iii) Wet brake stop

2 Test conditions and procedure:

- a. The vehicle is ridden at the test speed used in the baseline test set out in paragraph 4.6.3. with the water spray equipment operating on the brake(s) to be tested and with no application of the brake system.
- b. After a distance of ≥ 500 m, apply the average brake control force determined in the baseline test for the brake system being tested.
- c. Measure the average vehicle deceleration in the period 0.5 to 1.0 seconds after the point of actuation of the brake control.
- d. Measure the maximum vehicle deceleration during the complete stop but excluding the final 0.5 seconds.

6.4. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 4.6.4.1., the wet brake deceleration performance shall be:

- a The value measured in paragraph 4.6.4.1.(c) ≥ 60 per cent of the average deceleration values recorded in the baseline test in paragraph 4.6.3.1.(ii), i.e. in the period 0.5 to 1.0 seconds after the point of actuation of the brake control; and
- b The value measured in 4.6.4.1.(d) ≤ 120 per cent of the average deceleration values recorded in the baseline test 4.6.3.1.(iii), i.e. during the complete stop but excluding the final 0.5 seconds.

6.3.2. Heat fade test

6.5. General information:

The test comprises three parts that are carried out consecutively for each brake system:

A baseline test using the dry stop test - single brake control actuated (paragraph 4.3.).

A heating procedure which consists of a series of repeated stops in order to heat the brake(s).

A hot brake stop using the dry stop test - single brake control actuated (paragraph 4.3.), to measure the brake's performance after the heating procedure.

The test is applicable to vehicle categories 3-3, 3-4 and 3-5.

- (d) The test is not applicable to parking brake systems and secondary service brake systems.
- (e) All stops are carried out with the vehicle laden.
- (f) The heating procedure requires the vehicle to be fitted with instrumentation that gives a continuous recording of brake control force and vehicle deceleration. The MFDD and stopping distance measurements are not appropriate for the heating procedure. The baseline test and the hot brake stop require the measurement of either MFDD or the stopping distance.

2 Baseline test

6.6. Vehicle condition:

- (a) Engine disconnected.

6.7. Test conditions and procedure:

- (a) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.
- (b) Test speed: 60 km/h or 0.9 Vmax, whichever is the lower.
- (c) Brake application:

Each service brake system control actuated separately.

- (d) Brake actuation force:
 - Hand control ≤ 200 N
 - Foot control ≤ 350 N for vehicle categories 3-3 and 3-5
500 N for vehicle category 3-4

Accelerate the vehicle to the test speed, actuate the brake control under the conditions specified and record the control force required to achieve the vehicle braking performance specified in the table to paragraph 4.3.3.

7.2. Heating Procedure

7.3. Vehicle condition:

Engine transmission:

From the specified test speed to 50 per cent specified test speed:
connected, with the highest appropriate gear selected such that the engine speed remains above the manufacturer's specified idle speed.
From 50 per cent specified test speed to standstill: disconnected.

7.4. Test conditions and procedure:

Initial brake temperature prior to first stop only: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.

Test speed:

Single brake system, front wheel braking only:

100 km/h or 0.7 Vmax, whichever is the lower. Single brake system,

rear wheel braking only:

80 km/h or 0.7 Vmax, whichever is the lower. CBS or split service

brake system:

100 km/h or 0.7 Vmax, whichever is the lower.

Brake application:

Each service brake system control actuated separately.

7.2.3. Brake actuation force:

2 For the first stop:

The constant control force that achieves a vehicle deceleration rate of $3.0 - 3.5 \text{ m/s}^2$ while the vehicle is decelerating between 80 per cent and 10 per cent of the specified speed.

If the vehicle is unable to achieve the specified vehicle deceleration rate, this stop is carried out to meet the deceleration requirements in the table to paragraph 4.3.3.

≤ For the remaining stops:

The same constant brake control force as used for the first stop.

Number of stops: 10.

Interval between stops: 1000 m.

- (b) Carry out a stop to the conditions specified in this paragraph and then immediately use maximum acceleration to reach the specified speed and maintain that speed until the next stop is made.

7.3.3. Hot brake stop

- (ii) Test conditions and procedure:

Perform a single stop under the conditions used in the baseline test (paragraph 4.7.2.) for the brake system that has been heated during the procedure in accordance with paragraph 4.7.3. This stop is carried out within one minute of the completion of the procedure set out in paragraph 4.7.3. with a brake control application force less than or equal to the force used during the test set out in paragraph 4.7.2.

b Performance Requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 4.7.4.1.:

- (ii) The stopping distance: $S_2 \leq 1.67 S_1 - 0.67 \times 0.1V$

Where:

S_1 = corrected stopping distance in metres achieved in the baseline test set out in paragraph 4.7.2.

S_2 = corrected stopping distance in metres achieved in the hot brake stop set out in paragraph 4.7.4.1.

V = specified test speed in km/h.

or

- a The MFDD \geq 60 per cent of the MFDD recorded in the test set out in paragraph 4.7.2.

7.5. Parking brake system test – for vehicles equipped with parking brakes

7.4.2. Vehicle condition:

The test is applicable to vehicle categories 3-2, 3-4 and 3-5.

Laden.

Engine disconnected.

- 7.6. Test conditions and procedure:
- (a) Initial brake temperature: ≤ 100 °C.
 - (b) Test surface gradient = 18 per cent.
 - (c) Brake actuation force:
Hand control ≤ 400 N.
Foot control ≤ 500 N.
 - (d) For the first part of the test, park the vehicle on the test surface gradient facing up the slope by applying the parking brake system under the conditions specified in this paragraph. If the vehicle remains stationary, start the measurement of the test period.
 - (e) On completion of the test with vehicle facing up the gradient, repeat the same test procedure with the vehicle facing down the gradient.

7.7. Performance requirements:

When tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 4.8.2., the parking brake system shall hold the vehicle stationary for 5 minutes when the vehicle is both facing up and facing down the gradient.

9. ABS tests

8.3. General:

- (a) The tests are only applicable to the ABS fitted on vehicle categories 3-1 and 3-3.
- (b) The tests are to confirm the performance of brake systems equipped with ABS and their performance in the event of ABS electrical failure.
- (c) "Fully cycling" means that the anti-lock system is repeatedly modulating the brake force to prevent the directly controlled wheels from locking.
- (d) Wheel-lock is allowed as long as the stability of the vehicle is not affected to the extent that it requires the operator to release the control or causes a vehicle wheel to pass outside the test lane.

The test series comprises the following individual tests, which may be carried out in any order:

ABS TESTS	PARAGRAPH
a. Stops on a high friction surface - as specified in paragraph 4.1.1.1.	4.9.3.
b. Stops on a low friction surface - as specified in paragraph 4.1.1.2.	4.9.4.
c. Wheel lock checks on high and low friction surfaces.	4.9.5.
d. Wheel lock check - high to low friction surface transition.	4.9.6.
e. Wheel lock check - low to high friction surface transition.	4.9.7.
f. Stops with an ABS electrical failure.	4.9.8.

4.9.2. Vehicle condition:

- (a) Lightly loaded.
- (b) Engine disconnected.

2 Stops on a high friction surface

8.4. Test conditions and procedure:

- a Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.
- b Test speed: 60 km/h or 0.9 V_{max}, whichever is lower.
- c Brake application:

Simultaneous actuation of both service brake system controls, if so equipped, or of the single service brake control in the case of a service brake system that operates on all wheels.

d Brake actuation force:

The force applied is that which is necessary to ensure that the ABS will cycle fully throughout each stop, down to 10 km/h.

- e If one wheel is not equipped with ABS, the control for the service brake on that wheel is actuated with a force that is lower than the force that will cause the wheel to lock.
- f Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops.
- g For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control under the conditions specified in this paragraph.

8.5. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedures referred to in paragraph 4.9.3.1.:

- a the stopping distance (S) shall be $\leq 0.0063V^2$ (where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in metres) or the MFDD shall be ≥ 6.17 m/s²; and
- b there shall be no wheel lock and the vehicle wheels shall stay within the test lane.

10. Stops on a low friction surface

9.2. Test conditions and procedure:

As set out in paragraph 4.9.3.1. but using the low friction surface instead of the high friction one.

9.3. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedures set out in paragraph 4.9.4.1.,

- (a) the stopping distance (S) shall be $\leq 0.0056 V^2/P$ (where V is the specified test speed in km/h, P is the peak braking coefficient and S is the required stopping distance in metres) or the MFDD shall be $\geq 6.87 \times P$, in m/s²; and
- (b) there shall be no wheel lock and the vehicle wheels shall stay within the test lane.

9.3.2. Wheel lock checks on high and low friction surfaces:

2 Test conditions and procedure:

(g) Test surfaces:

High friction and
Low friction.

(h) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.

(i) Test speed:

On the high friction surface: 80 km/h or 0.8 Vmax, whichever is lower.

On the low friction surface: 60 km/h or 0.8 Vmax, whichever is lower.

(j) Brake application:

Each service brake system control actuated separately.

Where ABS is fitted to both brake systems, simultaneous actuation of both brake controls in addition to (i).

(k) Brake actuation force:

The force applied is that which is necessary to ensure that the ABS will cycle fully throughout each stop, down to 10 km/h.

(l) Brake application rate:

The brake control actuation force is applied in 0.2 – 0.5 seconds.

(m) Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 3 stops.

(n) For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control under the conditions specified in this paragraph.

3 Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedures set out in paragraph 4.9.5.1., there shall be no wheel lock and the vehicle wheels shall stay within the test lane.

9.3.3. Wheel lock check - high to low friction surface transition

9.5. Test conditions and procedure:

Test surfaces:

A high friction surface immediately followed by a low friction surface.

Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.

Test speed:

The speed that will result in 50 km/h or 0.5 Vmax, whichever is the lower, at the point where the vehicle passes from the high friction to the low friction surface.

Brake application:

Each service brake system control actuated separately.

Where ABS is fitted to both brake systems, simultaneous actuation of both brake controls in addition to (i).

9.4.3. Brake actuation force:

The force applied is that which is necessary to ensure that the ABS will cycle fully throughout each stop, down to 10 km/h.

9.4.4. Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 3 stops.

9.4.5. For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control before the vehicle reaches the transition from one friction surface to the other.

9.6. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedures set out in paragraph 4.9.6.1., there shall be no wheel lock and the vehicle wheels shall stay within the test lane.

9.5.2. Wheel lock check - low to high friction surface transition

2 Test conditions and procedure:

(b) Test surfaces:

A low friction surface immediately followed by a high friction surface with a PBC ≥ 0.8 .

(c) Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.

(d) Test speed:

The speed that will result in 50 km/h or 0.5 Vmax, whichever is the lower, at the point where the vehicle passes from the low friction to the high friction surface.

(e) Brake application:

(i) Each service brake system control applied separately.

(ii) Where ABS is fitted to both brake systems, simultaneous application of both brake controls in addition to (i).

(f) Brake actuation force:

The force applied is that which is necessary to ensure that the ABS will cycle fully throughout each stop, down to 10 km/h.

(g) Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 3 stops.

(h) For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control before the vehicle reaches the transition from one friction surface to the other.

(i) Record the vehicle's continuous deceleration.

3 Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedures set out in paragraph 4.9.7.1.:

(b) there shall be no wheel lock and the vehicle wheels shall stay within the test lane, and

(c) Within 1 second of the rear wheel passing the transition point between the low and high friction surfaces, the vehicle deceleration shall increase.

9.5.3. Stops with an ABS electrical failure

9.7. Test conditions and procedure:

With the ABS electrical system disabled, carry out the test set out in paragraph 4.3. (dry stop test – single brake control actuated) applying the conditions relevant to the brake system and vehicle being tested.

9.8. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 4.9.8.1.:

- (a) the system shall comply with the failure warning requirements of paragraph 3.1.13.; and
- (b) the minimum requirements for stopping distance or MFDD shall be as specified in column 2 or 3, respectively, under the heading "Single brake system, rear wheel(s) braking only" in the table to paragraph 4.3.3.

2 Partial failure test – for split service brake systems

9.6.3. General information:

- a The test is only applicable to vehicles that are equipped with split service brake systems.
- b The test is to confirm the performance of the remaining subsystem in the event of a hydraulic system leakage failure.

9.6.4. Vehicle condition:

- a The test is applicable to vehicle categories 3-3, 3-4 and 3-5
- b Lightly loaded.
- c Engine disconnected.

9.6.5. Test conditions and procedure:

- a Initial brake temperature: ≥ 55 °C and ≤ 100 °C
- b Test speeds: 50 km/h and 100 km/h or 0.8 Vmax, whichever is lower.
- c Brake actuation force:
Hand control ≤ 250 N
Foot control ≤ 400 N
- d Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops for each test speed.
- e Alter the service brake system to induce a complete loss of braking in any one subsystem. Then, for each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control under the conditions specified in this paragraph.
- f Repeat the test for each subsystem.

9.8. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 4.10.3.:

- (a) the system shall comply with the failure warning requirements set out in paragraph 3.1.11.; and
- (b) the stopping distance (S) shall be $\leq 0.1 V + 0.0117 V^2$ (where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in metres) or the MFDD shall be $\geq 3.3 \text{ m/s}^2$.

4.11. Power-assisted braking system failure test

9.7.2. General information:

- (a) The test is not conducted when the vehicle is equipped with another separate service brake system.
- (b) The test is to confirm the performance of the service brake system in the event of failure of the power assistance.

9.7.3. Test conditions and procedure:

- (a) Carry out the test set out in paragraph 4.3. (dry stop test – single brake control actuated) for each service brake system with the power assistance disabled.

9.7.4. Performance requirements:

When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph 4.11.2., the stopping distance shall be as specified in column 2 or the MFDD shall be as specified in column 3 of the following table:

Column 1	Column 2	Column 3
Vehicle Category	STOPPING DISTANCE(S) (Where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in metres)	MFDD
Single brake system		
3-1	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
3-2	$S \leq 0.1 V + 0.0143 V^2$	$\geq 2.7 \text{ m/s}^2$
3-3	$S \leq 0.1 V + 0.0133 V^2$	$\geq 2.9 \text{ m/s}^2$
3-5	$S \leq 0.1 V + 0.0105 V^2$	$\geq 3.6 \text{ m/s}^2$
Vehicles with CBS or SSBS		
All	$S \leq 0.1 V + 0.0154 V^2$	$\geq 2.5 \text{ m/s}^2$

Note that if the power assistance may be activated by more than one control, the above performance shall be achieved when each control is actuated separately.

ANEXO 3.4

ESTÁNDAR DE SEGURIDAD FEDERAL PARA VEHÍCULOS MOTORIZADOS FMVSS 122 “SISTEMAS DE FRENO DE MOTOCICLETAS”

December 31, 2013

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION

NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION

LABORATORY TEST PROCEDURE

FOR

FMVSS 122

Motorcycle Brake Systems



ENFORCEMENT
Office of Vehicle Safety Compliance
Mail Code: NVS 220
1200 New Jersey Avenue, SE
Washington, DC 20590

13.B TEST CONDITIONS, PROCEDURES, AND PERFORMANCE

REQUIREMENTS (S6)

13.B.1 - S6.1 General:

S6.1.1 Test surfaces.

S6.1.1.1 High friction surface. A high friction surface is used for all dynamic brake tests excluding the ABS tests where a low-friction surface is specified. The high-friction surface test area is a clean, dry and level surface, with a gradient of ≤ 1 percent. The high-friction surface has a peak braking coefficient (PBC) of 0.9.

S6.1.1.2 Low-friction surface. A low-friction surface is used for ABS tests where a low-friction surface is specified. The low-friction surface test area is a clean and level surface, which may be wet or dry, with a gradient of ≤ 1 percent. The low-friction surface has a PBC of ≤ 0.45 .

S6.1.1.3 Measurement of PBC. The PBC is measured using the American Society for Testing and Materials (ASTM) E1136-93 (Reapproved 2003) standard reference test tire, in accordance with ASTM Method E1337-90 (Reapproved 2002), at a speed of 64 km/h (both publications incorporated by reference; see § 571.5).

