

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

*Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Mecánico Automotriz*

PROYECTO TÉCNICO:

**“ANÁLISIS DE LOS CASCOS PARA MOTOCICLISTAS MEDIANTE
ENSAYOS DESTRUCTIVOS PARA LA VERIFICACIÓN DEL
CUMPLIMIENTO DE LA HOMOLOGACIÓN QUE SE COMERCIALIZAN
EN LA CIUDAD DE CUENCA”**

AUTORES:

NELSON PATRICIO LEMA GUALLPA
DANNY LEONARDO MOROCHO FERNÁNDEZ

TUTOR:

ING. LAURO FERNANDO BARROS FAJARDO, MSc.

CUENCA - ECUADOR

2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Nelson Patricio Lema Guallpa con documento de identificación N° 0302392147 y Danny Leonardo Morocho Fernández con documento de identificación N° 0105513063, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LOS CASCOS PARA MOTOCICLISTAS MEDIANTE ENSAYOS DESTRUCTIVOS PARA LA VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA HOMOLOGACIÓN QUE SE COMERCIALIZAN EN LA CIUDAD DE CUENCA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

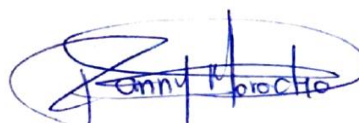
En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre del 2020



Nelson Patricio Lema Guallpa

C.I. 0302392147



Danny Leonardo Morocho Fernández

C.I. 0105513063

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LOS CASCOS PARA MOTOCICLISTAS MEDIANTE ENSAYOS DESTRUCTIVOS PARA LA VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA HOMOLOGACIÓN QUE SE COMERCIALIZAN EN LA CIUDAD DE CUENCA”**, realizado por Nelson Patricio Lema Gualpa y Danny Leonardo Morocho Fernández, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre del 2020



Ing. Lauro Fernando Barro Fajardo, MSc.

C.I. 0103653457

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Nelson Patricio Lema Guallpa con documento de identificación N° 0302392147 y Danny Leonardo Morocho Fernández con documento de identificación N° 0105513063, autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LOS CASCOS PARA MOTOCICLISTAS MEDIANTE ENSAYOS DESTRUCTIVOS PARA LA VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA HOMOLOGACIÓN QUE SE COMERCIALIZAN EN LA CIUDAD DE CUENCA”** certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, octubre del 2020



Nelson Patricio Lema Guallpa

C.I. 0302392147



Danny Leonardo Morocho Fernández

C.I. 0105513063

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida y permitirme culminar mis Estudio de Ingeniería Mecánica Automotriz, de manera especial a mis Padres Miguel Lema y Rosa Gualpa por ser los Pilares fundamentales para la Formación, de la misma manera a mis Hermanos Manuel, Jacinta, Juan, José, Segundo y Francisco que también fueron la fuente máxima en mi Educación. Por otra parte, agradezco al Ing. Lauro Barros por formar parte de este proyecto como tutor, guiándonos y apoyándonos en la ejecución del Tema propuesto. Finalmente, agradezco a todo el personal de la Carrera quienes enseñaron la parte Científica y Humana para ser buenos profesionales en el Mundo.

Nelson Patricio Lema Gualpa

Agradezco primeramente a Dios por permitirme finiquitar una meta más en mi vida, gracias a mis Papás por ser los principales promotores de mis sueños por confiar y compartir cada reto que la vida nos ha puesto, gracias por la dedicación, el amor recibido, la paciencia con la que tuvieron mis hermanos, sobrinos y familiares se ve reflejado en la tesis de grado, de igual forma reconozco al Ing. Lauro Barros por colaborar sus conocimientos y guiar el proyecto. Finalmente, gracias a la vida por otra meta cumplida de los miles que vendrán y todos mis compañeros, amigos, amigas que fueron parte importante de toda esta travesía, que hoy termina.