S6.1.1.4 Parking brake system tests. The specified test slope has a clean and dry surface that does not deform under the weight of the motorcycle.

S6.1.1.5 Test lane width. For two-wheeled motorcycles (motorcycle categories 3-1 and 3-3) the test lane width is 2.5 meters. For three-wheeled motorcycles (motorcycle categories 3-2, 3-4 and 3-5) the test lane width is 2.5 meters plus the vehicle width.

S6.1.2 Ambient temperature. The ambient temperature is between 4° C and 45° C.

S6.1.3 Wind speed. The wind speed is not more than 5 meters per second (m/s).

S6.1.4 Test speed tolerance. The test speed tolerance is ± 5 km/h. In the event of the actual test speed deviating from the specified test speed (but within the ± 5 km/h tolerance), the actual stopping distance is corrected using the formula in S5.3.1(b) (13A.3).

S6.1.5 Automatic transmission. Motorcycles with automatic transmission shall meet all test requirements –whether they are for “engine connected” or “engine disconnected.” If an automatic transmission has a neutral position, the neutral position is selected for tests where “engine disconnected” is specified.

S6.1.6 Vehicle position and wheel lock. The vehicle is positioned in the center of the test lane for the beginning of each stop. Stops are made without the vehicle wheels passing outside the applicable test lane and without wheel lock.

S6.1.7 Test sequence. Test sequence is as specified in Table 1 and as shown in table at beginning of this Section 13.

13.B.2 - S6.2 Preparation:

S6.2.1 Engine idle speed. The engine idle speed is set to the manufacturer's specification.

S6.2.2 Tire pressures. The tires are inflated to the manufacturer's specification for the vehicle loading condition for the test.

S6.2.3 Control application points and direction. For a hand control lever, the input force (F) is applied on the control lever's forward surface perpendicular to the axis of the lever fulcrum and its outermost point on the plane along which the control lever rotates (see Figure 1). The input force is applied to a point located 50 millimeters (mm) from the outermost point of the control lever, measured along the axis between the central axis of the fulcrum of the lever and its outermost point. For a foot control pedal, the input force is applied to the center of, and at right angles to, the control pedal.

S6.2.4 Brake temperature measurement. The brake temperature is measured on the approximate center of the facing length and width of the most heavily loaded shoe or disc pad, one per brake, using plug-type thermocouple that is embedded in the friction material, as shown in Figure 2.

Instrumentation Check (Not Described in Standard)

(Record results on Data Sheet #4)

(Use all brake controls)

Conduct a general check of test instrumentation by making not more than 10 stops from a speed of not more than 50 kph mph at a deceleration rate of not more than 10 fpsps. If test instrument repair, replacement, or adjustment is necessary, make not more than 10 additional stops after such repair, replacement or adjustment.

Maximum Speed Determination (Not Described in Standard)

(Record results on Data Sheet #5).

Measure the speed that the motorcycle will attain in a distance of 1 km (one mile) from a standing start. Do not exceed 193 kph (120 mph).

S6.2.5 Burnishing procedure.

(Record Results on Data Sheet #6)

The vehicle brakes are burnished/conditioned prior to evaluating performance.

S6.2.5.1 Vehicle condition.

5.3.2. Vehicle lightly loaded.

5.3.3. Engine disconnected.

S6.2.5.2 Conditions and procedure.

5.3.3. Initial brake temperature. Initial brake temperature before each brake application is ≤ 100 °C.

5.4. Test speed.

6. Initial speed: 50 km/h or 0.8 V_{max} , whichever is lower.

7. Final speed = 5 to 10 km/h.

7.1. Brake application. Each service brake system control actuated separately.

7.2. Vehicle deceleration.

7.1.1. Single front brake system only:

7.3. 3.0-3.5 meters per second squared (m/s^2) for motorcycle categories 3-3 and 3-4

7.4. 1.5-2.0 m/s^2 for motorcycle categories 3-1 and 3-2

9. Single rear brake system only: 1.5-2.0 m/s^2

10. CBS or split service brake system, and category 3-5: 3.5-4.0 m/s^2

8.2. Number of decelerations. There shall be 100 decelerations per brake system.

8.3. For the first stop, accelerate the vehicle to the initial speed and then actuate

the brake control under the conditions specified until the final speed is reached. Then

reaccelerate to the initial speed and maintain that speed until the brake temperature

falls to the specified initial value. When these conditions are met, reapply the brake as specified. Repeat this procedure for the number of specified decelerations. After burnishing, adjust the brakes in accordance with the manufacturer's recommendations.

13.B.3 - S6.3 to S6.11 PERFORMANCE/DYNAMIC TESTING:

S6.3 *Dry stop test – single brake control actuated.*

(Record Results on Data Sheet # 7)

S6.3.1 Vehicle condition.

- 8.3. The test is applicable to all motorcycle categories.
- 8.4. Laden. For vehicles fitted with CBS and split service brake system, the vehicle is tested in the lightly loaded condition in addition to the laden condition.
- 8.3.6. Engine disconnected.

S6.3.2 Test conditions and procedure.

- 8.17. Initial brake temperature. Initial brake temperature is ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.
- 8.18. Test speed.
- 8.4.4. Motorcycle categories 3-1 and 3-2: 40 km/h or 0.9 Vmax, whichever is lower.
- 8.4.5. Motorcycle categories 3-3, 3-4 and 3-5: 60 km/h or 0.9 Vmax, whichever is lower.
- 10. Brake application. Each service brake system control actuated separately.
- 11. Brake actuation force.
- 9.2. Hand control: ≤ 200 N.
- 9.3. Foot control:
 - ≤ 350 N for motorcycle categories 3-1, 3-2, 3-3 and 3-5.
 - ≤ 500 N for motorcycle category 3-4.
- 10.3. Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops.
 - (f) For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control under the conditions specified in this paragraph.

S6.3.3 Performance requirements. When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph S6.3.2., the stopping distance shall be as specified in column 2 of Table 2.

S6.4 Dry stop test – all service brake controls actuated.

(Record Results on Data Sheet # 8)

S6.4.1 Vehicle condition.

17. The test is applicable to motorcycle categories 3-3, 3-4 and 3-5.
18. Lightly loaded.
19. Engine disconnected.

S6.4.2 Test conditions and procedure.

2. Initial brake temperature. Initial brake temperature is ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.
3. Test speed. Test speed is 100 km/h or 0.9 Vmax, whichever is lower.
4. Brake application. Simultaneous actuation of both service brake system controls, if so equipped, or of the single service brake system control in the case of a service brake system that operates on all wheels.

5.2. Brake actuation force.

Hand control: ≤ 250 N.

Foot control:

≤ 400 N for motorcycle categories 3-3 and 3-4.

≤ 500 N for motorcycle category 3-5.

5.3. Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops.

5.6. For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control under the conditions specified in this paragraph.

S6.4.3 Performance requirements. When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in paragraph S6.4.2., the stopping distance (S) shall be $S \leq 0.0060 V^2$ (where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in meters).

S6.9 ABS tests.

NOTE:

[For these tests, where applicable, it is recommended that additional instrumentation be utilized which will provide a marker on the data trace collection for the point at which the test surface friction transition occurs]

(Record Results on Data Sheet # 13)

S6.9.1 General.

- 5.4. The tests are only applicable to the ABS fitted on motorcycle categories 3-1 and 3-3.
- 5.5. The tests are to confirm the performance of brake systems equipped with ABS and their performance in the event of ABS electrical failure.
- 5.6. Fully cycling means that the anti-lock system is repeatedly modulating the brake force to prevent the directly controlled wheels from locking.
- 5.7. Wheel-lock is allowed as long as the stability of the vehicle is not affected to the extent that it requires the operator to release the control or causes a vehicle wheel to pass outside the test lane.
- 5.8. The test series comprises the individual tests in Table 3, which may be carried out in any order.

S6.9.2 Vehicle condition.

- 8. Lightly loaded.
- 9. Engine disconnected.

S6.9.3 Stops on a high friction surface.

S6.9.3.1 Test conditions and procedure.

- 6.2. Initial brake temperature. Initial brake temperature is ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.
- 6.3. Test speed. Test speed is 60 km/h or 0.9 Vmax, whichever is lower.
- 6.4. Brake application. Simultaneous actuation of both service brake system controls, if so equipped, or of the single service brake control in the case of a service brake system that operates on all wheels.
- 6.5. Brake actuation force. The force applied is that which is necessary to ensure that the ABS will cycle fully throughout each stop, down to 10 km/h.
- 6.6. If one wheel is not equipped with ABS, the control for the service brake on that wheel is actuated with a force that is lower than the force that will cause the wheel to lock.
- 6.7. Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 6 stops.
- 6.8. For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control under the conditions specified in this paragraph.

S6.9.3.2 Performance requirements. When the brakes are tested in accordance with the test procedures referred to in S6.9.3.1:

- 3 the stopping distance (S) shall be $\leq 0.0063V^2$ (where V is the specified test speed in km/h and S is the required stopping distance in meters); and
- 4 there shall be no wheel lock beyond that allowed for in paragraph S6.9.1(d), and the vehicle wheels shall stay within the test lane.

S6.9.4 Stops on a low friction surface.

S6.9.4.1 Test conditions and procedure. As set out in S6.9.3.1, but using the low friction surface instead of the high friction one.

S6.9.4.2 Performance requirements. When the brakes are tested in accordance with the test procedures set out in S6.9.4.1:

3 the stopping distance (S) shall be $\leq 0.0056 V^2/P$ (where V is the specified test speed in km/h, P is the peak braking coefficient and S is the required stopping distance in meters); and

4 there shall be no wheel lock beyond that allowed for in paragraph S6.9.1(d), and the vehicle wheels shall stay within the test lane.

S6.9.5 Wheel lock checks on high and low friction surfaces.

S6.9.5.1 Test conditions and procedure.

6.3. Test surfaces. High friction or low friction surface, as applicable.

6.4. Initial brake temperature. Initial brake temperature is ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.

6.5. Test speed.

iii On the high friction surface: 80 km/h or 0.8 Vmax, whichever is lower.

iv On the low friction surface: 60 km/h or 0.8 Vmax, whichever is lower.

(d) Brake application.

(1) Each service brake system control actuated separately.

(2) Where ABS is fitted to both brake systems, simultaneous actuation of both brake controls in addition to (1).

(iv) Brake actuation force. The force applied is that which is necessary to ensure that the ABS will cycle fully throughout each stop, down to 10 km/h.

- 3 Brake application rate. The brake control actuation force is applied in 0.2 – 0.5 seconds.
- 4 Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 3 stops.
- 5 For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control under the conditions specified in this paragraph.

S6.9.5.2 Performance requirements. When the brakes are tested in accordance with the test procedures set out in S6.9.5.1, there shall be no wheel lock beyond that allowed for in paragraph S6.9.1(d), and the vehicle wheels shall stay within the test lane.

S6.9.6 Wheel lock check – high to low friction surface transition.

S6.9.6.1 Test conditions and procedure.

- 6.5. Test surfaces. A high friction surface immediately followed by a low friction surface.
- 6.6. Initial brake temperature. Initial brake temperature is ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.
- 6.7. Test speed. The speed that will result in 50 km/h or 0.5 Vmax, whichever is the lower, at the point where the vehicle passes from the high friction to the low friction surface.
- 6.8. Brake application.

a Each service brake system control actuated separately.

b Where ABS is fitted to both brake systems, simultaneous actuation of both brake controls in addition to (1).

6.9. Brake actuation force. The force applied is that which is necessary to ensure that the ABS will cycle fully throughout each stop, down to 10 km/h.

6.3.3. Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 3 stops.

6.3.4. For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control before the vehicle reaches the transition from one friction surface to the other.

S6.9.6.2 Performance requirements. When the brakes are tested in accordance with the test procedures set out in S6.9.6.1, there shall be no wheel lock beyond that allowed for in paragraph S6.9.1(d), and the vehicle wheels shall stay within the test lane.

S6.9.7 Wheel lock check – low to high friction surface transition.

S6.9.7.1 Test conditions and procedure.

6.6. Test surfaces. A low friction surface immediately followed by a high friction surface with a PBC ≥ 0.8 .

6.7. Initial brake temperature. Initial brake temperature is ≥ 55 °C and ≤ 100 °C.

6.8. Test speed. The speed that will result in 50 km/h or 0.5 Vmax, whichever is the lower, at the point where the vehicle passes from the low friction to the high friction surface.

6.9. Brake application.

Each service brake system control applied separately.

Where ABS is fitted to both brake systems, simultaneous application of both brake controls in addition to (1).

6.10. Brake actuation force. The force applied is that which is necessary to ensure that the ABS will cycle fully throughout each stop, down to 10 km/h.

6.4.2. Number of stops: until the vehicle meets the performance requirements, with a maximum of 3 stops.

6.4.3. For each stop, accelerate the vehicle to the test speed and then actuate the brake control before the vehicle reaches the transition from one friction surface to the other.

6.4.4. Record the vehicle's continuous deceleration.

S6.9.7.2 Performance requirements. When the brakes are tested in accordance with the test procedures set out in S6.9.7.1:

3 there shall be no wheel lock beyond that allowed for in paragraph S6.9.1(d), and the vehicle wheels shall stay within the test lane, and

4 within 1 second of the rear wheel passing the transition point between the low and high friction surfaces, the vehicle deceleration shall increase.

S6.9.8 Stops with an ABS electrical failure.

S6.9.8.1 Test conditions and procedure. With the ABS electrical system disabled, carry out the test set out in S6.3 (dry stop test – single brake control actuated) applying the conditions relevant to the brake system and vehicle being tested.

S6.9.8.2 Performance requirements. When the brakes are tested in accordance with the test procedure set out in S6.9.8.1:

6.8. the system shall comply with the failure warning requirements of S5.1.10.2; and

6.9. the minimum requirements for stopping distance shall be as specified in column 2 under the heading “Single brake system, rear wheel(s) braking only” in Table 2.

ANEXO 4.1

MANUAL DE USUARIO KTM DUKE 390

OWNER'S MANUAL 2015

WWW.KTM.COM

390 Duke 2015 C0L

Art. no. 3213123en



8 RIDING INSTRUCTIONS

59

8.1 Checks and maintenance when preparing for use



Info

Before every trip, check the condition of the vehicle and ensure that it is roadworthy. The vehicle must be in perfect technical condition when used.

- Check the engine oil level. (☛ p. 143)
- Check the brake fluid level of the front brake. (☛ p. 94)
- Check the rear brake fluid level. (☛ p. 99)
- Check the front brake linings. (☛ p. 96)
- Check the rear brake linings. (☛ p. 102)
- Check the brake system function.
- Check the coolant level. (☛ p. 135)
- Check for chain dirt accumulation. (☛ p. 81)
- Check the chain tension. (☛ p. 82)
- Check the tire condition. (☛ p. 110)
- Check the tire air pressure. (☛ p. 111)
- Check the settings of all controls and ensure that they can be operated smoothly.
- Check the functioning of the electrical equipment.
- Check that baggage is correctly secured.
- Sit on the motorcycle and check the rear mirror setting.
- Check the fuel level.

13 WHEELS, TIRES

13.6 Checking the tire condition



Warning

Danger of accidents Uncontrollable vehicle handling in the event of a flat tire.

- In the interest of safety, replace damaged or worn tires immediately. (Your authorized KTM workshop will be glad to help.)



Warning

Danger of crashing Poor vehicle handling due to different tire tread patterns on front and rear wheels.

- The front and rear wheels must be fitted with tires with similar tread patterns to prevent loss of control over the vehicle.



Warning

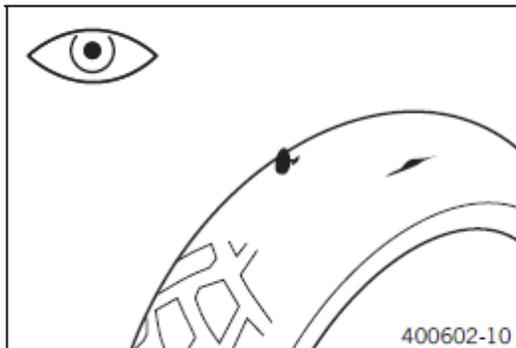
Danger of accidents Uncontrollable handling characteristic due to non-approved and/or non-recommended tires/wheels.

- Only tires/wheels approved by KTM and with the corresponding speed index should be used.



Info

The type, condition and air pressure of the tires all have a major impact on the riding behavior of the motorcycle. Worn tires have a negative effect on riding behavior, especially on wet surfaces.



- Check the front and rear tires for cuts, run-in objects and other damage.
 - » If the tires exhibit cuts, run-in objects or other damage:
 - Change the tires.
- Check the depth of the tread.



Info

Note local national regulations concerning the minimum tread depth.

Minimum tread depth	≥ 2 mm (≥ 0.08 in)
---------------------	--------------------

13 WHEELS, TIRES

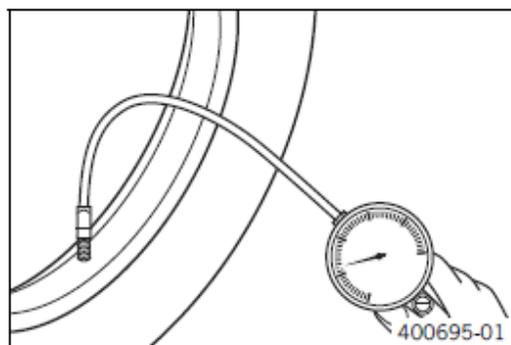
- » If the tread depth is less than the minimum permissible depth:
 - Change the tires.
- Check the age of the tires.

i Info
The tire's date of the manufacture is usually part of the tire markings and is indicated by the last four digits of the **DOT** marking. The first two digits refer to the week of manufacture and last two digits refer to the year of manufacture. KTM recommends that the tires are changed regardless of the actual wear, at the latest after 5 years.

- » If a tire is more than 5 years old:
 - Change the tires.

13.7 Checking the tire air pressure

i Info
Low tire air pressure leads to abnormal wear and overheating of the tire. Correct tire air pressure ensures optimal riding comfort and maximum tire service life.



- Remove the dust cap.
- Check tire air pressure when the tires are cold.

Tire air pressure, solo	
Front	2.0 bar (29 psi)
Rear	2.0 bar (29 psi)

Tire air pressure with passenger/full payload	
Front	2.0 bar (29 psi)
Rear	2.2 bar (32 psi)

21 TECHNICAL DATA

157

21.1 Engine

Design	1-cylinder 4-stroke engine, water-cooled
Displacement	375 cm ³ (22.88 cu in)
Stroke	60 mm (2.36 in)
Bore	89 mm (3.5 in)
Compression ratio	12.8:1
Control	DOHC, 4 valves controlled via cam lever, chain drive
Valve diameter, intake	36 mm (1.42 in)
Valve diameter, exhaust	29 mm (1.14 in)
Valve clearance, intake, cold	0.08... 0.12 mm (0.0031... 0.0047 in)
Valve clearance, exhaust, cold	0.13... 0.17 mm (0.0051... 0.0067 in)
Crankshaft bearing	2 slide bearings
Conrod bearing	Sleeve bearing
Pistons	Forged light alloy
Piston rings	1 compression ring, 1 tapered compression piston ring, 1 oil scraper ring
Engine lubrication	Pressure circulation lubrication with two rotary pumps
Primary transmission	30:80
Clutch	Clutch in oil bath/mechanically activated
Transmission	6-gear, claw shifted
Transmission ratio	
1st gear	12:32
2nd gear	14:26
3rd gear	19:27

21 TECHNICAL DATA

158

4th gear	21:24
5th gear	23:22
6th gear	25:21
Mixture preparation	Electronically controlled fuel injection
Ignition	Contactless controlled fully electronic ignition with digital ignition adjustment
Alternator	12 V, 238 W
Spark plug	BOSCH VR 5 NE
Spark plug electrode gap	0.8 mm (0.031 in)
Spark plug	BOSCH VR 5 NEU
Spark plug electrode gap	1 mm (0.04 in)
Cooling	Water cooling, permanent circulation of coolant by water pump
Idle speed	1,550... 1,650 rpm
Starting aid	Electric starter

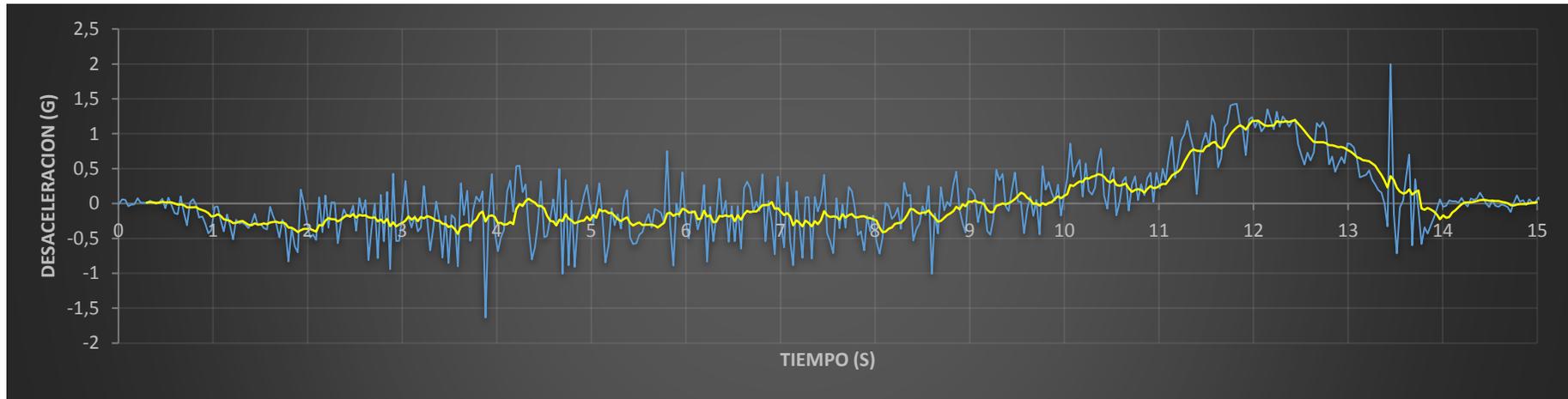
21.2 Engine tightening torques

Oil nozzle	M5	6 Nm (4.4 lbf ft)	Loctite® 243™
Screw, gear sensor	M5	6 Nm (4.4 lbf ft)	Loctite® 243™
Screw, ignition pulse generator	M5	6 Nm (4.4 lbf ft)	Loctite® 243™
Screw, oil filter cover	M5	8 Nm (5.9 lbf ft)	–
Screw, retaining bracket	M5	6 Nm (4.4 lbf ft)	Loctite® 243™
Screw, retaining bracket, stator cable	M5	8 Nm (5.9 lbf ft)	Loctite® 243™
Screw, stator	M5	8 Nm (5.9 lbf ft)	Loctite® 243™
Cylinder head screw	M6	12 Nm (8.9 lbf ft)	–