Danny Leonardo Morocho Fernández

DEDICATORIAS

En la presente memoria quiero dedicarle a mi Dios por darme la potencialidad necesaria con el don de Sabiduría y Conocimiento para alcanzar mis metas propuestas a largo de mi Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. También dedico a mis Padres y Hermanos, ya que sin el sustento de ellos no hubiera alcanzado mis objetivos, con su trabajo y sacrificio han realizado lo mejor para mi vida y así poder avanzar en el mundo como un gran profesional.

Nelson Patricio Lema Gualpa

El proyecto de titulación quiero dedicar a mis padres Luis Morocho y Julita Fernández por ser el motor principal en todo este recorrido de formación académica, compartiendo cada batalla demostrando su amor, a mis queridos hermanos, cuñados Cristian, Alicia, Carmita, Santiago por sus enseñanzas, el tiempo y el cariño brindado, a mis sobrinos Bryan, Ismael, Dave, Sebastián, Doménica y Damián todo esto es por ustedes, sé que la confianza, el ejemplo lo pusieron en mí, es por ello que la educación Salesiana me incentivo a desarrollar capacidades humanas, profesionales, cognitivas, como decía Don Bosco Buenos Cristianos y Honrados Ciudadanos

Danny Leonardo Morocho Fernández

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	V
DEDICATORIAS.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIII
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO.....	XV
JUSTIFICACIÓN (IMPORTANCIA Y ALCANCES).....	XV
OBJETIVOS.....	XVI
OBJETIVO GENERAL	XVI
OBJETIVOS ESPECÍFICO	XVI
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1. PARTES Y TIPOS DE CASCOS PARA MOTOCICLISTAS.	1
1.1.1. Partes de un Casco para Motocicleta.....	1
1.1.2. Tipos de Cascos.....	2
1.1.3. Materiales de Fabricación.....	4
1.1.4. Nomenclatura de Homologación	5
1.2. MARCO NORMATIVO NACIONAL.	7
1.2.1. Normativa Nacional 2669.....	7
1.2.2. Requisitos.....	7
1.2.2.1. Componentes del Casco.....	7
1.2.2.2. Protección	8
1.2.2.3. Terminaciones.....	8
1.2.2.4. Sistema de Retención.....	9
1.2.2.5. Materiales	9
1.2.2.6. Visión Periférica	10
1.2.2.7. Campos de Visión.....	10
1.2.2.8. Visor	11
1.2.2.9. Requisitos Específicos	12
1.2.3. Métodos de Ensayo	13
1.2.3.1. Tipos de Acondicionamiento	13
1.2.3.2. Absorción de Impacto	13
1.2.3.3. Resistencia del Sistema de Retención	15
1.2.3.4. Ensayo de Rigidez	16
1.2.3.5. Ensayo de Inflamabilidad	17
1.2.3.6. Ensayo de Resistencia al Descalce.....	17
1.2.3.7. Resistencia de Penetración del Visor	18
1.2.3.8. Ensayo de Penetración sobre la Coraza del Casco.	19
1.3. HOMOLOGACIONES.....	20
1.3.1. NTC 4533.....	20
1.3.1.1. Ensayo de Absorción de Impactos.....	20
1.3.1.2. Ensayo de Protuberancia y Fricción Superficial	22
1.3.1.3. Ensayo de Rigidez	23

1.3.1.4.	Ensayo Dinámico del Sistema de Retención.....	23
1.3.1.5.	Ensayo de Retención.....	24
1.3.1.6.	Ensayo de Visor.....	25
1.3.1.7.	Ensayo de Microdeslizamiento del Barbuquejo.....	25
1.3.1.8.	Ensayo para la Resistencia a la Abrasión del Barbuquejo.....	26
1.3.1.9.	Ensayos para los Sistemas de Retención que Dependen de Mecanismos de Liberación Rápida.....	27
1.3.2.	<i>ECE</i>	28
1.3.3.1.	Prueba de Absorción de Impacto.....	29
1.3.3.2.	Prueba de Proyecciones o Protuberancias y Fricción Superficial.....	29
1.3.3.3.	Prueba de Rigidez.....	29
1.3.3.4.	Prueba Dinámica del Sistema de Retención.....	29
1.3.3.5.	Prueba de Retención.....	30
1.3.3.6.	Prueba Micro deslizante para la Correa de la Barbilla.....	30
1.3.3.7.	Prueba de Resistencia a la Abrasión de la Barbilla.....	30
1.3.3.8.	Pruebas para Sistemas de Retención basados en Mecanismos de Liberación Rápida.....	30
1.3.3.9.	Prueba de Visor.....	30
1.3.3.	<i>JIS</i>	31
1.3.3.1.	Prueba de Absorción de Choque.....	31
1.3.3.2.	Prueba de Resistencia a la Penetración.....	31
1.3.3.3.	Prueba de Resistencia del Dispositivo de Retención.....	32
1.3.3.4.	Prueba de Retención.....	32
1.3.3.5.	Prueba de Visión Periférica.....	33
1.3.3.6.	Prueba de Angulo Abierto de Pantalla.....	33
1.3.3.7.	Prueba de Fuerza del Escudo.....	33
1.3.4.	<i>DOT</i>	33
1.3.4.1.	Prueba de Atenuación de Impacto.....	33
1.3.4.2.	Prueba de Penetración.....	34
1.3.4.3.	Prueba del Sistema de Retención.....	35
1.3.5.	<i>Cuadro Comparativo de Homologaciones</i>	36
1.4.	EQUIPOS PARA ENSAYOS DESTRUCTIVOS.....	36
1.4.1.	<i>Durómetro Shore</i>	36
1.4.1.1.	Componentes del durómetro Shore.....	38
1.4.1.2.	Procedimiento para Obtener la Dureza Shore.....	38
1.4.2.	<i>Máquina Metro Com Engineering para Ensayos de Compresión de 3000 KN</i>	39
1.4.3.	<i>Máquina Ensayo de Penetración del Visor</i>	40
1.4.3.1.	SENSOR FSR.....	41
1.5.	ESTADO ACTUAL DEL ECUADOR.....	42
1.5.1.	<i>Siniestralidad Vial en el Ecuador Según Datos de la Agencia Nacional de Tránsito</i>	42
1.5.2.	<i>Consecuencias de Siniestros en el Ecuador</i>	44
1.5.3.	<i>Lesiones más Comunes</i>	45
1.5.3.1.	Abrasiones en la Piel.....	45
1.5.3.2.	Fracturas en las Piernas.....	45
1.5.3.3.	Fracturas en los Brazos.....	45
1.5.3.4.	Traumatismo en el Pecho.....	46
1.5.3.5.	Traumatismo Cerebral.....	46
1.5.3.6.	Lesiones en la Médula Espinal.....	46
1.5.3.7.	Lesiones en el Cuello y Espalda.....	47
1.5.3.8.	Fracturas en la Pelvis.....	47
CAPÍTULO 2: ENSAYOS DESTRUCTIVOS.....		48
2.1.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA PARA EL ENSAYO DE VISOR.....	48
2.1.1.	<i>Materiales</i>	48
2.1.2.	<i>Proceso de Corte</i>	49
2.1.3.	<i>Proceso de Soldadura</i>	49
2.1.4.	<i>Mecanizado del Punzón, Masa de Impacto y Platina de Impacto</i>	50
2.1.5.	<i>Proceso de Pintura</i>	51
2.1.6.	<i>Ensamble de los Componentes</i>	52
2.1.7.	<i>Diseño del Circuito Electrónico</i>	52
2.1.8.	<i>Adquisición de datos mediante la tarjeta DAQ y el Sensor FSR</i>	53