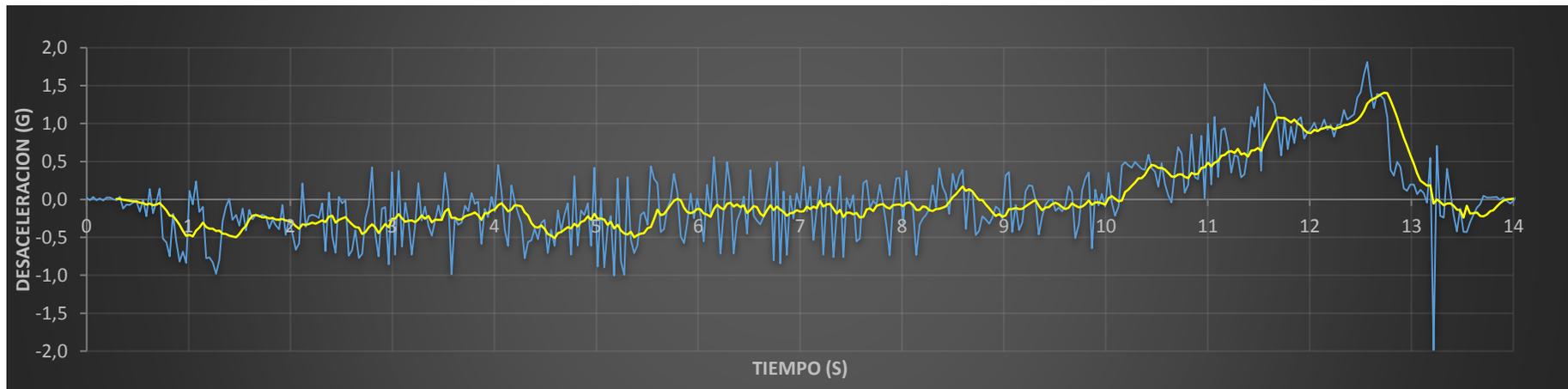
ANEXO 4.2

GRÁFICOS DESACELERACIÓN (G) VS TIEMPO (S) CON SU NÚMERO DE ARCHIVO

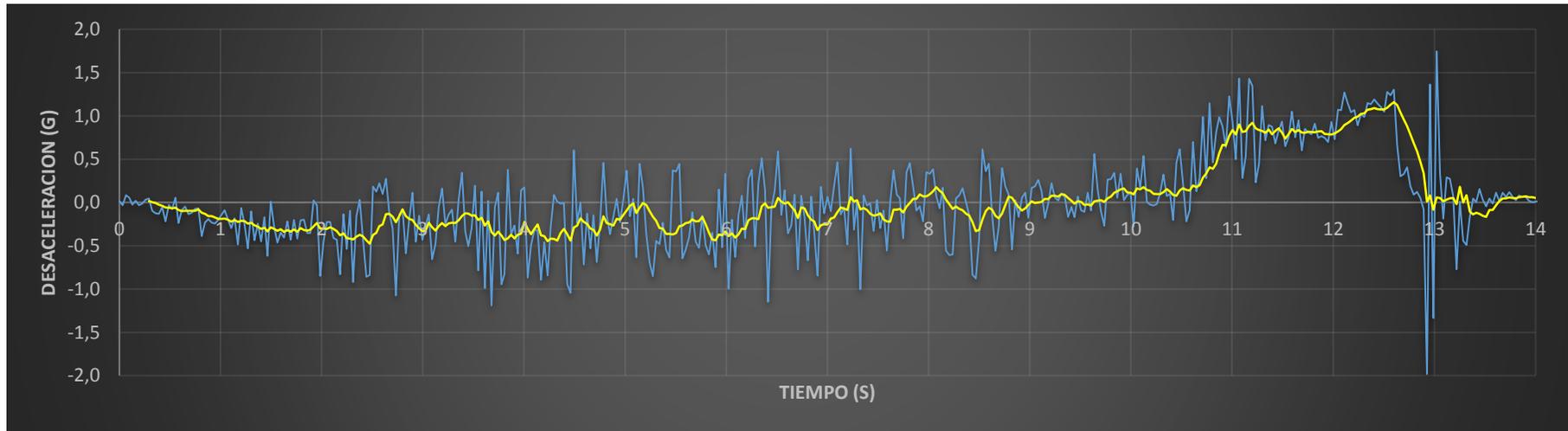
Archivo 120833



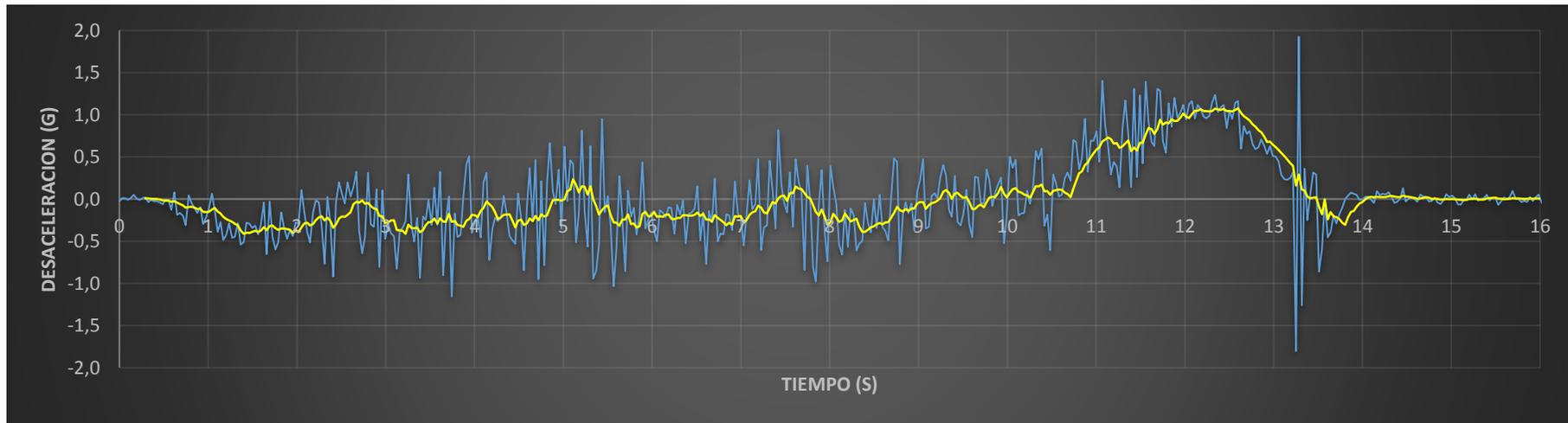
Archivo 121050



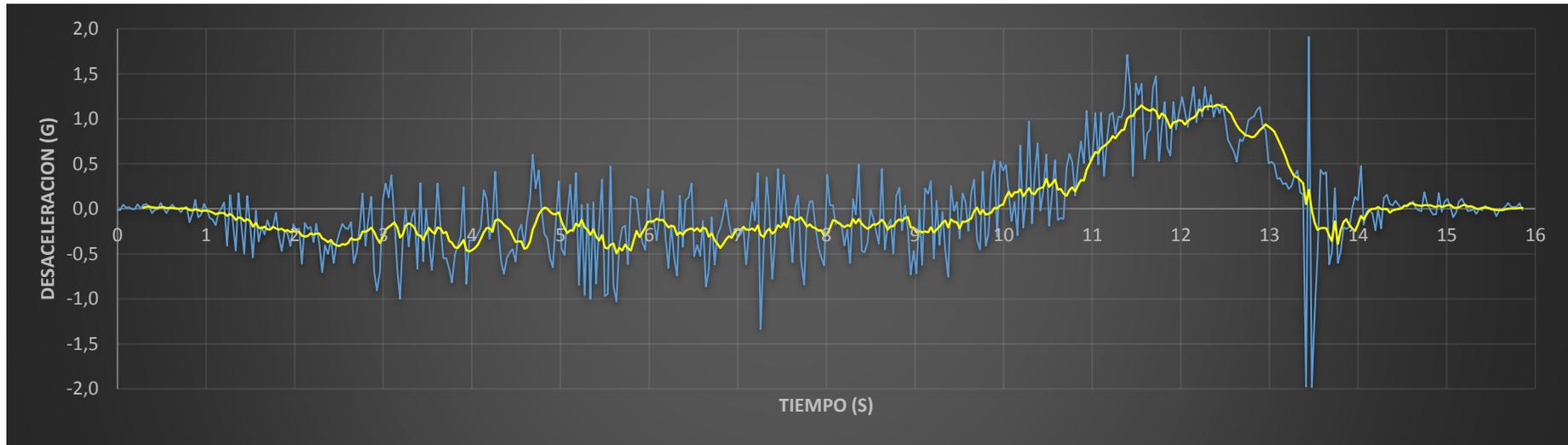
Archivo 121257



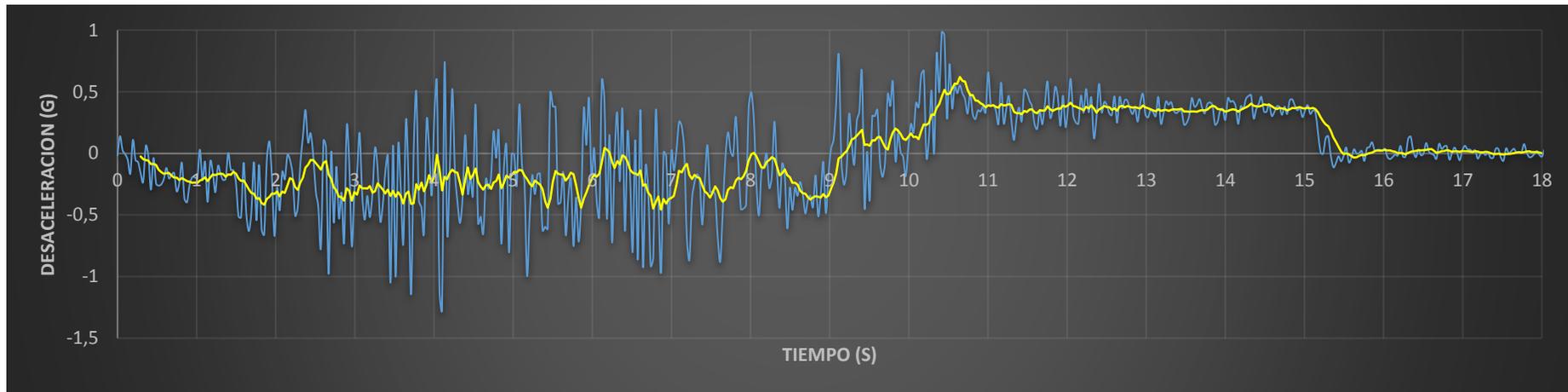
Archivo 121458



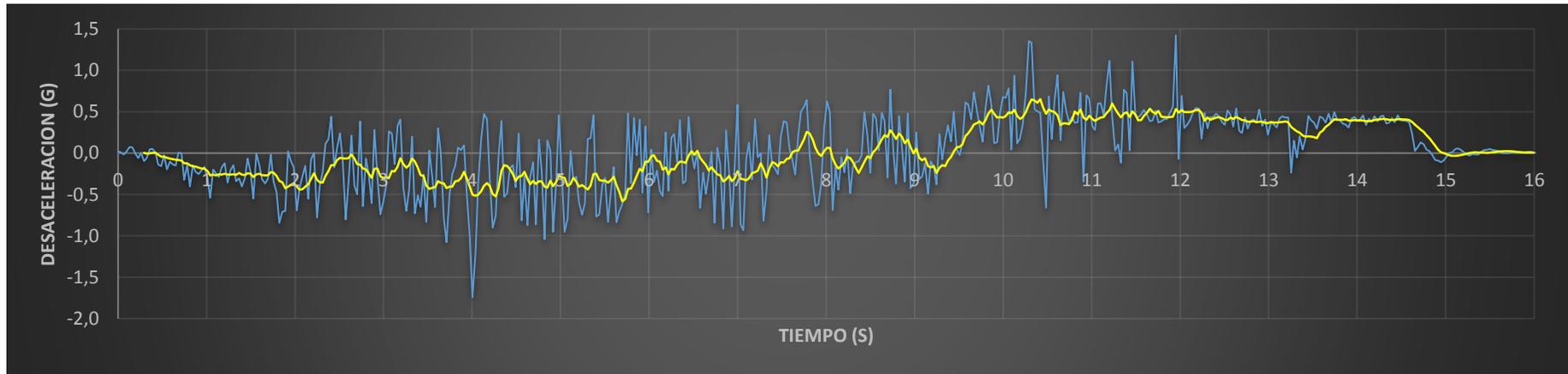
Archivo 121639



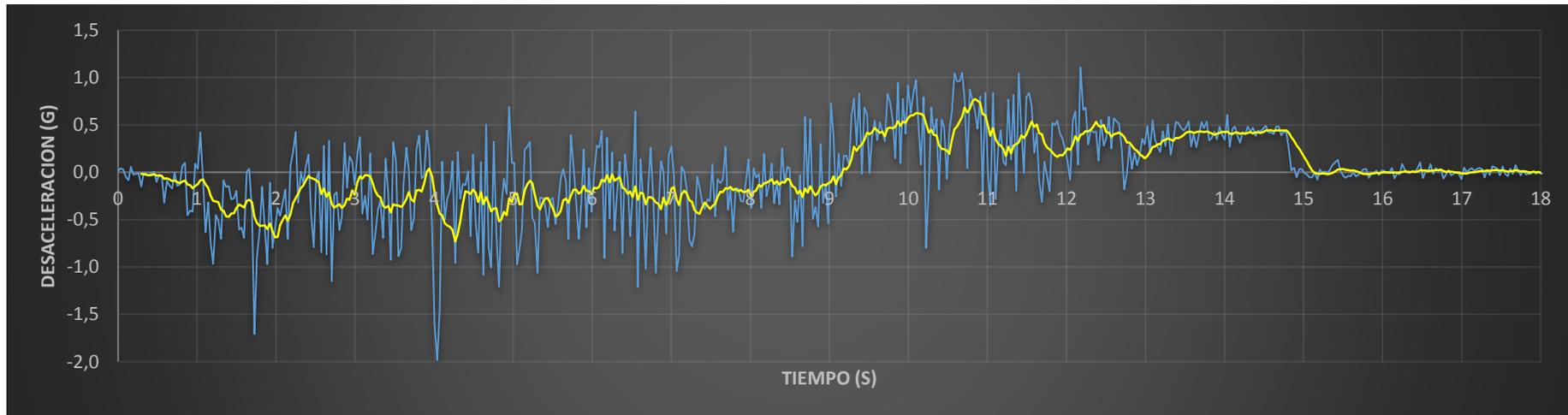
Archivo 122101



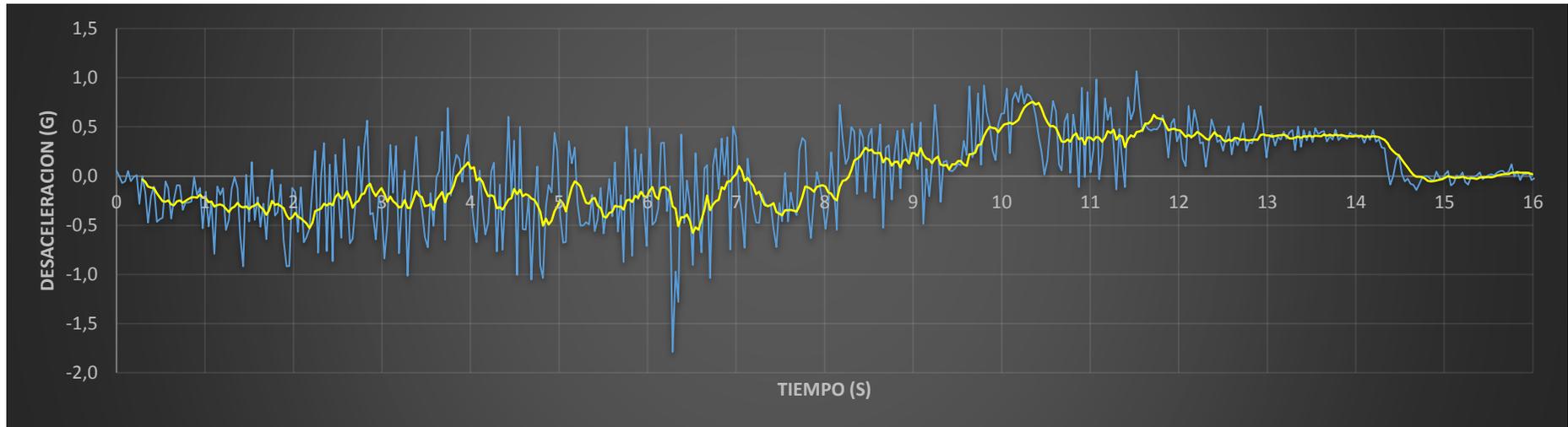
Archivo 122756



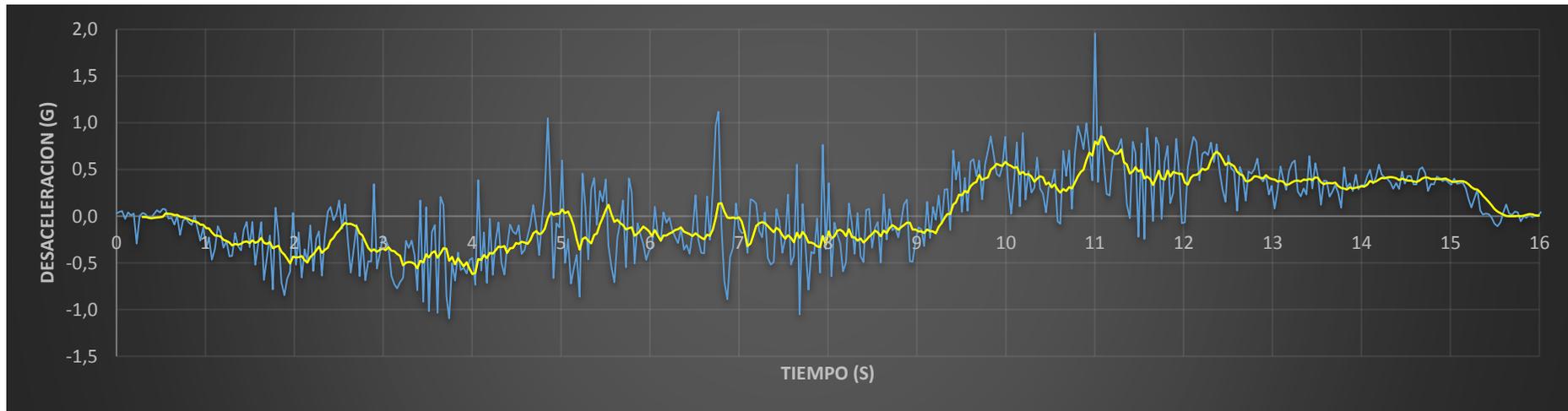
Archivo 123014



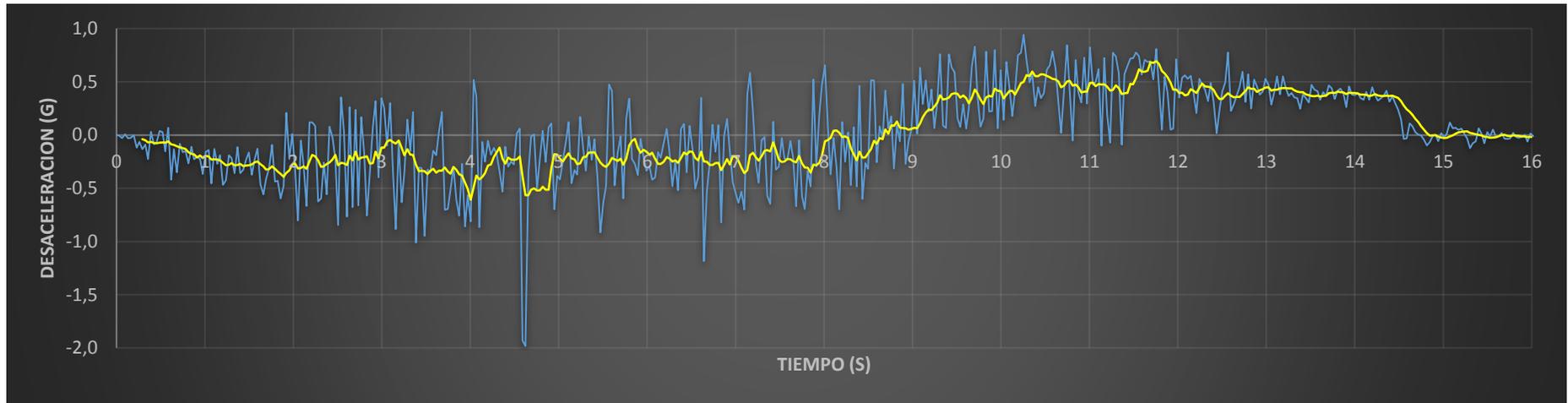
Archivo 123154



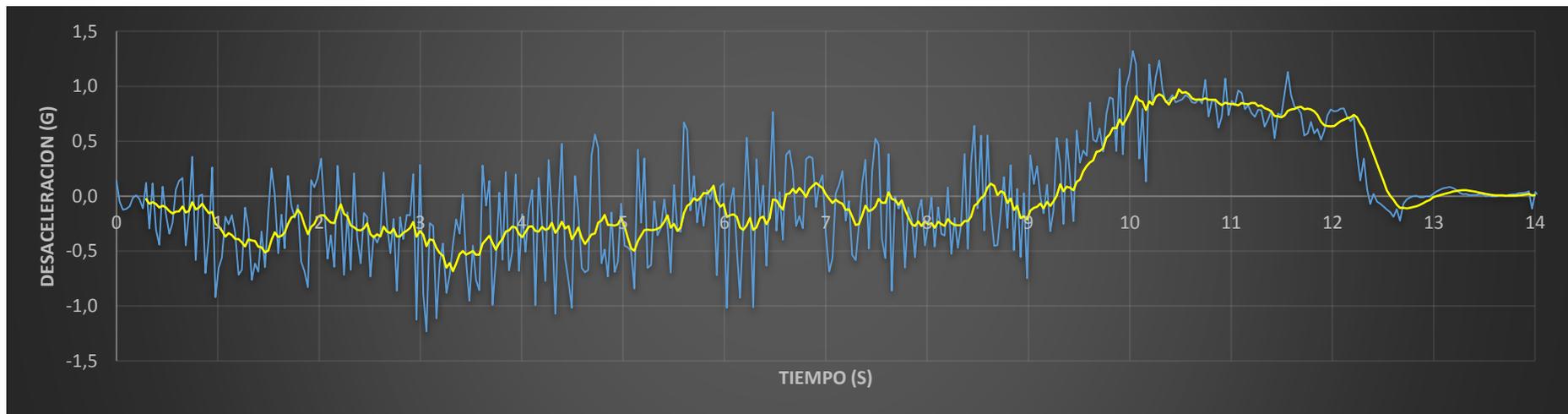
Archivo 123329



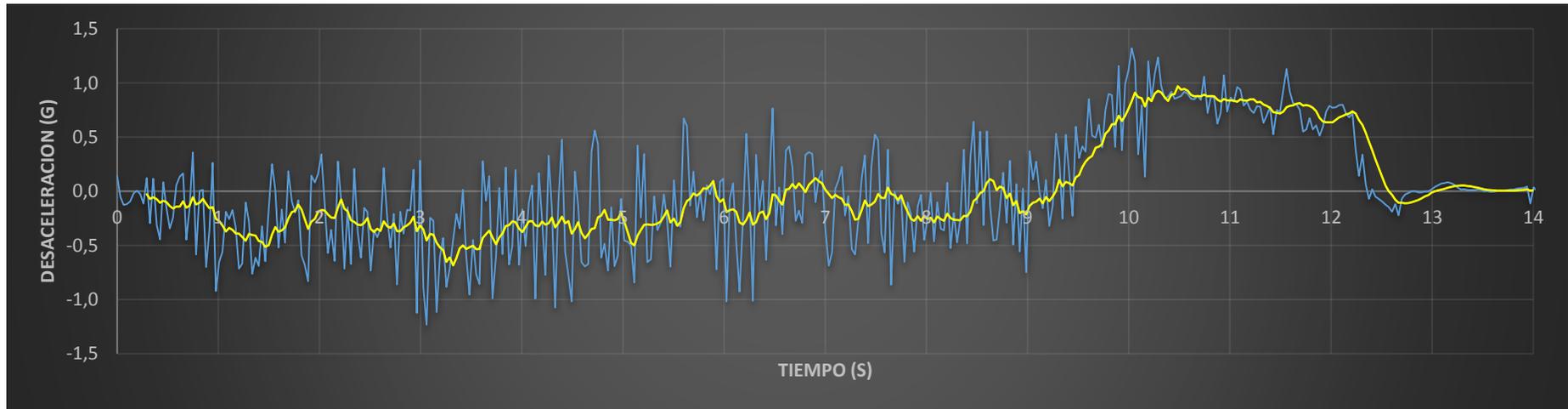
Archivo 123512



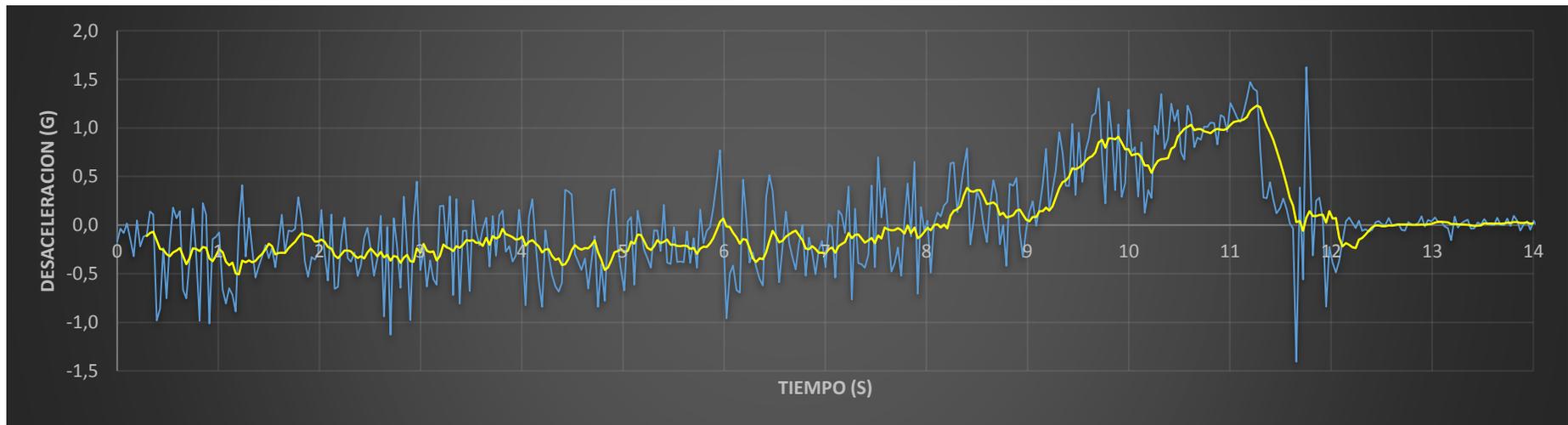
Archivo 123730



Archivo 123730



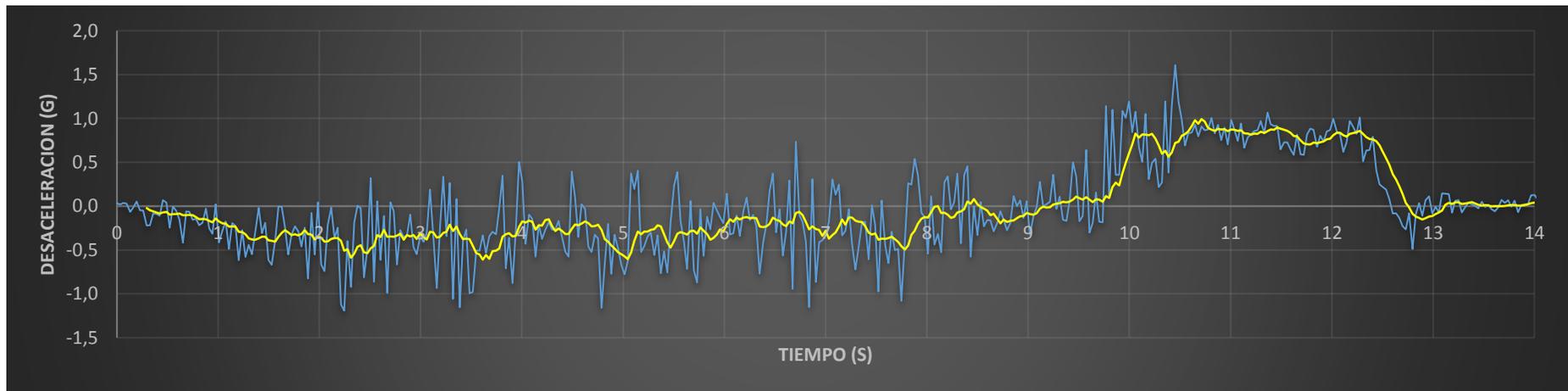
Archivo 123900



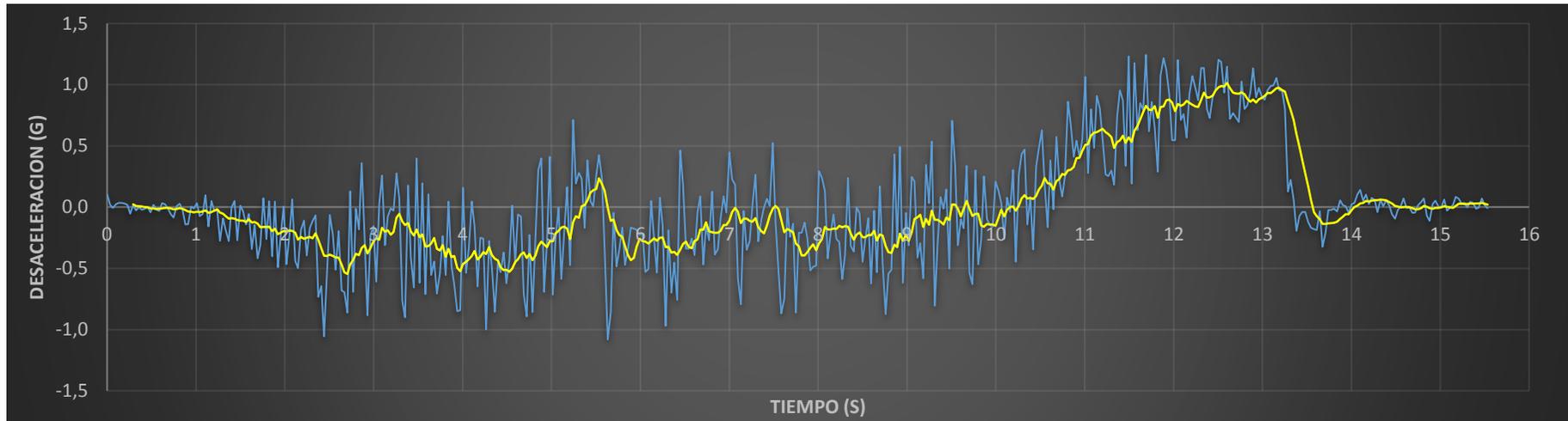
Archivo 124021



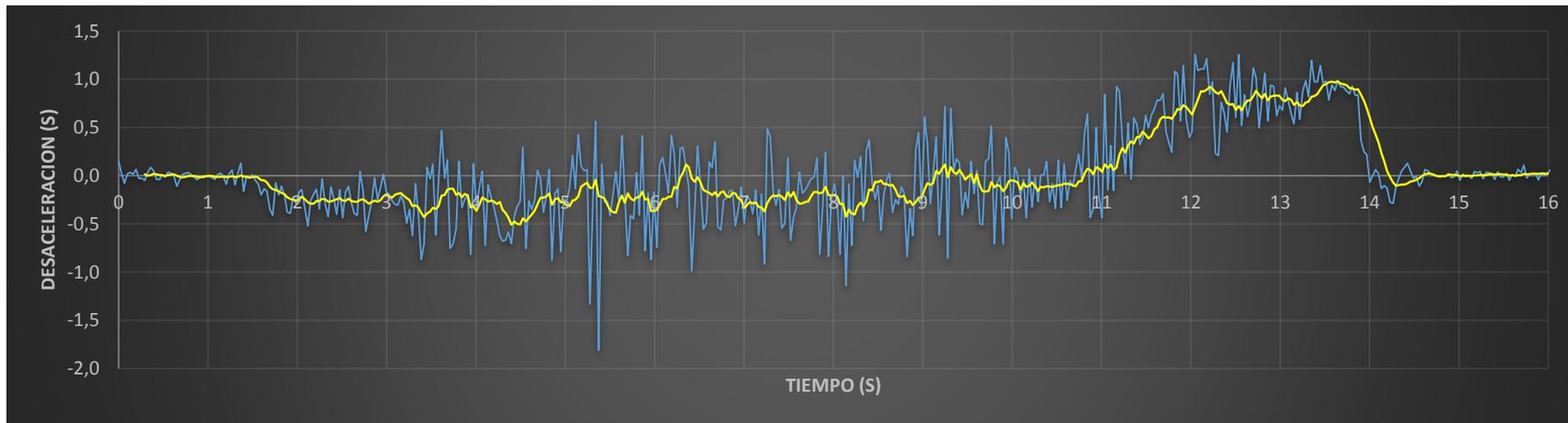
Archivo 124204



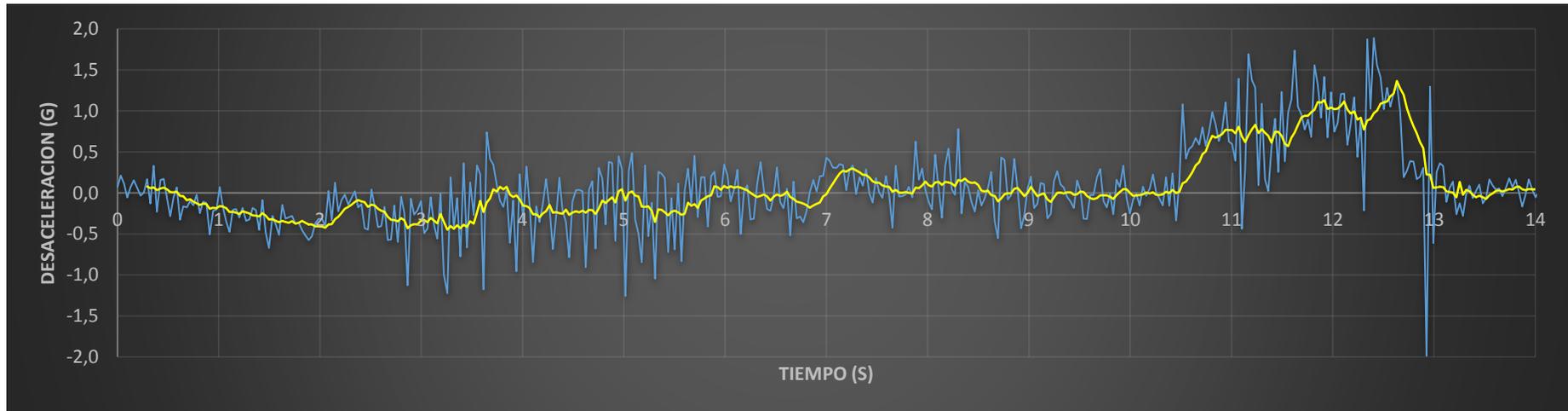
Archivo 124348



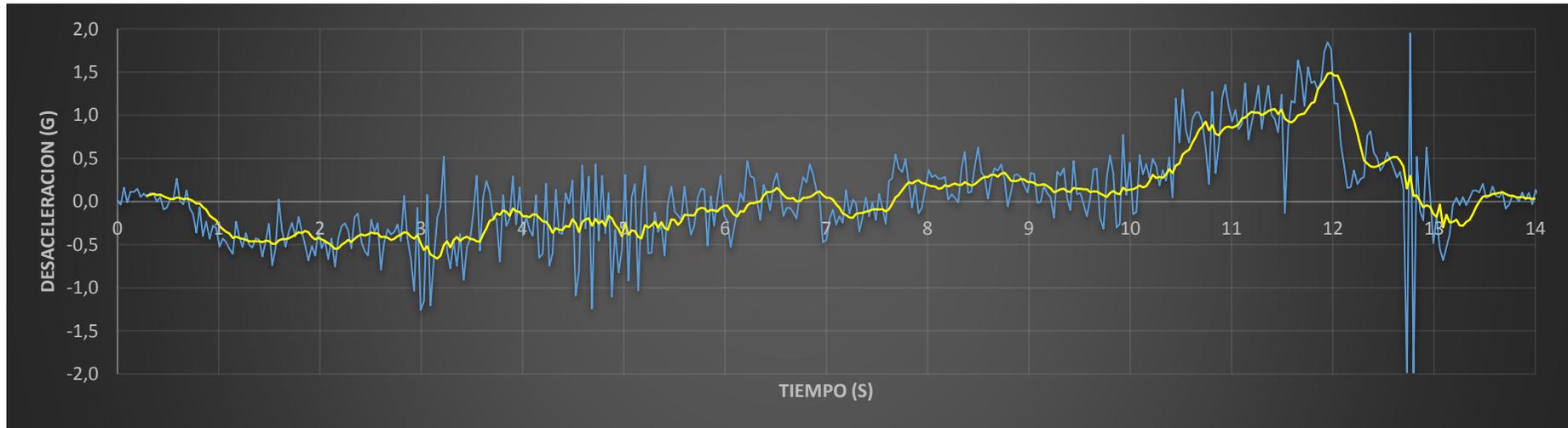
Archivo 124518



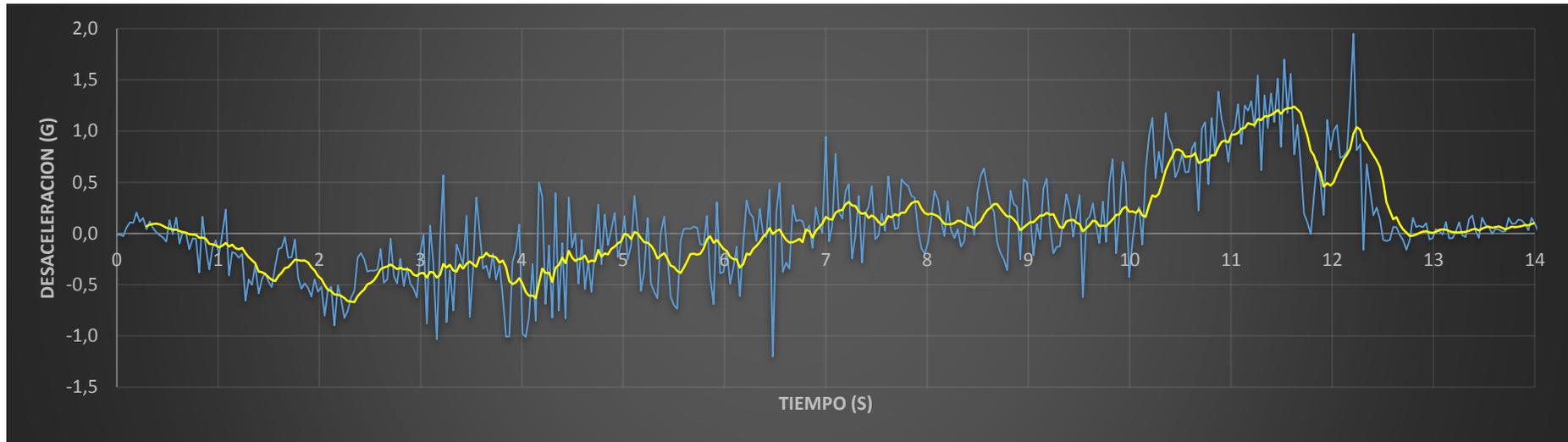
Archivo 131516



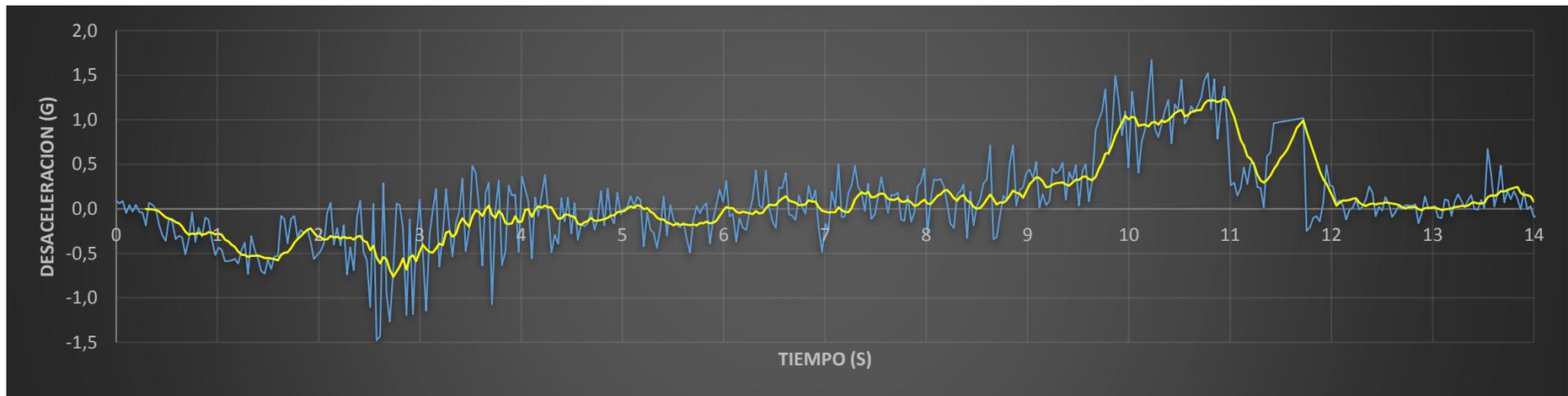
Archivo 131654



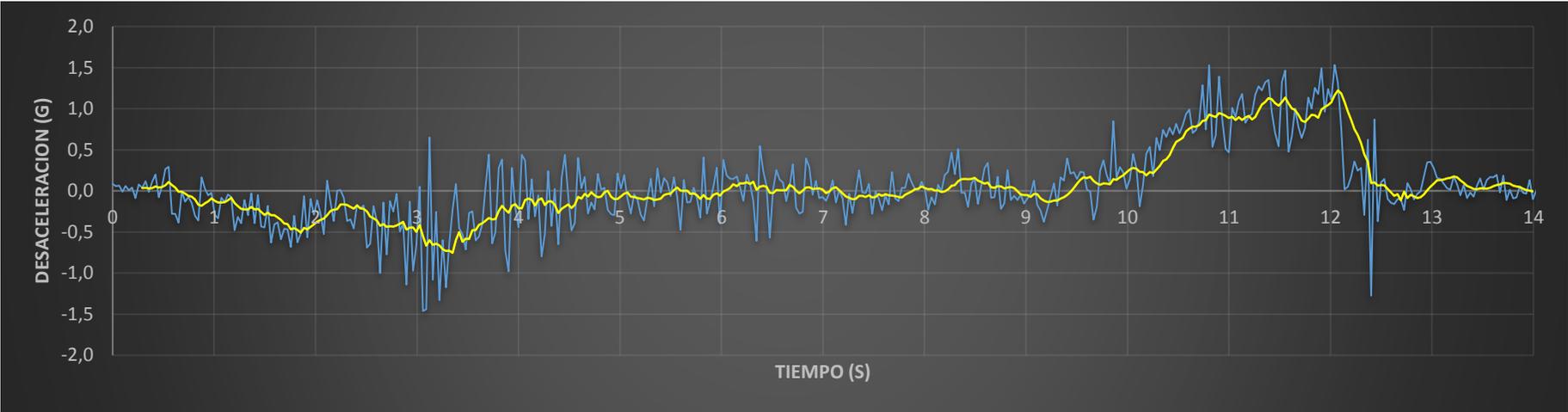
Archivo 131812



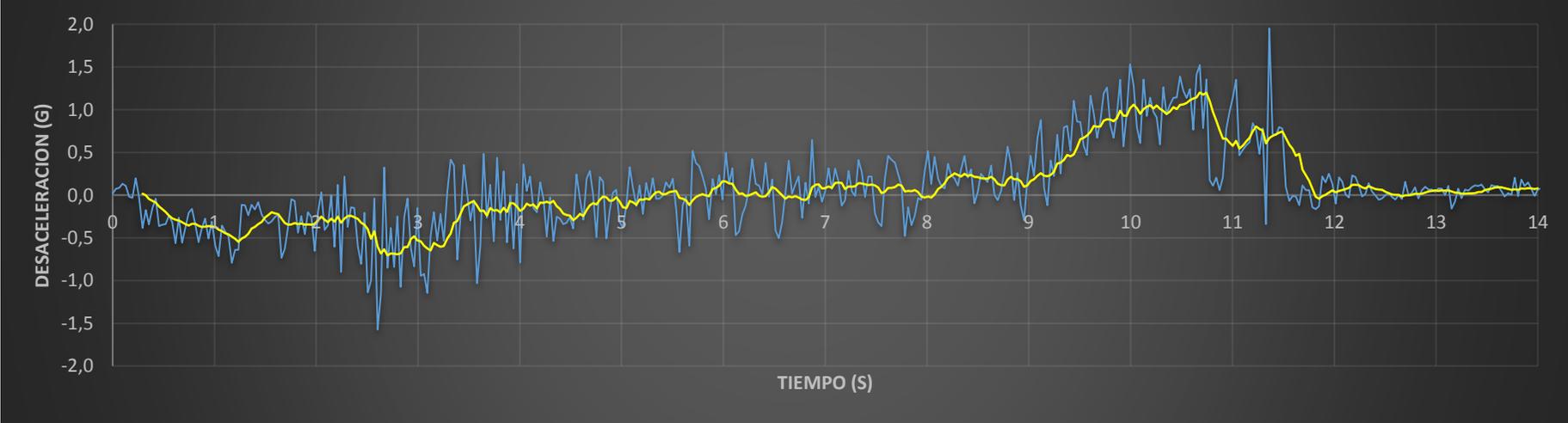
Archivo 132019



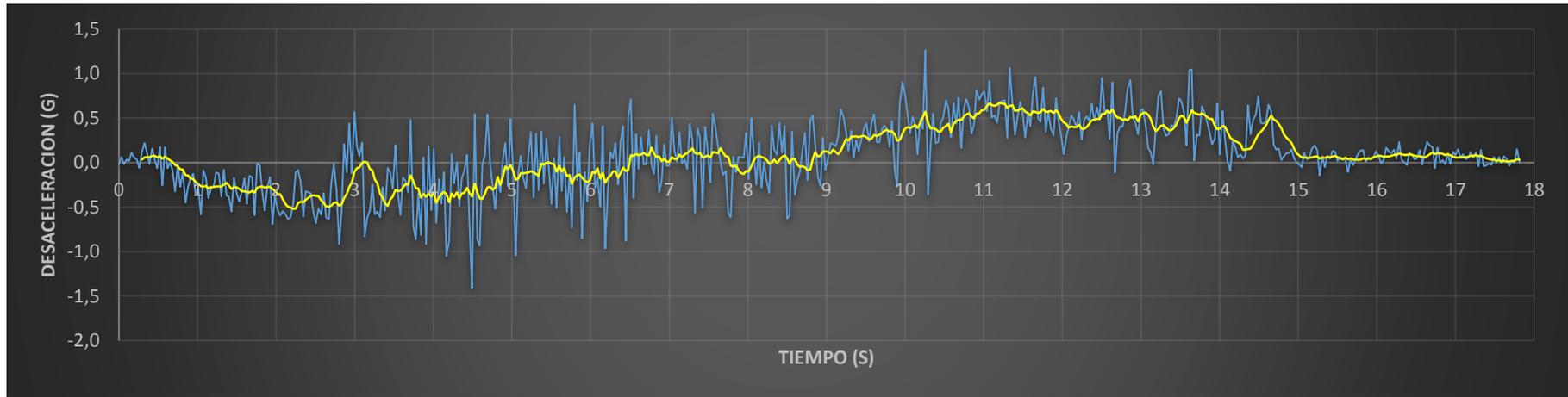
Archivo 132202



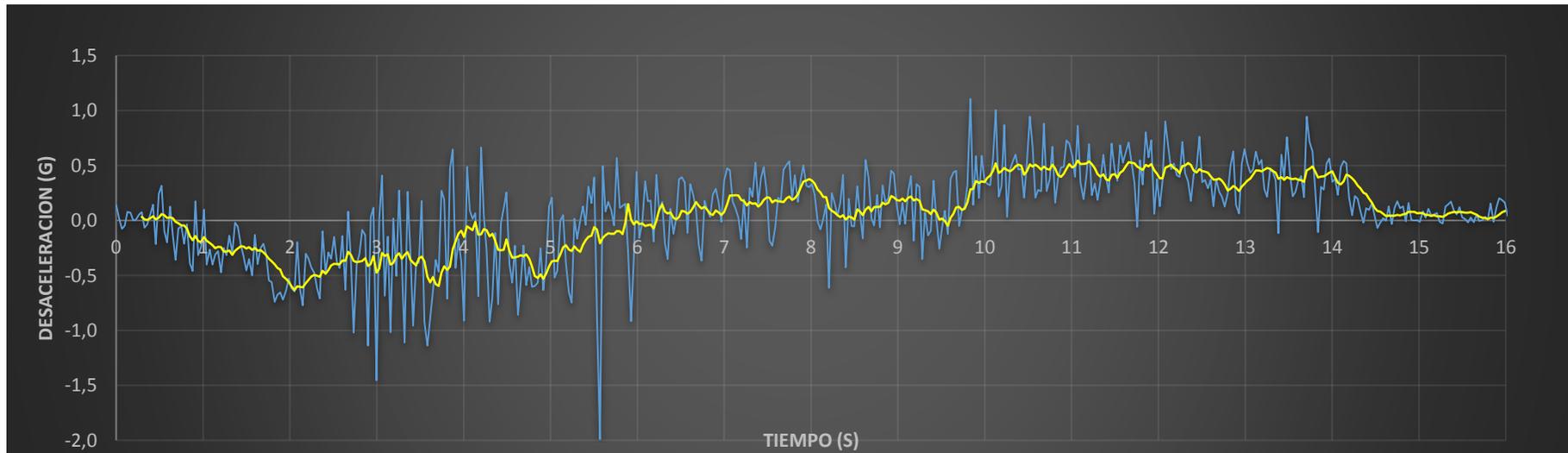
Archivo 132332



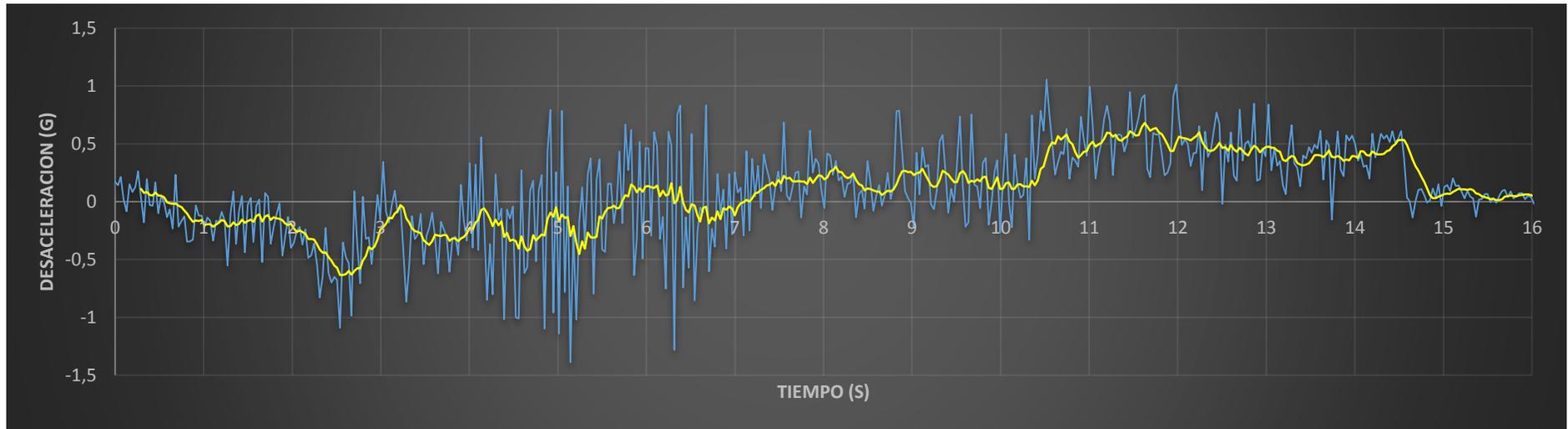
Archivo 132621



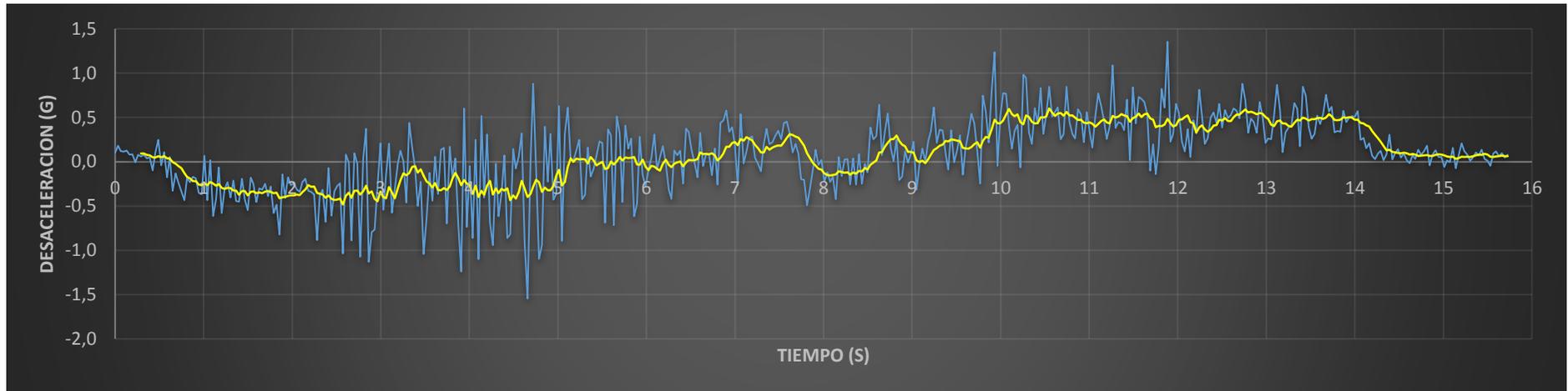
Archivo 132747



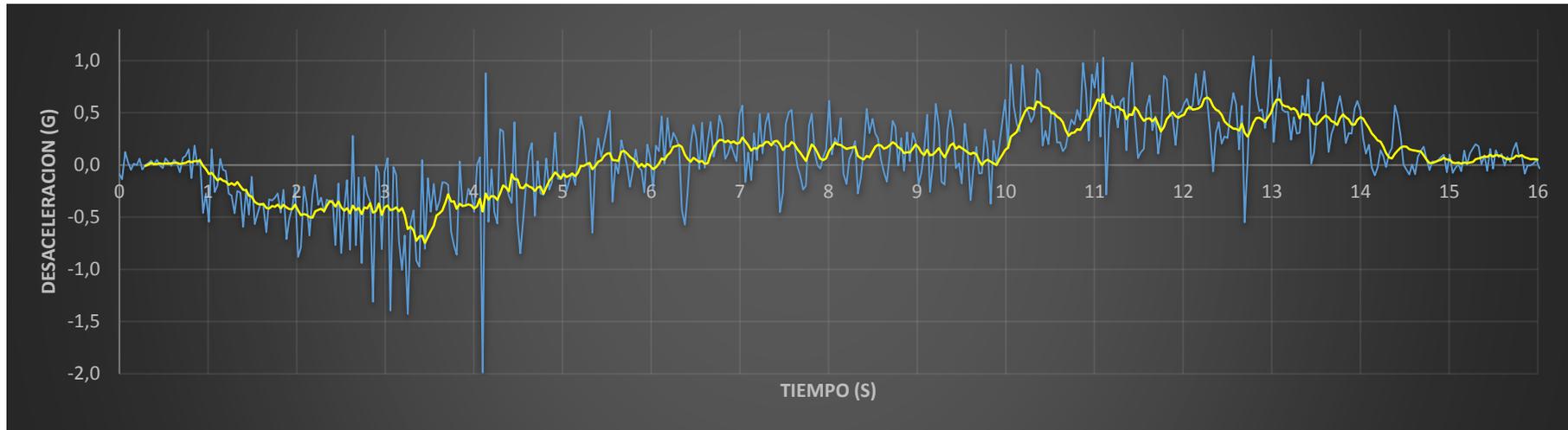
Archivo 132955



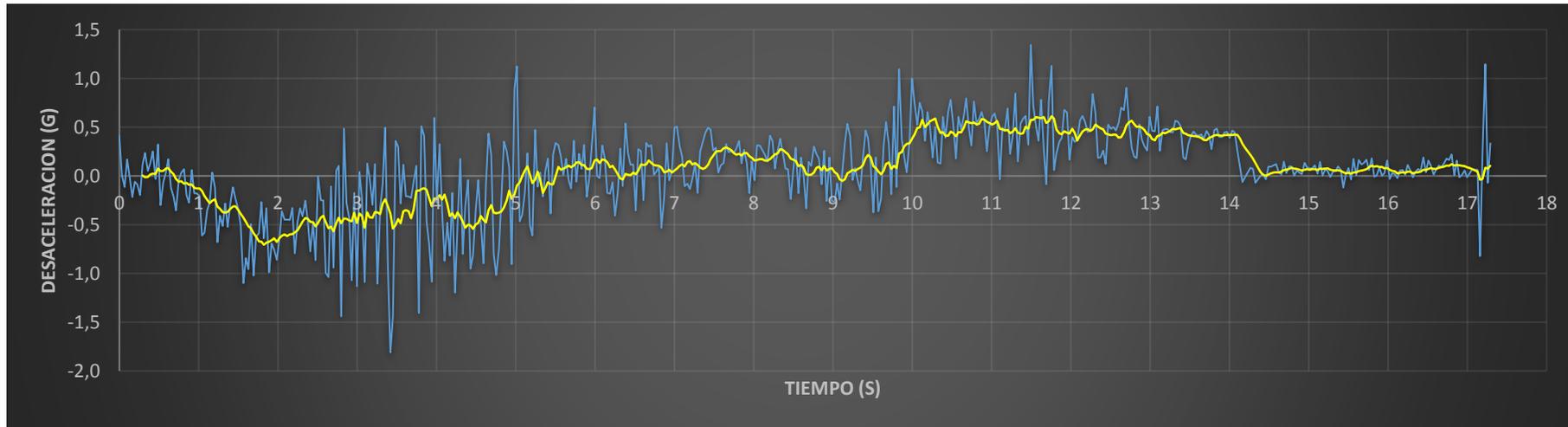
Archivo 133141



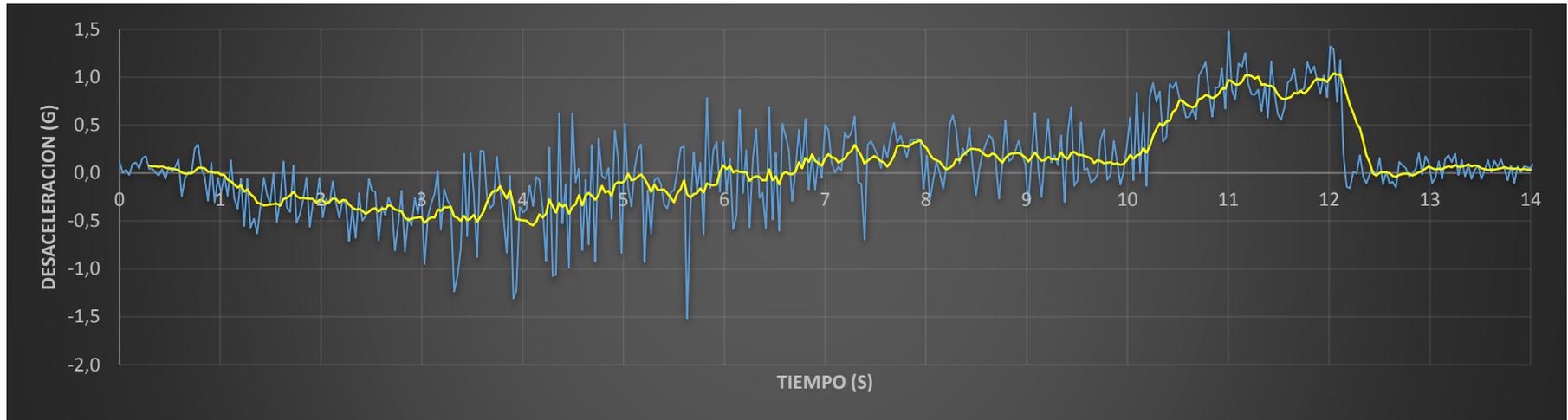
Archivo 133352



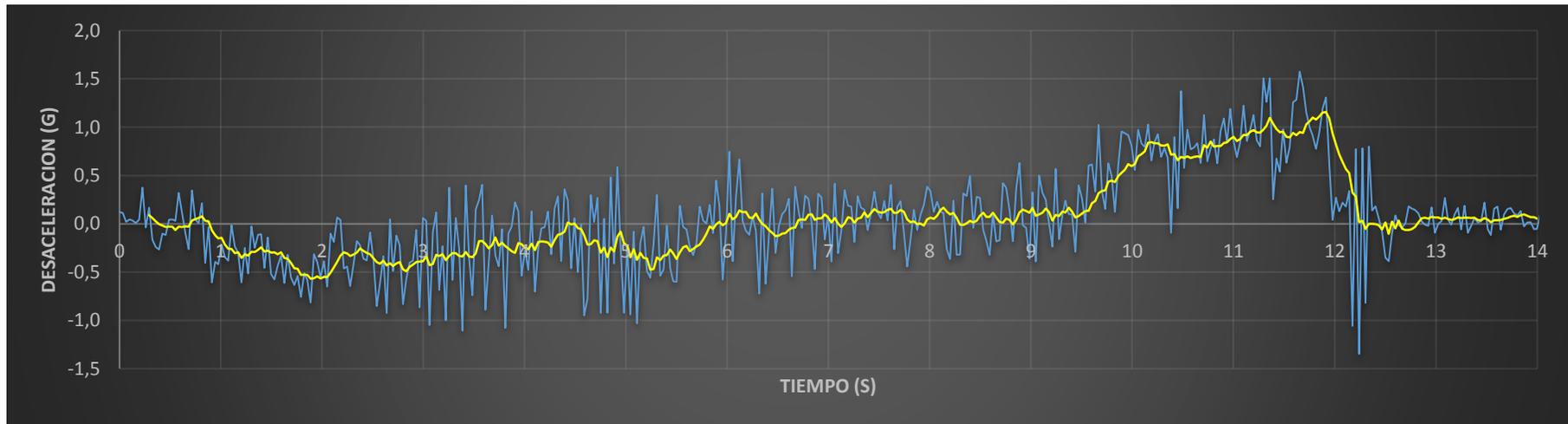
Archivo 133516



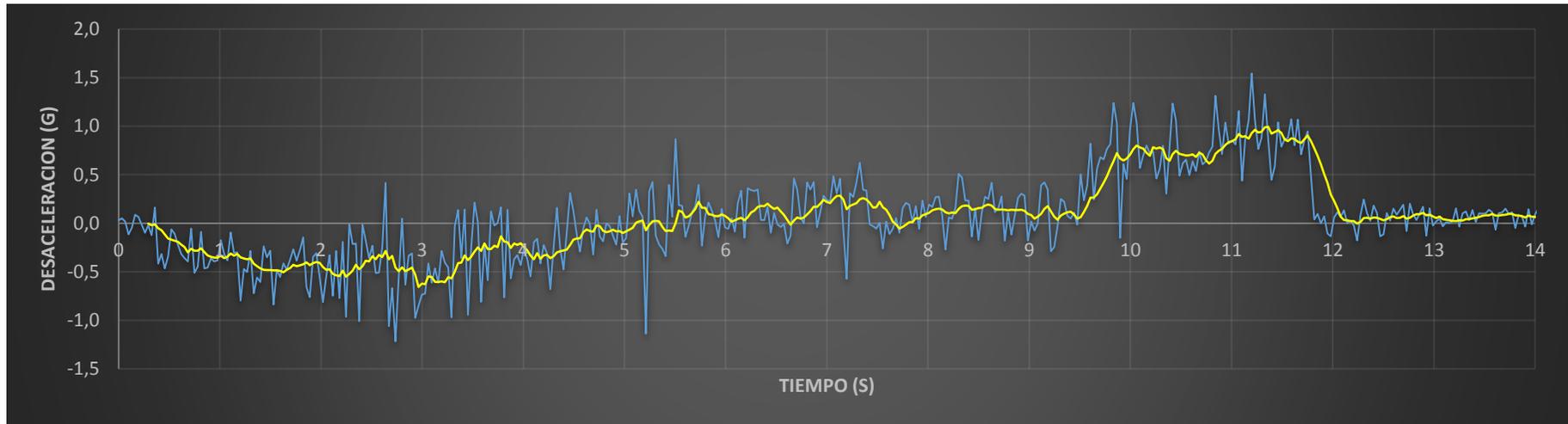
Archivo 133649



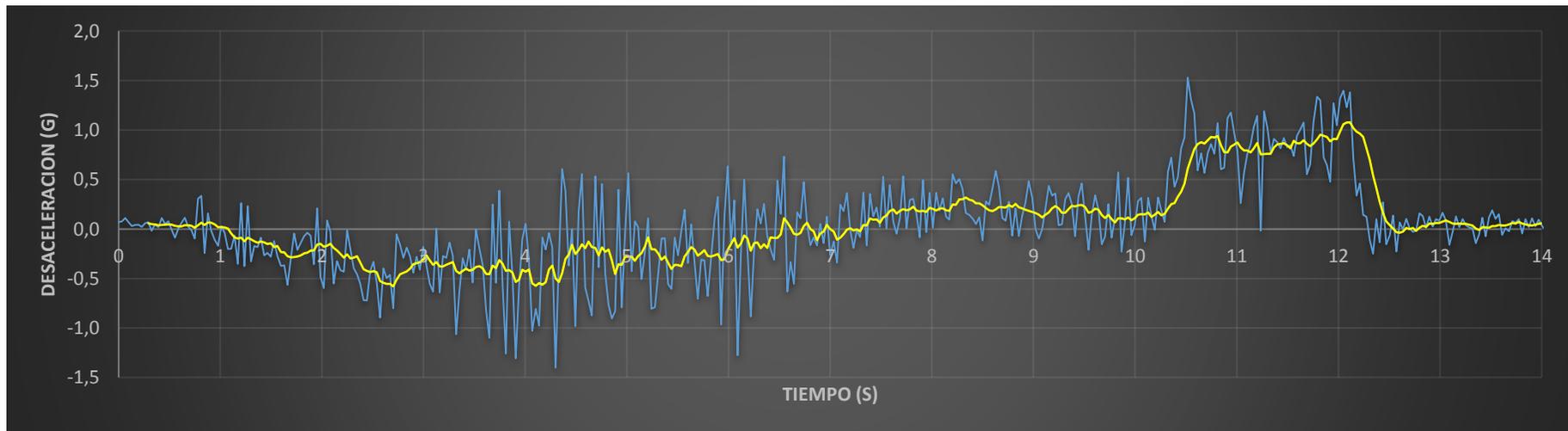
Archivo 133811



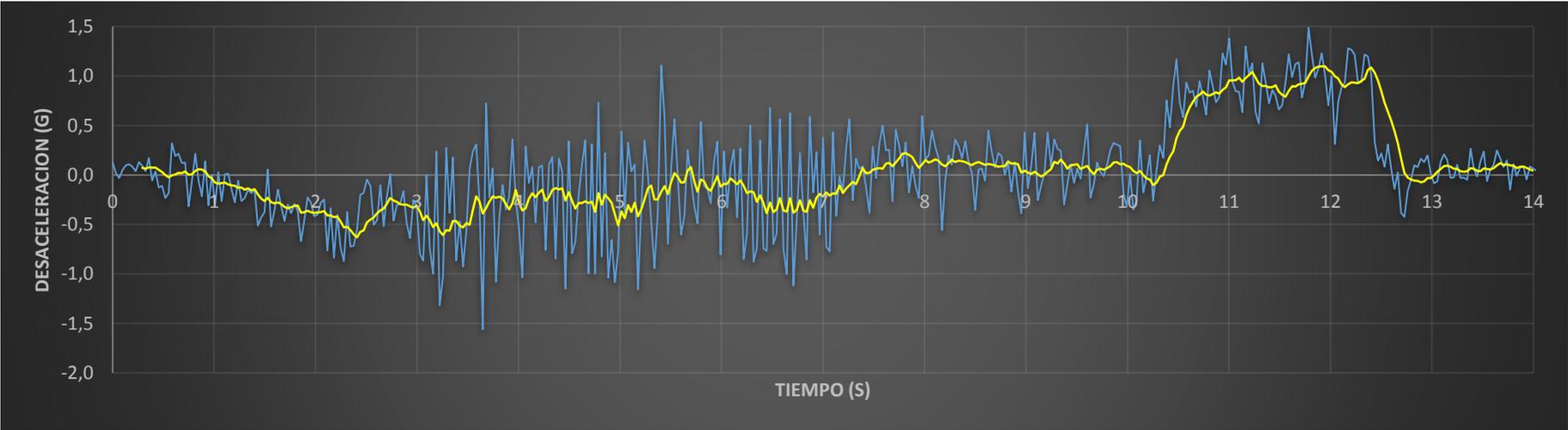
Archivo 133951



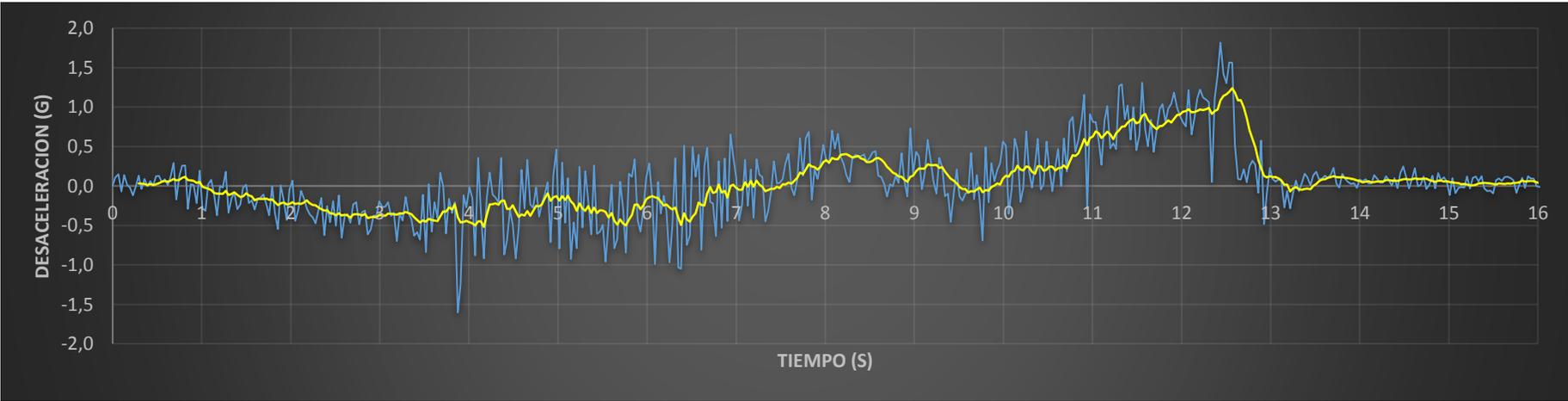