2.2.	PROPIEDADES DE LOS CASCOS.....	54
2.3.	ENSAYO DE RESISTENCIA DE PENETRACIÓN AL VISOR.....	64
2.3.1.	<i>Procedimiento.....</i>	64
2.3.2.	<i>Casco 1.....</i>	65
2.3.3.	<i>Casco 2.....</i>	67
2.3.4.	<i>Casco 3.....</i>	70
2.3.5.	<i>Casco 4.....</i>	72
2.3.6.	<i>Casco 5.....</i>	75
2.4.	ENSAYO DE PRESIÓN LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL.....	78
2.4.1.	<i>Procedimiento.....</i>	78
2.4.2.	<i>Casco 1.....</i>	78
2.4.3.	<i>Casco 2.....</i>	79
2.4.4.	<i>Casco 3.....</i>	80
2.4.5.	<i>Casco 4.....</i>	81
2.4.6.	<i>Casco 5.....</i>	82
2.5.	ENSAYO DE RIGIDEZ.....	83
2.5.1.	<i>Procedimiento.....</i>	83
2.5.2.	<i>Casco 1.....</i>	84
2.5.3.	<i>Casco 2.....</i>	85
2.5.4.	<i>Casco 3.....</i>	86
2.5.5.	<i>Casco 4.....</i>	87
2.5.6.	<i>Casco 5.....</i>	88
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		90
3.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS CASCO 1.....	90
3.1.1.	<i>Ensayo de Resistencia de Penetración al Visor.....</i>	90
3.1.2.	<i>Ensayo de Presión Longitudinal y Transversal.....</i>	91
3.1.3.	<i>Ensayo de Rigidez.....</i>	92
3.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS CASCO 2.....	93
3.2.1.	<i>Ensayo de Resistencia de Penetración al Visor.....</i>	93
3.2.2.	<i>Ensayo de Presión Longitudinal y Transversal.....</i>	94
3.2.3.	<i>Ensayo de Rigidez.....</i>	95
3.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS CASCO 3.....	96
3.3.1.	<i>Ensayo de Resistencia de Penetración al Visor.....</i>	96
3.3.2.	<i>Ensayo de Presión Longitudinal y Transversal.....</i>	97
3.3.3.	<i>Ensayo de Rigidez.....</i>	98
3.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS CASCO 4.....	99
3.4.1.	<i>Ensayo de Resistencia de Penetración al Visor.....</i>	99
3.4.2.	<i>Ensayo de Presión Longitudinal y Transversal.....</i>	100
3.4.3.	<i>Ensayo de Rigidez.....</i>	101
3.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS CASCO 5.....	102
3.5.1.	<i>Ensayo de Resistencia de Penetración al Visor.....</i>	102
3.5.2.	<i>Ensayo de Presión Longitudinal y Transversal.....</i>	103
3.5.3.	<i>Ensayo Rigidez.....</i>	104
CONCLUSIONES.....		106
RECOMENDACIONES.....		107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		107
APÉNDICES.....		111
ANEXOS.....		114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de un Casco.....	2
Figura 2. Casco tipo Integral.....	2
Figura 3. Casco tipo Abierto.....	2
Figura 4. Semicasco.....	3
Figura 5. Casco tipo Abierto.....	3
Figura 6. Casco tipo Motocross.....	3
Figura 7. Casco de motocicleta material ESP.....	4
Figura 8. Casco de motocicleta material de Fibra.....	5
Figura 9. Casco de motocicleta material Fibra de Carbono.....	5
Figura 10. Nomenclatura de Homologación.....	6
Figura 11. Tipos de Homologación de acuerdo al modelo.....	7
Figura 12. Trazado de la Extensión Mínima de Protección.....	8
Figura 13. Horma para ensayos.....	9
Figura 14. Visión Periferia; Campo Vertical.....	10
Figura 15. Visión Periferia; Campo Horizontal.....	11
Figura 16. Ángulo de Apertura del Visor.....	11
Figura 17. Equipo de ensayo de absorción de impactos.....	14
Figura 18. Ensayo de Absorción de impacto lateral.....	15
Figura 19. Equipo para ensayo de resistencia de retención.....	15
Figura 20. Ensayo de deformación longitudinal y transversal.....	16
Figura 21. Máquina para Ensayo de Descalce.....	17
Figura 22. Ensayo de Impacto Visor.....	18
Figura 23. Máquina para Ensayo de Penetración.....	19
Figura 24. Horma Ensamblada para Caída.....	20
Figura 25. Máquina de Ensayo para Protuberancia y Fricción Superficial Método A.....	22
Figura 26. Máquina de Ensayo para Protuberancia y Fricción Superficial Método B.....	23
Figura 27. Ejes del Casco para el Ensayo de Rigidez.....	23
Figura 28. Equipo de Ensayo Dinámico del Sistema de Retención.....	24
Figura 29. Elemento para ensayo de deslizamiento de Correa del Mentón.....	26
Figura 30. Elemento para la prueba de ensayo de retención del mentón.....	27
Figura 31. Prueba del Sistema de Retención.....	35
Figura 32. Durómetro Shore.....	37
Figura 33. Escala de dureza A y D en diferentes aplicaciones.....	37
Figura 34. Penetrador durómetro tipo D.....	38
Figura 35. Máquina de Ensayo de Compresión 3000 KN.....	40
Figura 36. Máquina de Ensayo de Penetración del Visor.....	40
Figura 37. Componentes del sensor FSR.....	41
Figura 38. Esquema de Recolección de Datos del Sensor FSR.....	41
Figura 39. Motociclista involucrado en Accidente.....	45
Figura 40. Fractura de Brazo por Caída.....	46
Figura 41. Tronzadora de Tubos DeWALT.....	49
Figura 42. Unión de la Estructura.....	49
Figura 43. Mecanizado del buje.....	50
Figura 44. Cilindrado cónico a 60°.....	50
Figura 45. Pulido de la estructura.....	51