Archivo 134146



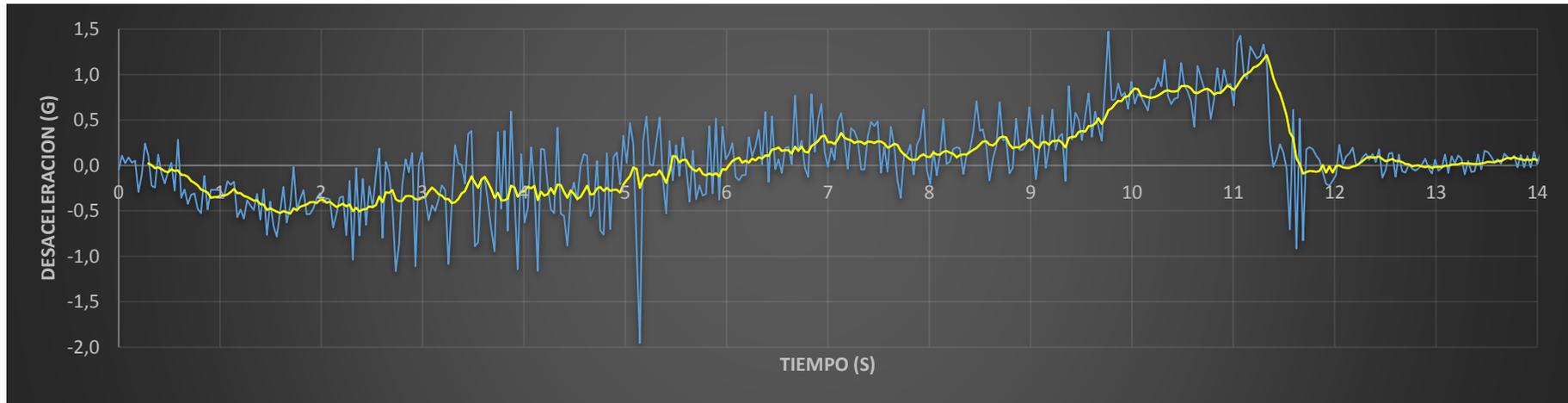
Archivo 134334



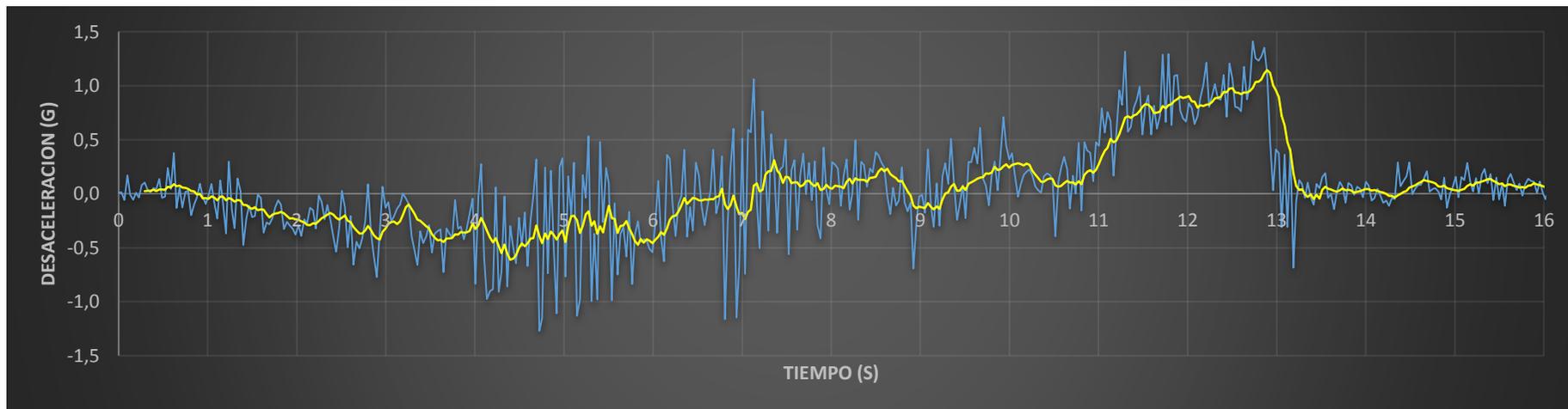
Archivo 134516



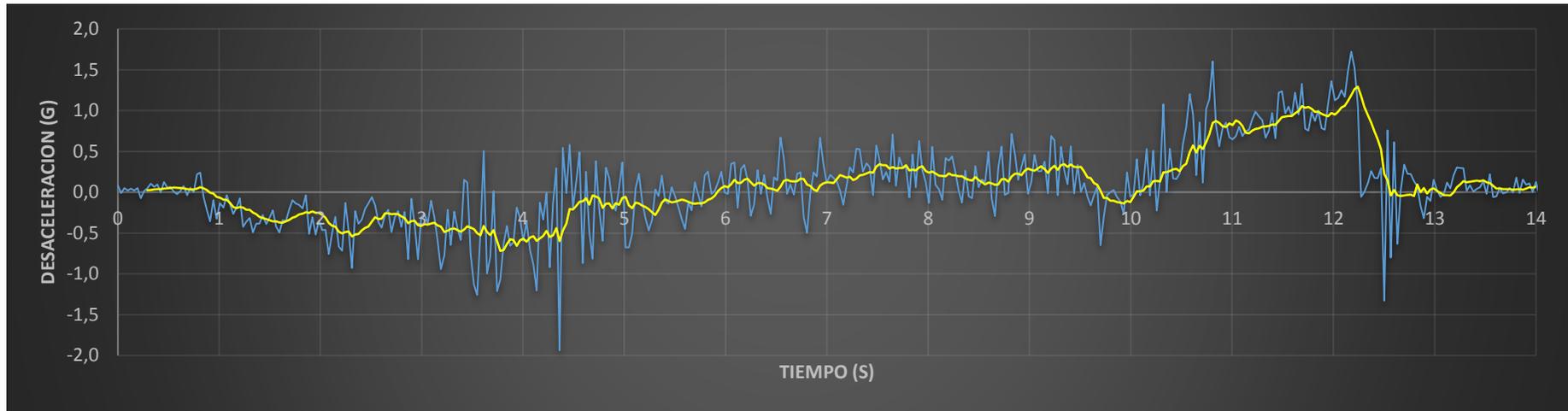
Archivo 134821



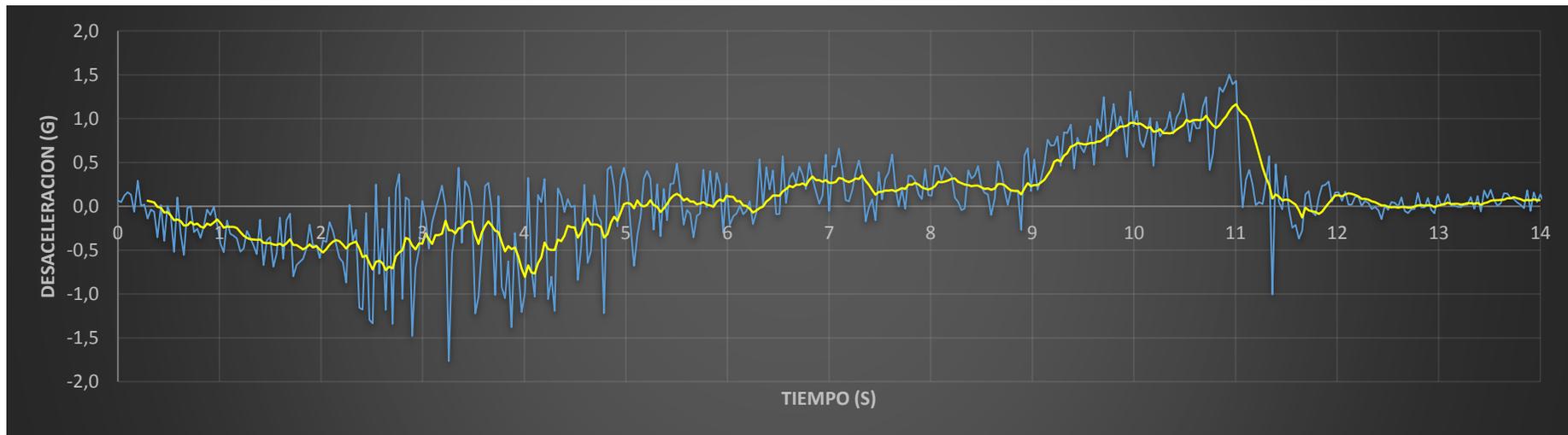
Archivo 134951



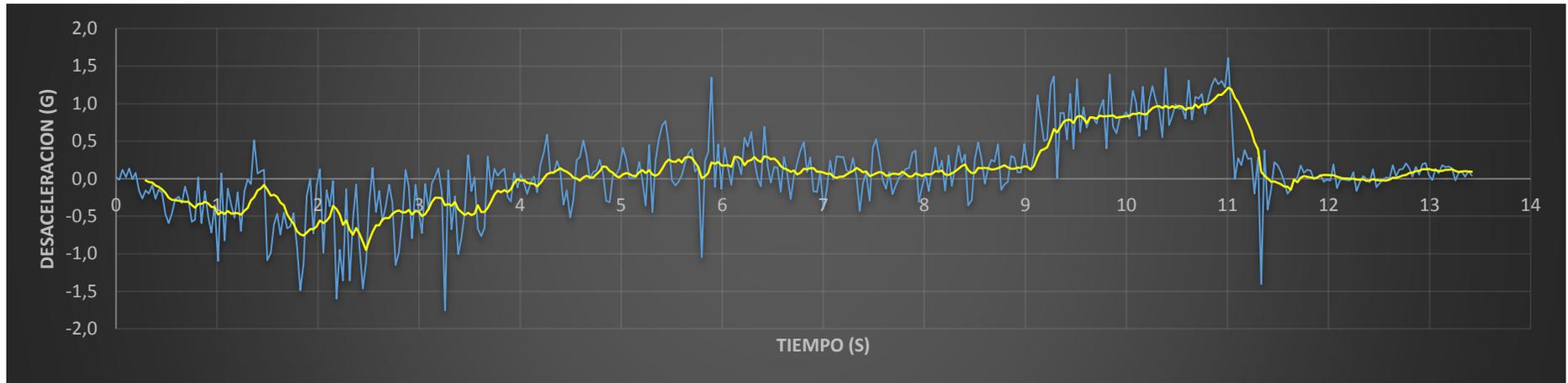
Archivo 135213



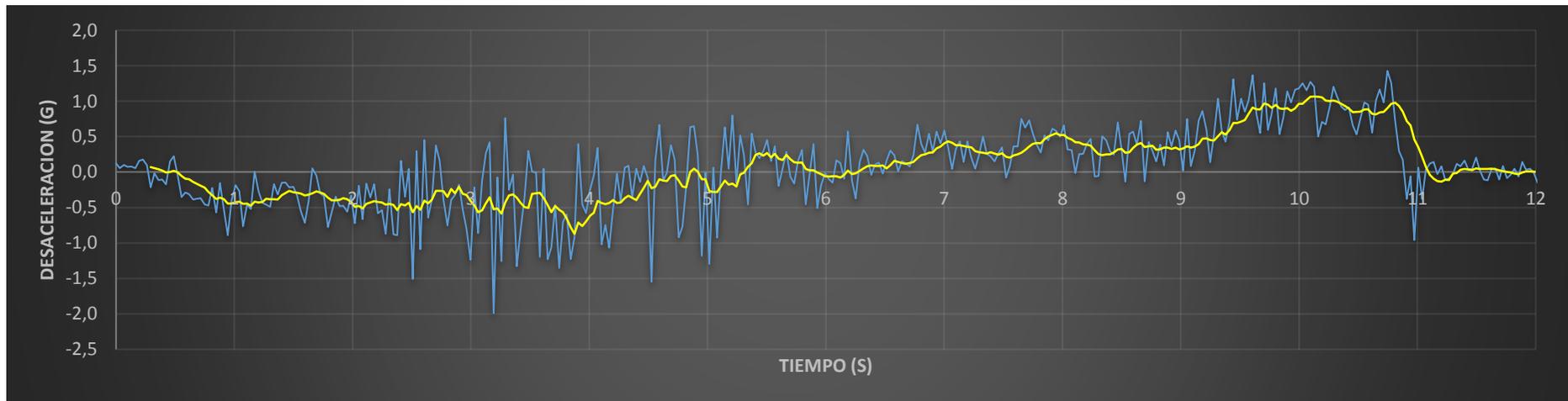
Archivo 140144



Archivo 140321



Archivo 140440



ANEXO 4.3

**CONCERNING THE COMMON DEFINITIONS OF VEHICLE CATEGORIES,
MASSES AND DIMENSIONS**

1.3.2. If there is a seat anchor for a removable seat, the removable seat is to be counted in the determination of the number of seating positions and of the pay mass. Seating position means any individual seat or any part of a bench seat intended to seat one person.

1.3.3 Until there is a future action that resolves this issue, Contracting Parties can use their own criteria to decide the number of seating positions.