Figura 46. Proceso de Pintado.	51
Figura 47. Sujeción del Casco de prueba sobre la estructura.....	52
Figura 48. Montaje Masa de Impacto-Eje Guía.....	52
Figura 49. Circuito para la Adquisición de Datos.....	53
Figura 50. Curva característica en función de la masa.	54
Figura 51. Montaje del Casco-Horma-Programa LabVIEW.	64
Figura 52. Zona o puntos de Impacto del Visor.....	64
Figura 53. Grafica de Resistencia al Visor Zona 1.	65
Figura 54. Grafica de Resistencia al Visor Zona 2.	66
Figura 55. Grafica de Resistencia al Visor Zona 3.	66
Figura 56. Grafica de Resistencia al Visor Zona 1.	68
Figura 57. Grafica de Resistencia al Visor Zona 2.	68
Figura 58. Grafica de Resistencia al Visor Zona 3.	69
Figura 59. Grafica de Resistencia al Visor Zona 1.	71
Figura 60. Grafica de Resistencia al Visor Zona 2.	71
Figura 61. Grafica de Resistencia al Visor Zona 3.	72
Figura 62. Grafica de Resistencia al Visor Zona 1.	73
Figura 63. Grafica de Resistencia al Visor Zona 2.	74
Figura 64. Grafica de Resistencia al Visor Zona 3.	74
Figura 65. Grafica de Resistencia al Visor Zona 1.	76
Figura 66. Grafica de Resistencia al Visor Zona 2.	76
Figura 67. Grafica de Resistencia al Visor Zona 3.	77
Figura 68. Ubicación del durómetro sobre la superficie del Casco.	78
Figura 69. Grafica Fuerza-Dureza Casco 1.....	79
Figura 70. Grafica Fuerza-Dureza Casco 2.....	80
Figura 71. Grafica Fuerza-Dureza Casco 3.....	81
Figura 72. Grafica Fuerza-Dureza Casco 4.....	82
Figura 73. Grafica Fuerza-Dureza Casco 5.....	83
Figura 74. Proceso para toma de datos del Ensayo de Rigidez.....	84
Figura 75. Grafica Fuerza-Tiempo Casco 1.....	85
Figura 76. Grafica Fuerza-Tiempo Casco 2.....	86
Figura 77. Grafica Fuerza-Tiempo Casco 3.....	87
Figura 78. Grafica Fuerza-Tiempo Casco 4.....	88
Figura 79. Grafica Fuerza-Tiempo Casco 5.....	89
Figura 80. Grafica Característica de la Prueba de Visor Casco 1.	91
Figura 81. Grafica de Presión Longitudinal-Transversal Casco 1.	92
Figura 82. Grafica de la Prueba de Rigidez Casco 1.	93
Figura 83. Grafica Característica de la Prueba de Visor Casco 2.	94
Figura 84. Grafica de Presión Longitudinal-Transversal Casco 2.	95
Figura 85. Grafica de la Prueba de Rigidez Casco 2.	96
Figura 86. Grafica Característica de la Prueba de Visor Casco 3.	97
Figura 87. Grafica de Presión Longitudinal-Transversal Casco 3.	98
Figura 88. Grafica de la Prueba de Rigidez Casco 3.	99
Figura 89. Grafica Característica de la Prueba de Visor Casco 4.	100
Figura 90. Grafica de Presión Longitudinal-Transversal Casco 4.	101
Figura 91. Grafica de la Prueba de Rigidez Casco 4.	102
Figura 92. Grafica Característica de la Prueba de Visor Casco 5.	103
Figura 93. Grafica de Presión Longitudinal-Transversal Casco 5.	104