1.4. "Special Purpose vehicle" means a vehicle sharing features with a vehicle of category 1 or 2 for performing a special function for which special body arrangement and/or equipment are necessary. Features shared with a category 1 or 2 vehicle shall be covered by the respective gtr.

Definition and requirements of the Special Purpose part of the vehicle will be decided by each Contracting Party where the vehicle is to be registered.

2. POWER DRIVEN VEHICLES WITH TWO OR THREE WHEELS

2.1. "Category 3 vehicle" means a power driven vehicle with 2 or 3 wheels designed and constructed for the carriage of persons and/or goods.

2.1.1. "Category 3-1 vehicle: two-wheeled moped" means a two-wheeled vehicle with an engine cylinder capacity in the case of a thermic engine not exceeding 50 cm³ and whatever the means of propulsion a maximum design speed not exceeding 50 km/h ^{1/}.

2.1.2. "Category 3-2 vehicle: three-wheeled moped" means a three-wheeled vehicle of any wheel arrangement with an engine cylinder capacity in the case of a thermic engine not exceeding 50 cm³ and whatever the means of propulsion a maximum design speed not exceeding 50 km/h.

2.1.3. "Category 3-3 vehicle: two-wheeled motorcycle" means a two-wheeled vehicle with an engine cylinder capacity in the case of a thermic engine exceeding 50 cm³ or whatever the means of propulsion a maximum design speed exceeding 50 km/h.

2.1.4. "Category 3-4 vehicle: tricycle" means a vehicle with three wheels symmetrically arranged in relation to the longitudinal median plane with an engine cylinder capacity in the case of a thermic engine exceeding 50 cm³ or whatever the means of propulsion a maximum design speed exceeding 50 km/h.

2.1.5. "Category 3-5 vehicle: motorcycle with sidecar" means a vehicle with three wheels asymmetrically arranged in relation to the longitudinal median plane with an engine cylinder capacity in the case of a thermic engine exceeding 50 cm³ or whatever the means of propulsion a maximum design speed exceeding 50 km/h.

3. TRAILERS (INCLUDING SEMI-TRAILERS) To be developed.

^{1/} The European Commission has entered a study reservation on the maximum speed of category 3-1 vehicles.