Figura 94. Grafica de la Prueba de Rigidez Casco 5.	105
---	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Países de Homologación.	6
Tabla 2. Trazado de la extensión mínima de protección.	8
Tabla 3. Velocidad del Impactador.	14
Tabla 4. Dimensiones en milímetros de las hormas.	24
Tabla 5. Características del Punzón.	25
Tabla 6. Propiedades de las Hormas para los Ensayos Destructivos.	29
Tabla 7. Rangos de prueba de absorción de choque.	31
Tabla 8. Datos Característicos del Punzante de Penetración.	32
Tabla 9. Pesos para el Conjunto de Caída de Prueba de Atenuación de Impacto.	34
Tabla 10. Cuadro Comparativo de Ensayos de Alta Prioridad.	36
Tabla 11. Cuadro Comparativo de Ensayos de Media/Baja Prioridad.	36
Tabla 12. Valores de Dureza SHORE.	39
Tabla 13. Siniestros y Fallecidos por Motociclistas.	42
Tabla 14. Porcentual de Siniestros en el Ecuador por Motocicletas.	43
Tabla 15. Porcentaje de Personas Fallecidas por Motocicletas.	43
Tabla 16. Porcentaje de Lesionados en el Ecuador por Motocicletas.	44
Tabla 17. Descripción de los materiales.	48
Tabla 18. Materiales Electrónicos.	52
Tabla 19. Datos obtenidos por el sensor FSR.	53
Tabla 20. Propiedades de los Cascos.	55
Tabla 21. Hoja 1 de Registro para el ensayo de Visor.	65
Tabla 22. Tabulación de datos Casco 1.	66
Tabla 23. Hoja 2 de Registro para el ensayo de Visor.	67
Tabla 24. Tabulación de datos Casco 2.	69
Tabla 25. Hoja 3 de Registro para el ensayo de Visor.	70
Tabla 26. Tabulación de datos Casco 3.	72
Tabla 27. Hoja 4 de Registro para el ensayo de Visor.	72
Tabla 28. Tabulación de datos Casco 4.	74
Tabla 29. Hoja 5 de Registro para el ensayo de Visor.	75
Tabla 30. Tabulación de datos Casco 5.	77
Tabla 31. Valores de Dureza Casco 1.	78
Tabla 32. Valores de dureza Casco 2.	79
Tabla 33. Valores de dureza Casco 3.	80
Tabla 34. Valores de dureza Casco 4.	81
Tabla 35. Valores de dureza Casco 5.	82
Tabla 36. Hoja de Registro Prueba de Rigidez Casco 1.	84
Tabla 37. Hoja de Registro Prueba de Rigidez Casco 2.	85
Tabla 38. Hoja de Registro Prueba de Rigidez Casco 3.	86
Tabla 39. Hoja de Registro Prueba de Rigidez Casco 4.	87
Tabla 40. Hoja de Registro Prueba de Rigidez Casco 5.	88

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice A. Propiedades de los Cascos.	111
Apéndice B. Protocolo de Pruebas para Realizar el Ensayo de los Cascos.....	112
Apéndice C. Ficha de Control-Ensayo de Visor.	113
Apéndice D. Ficha de Control-Ensayo de Presión Longitudinal-Transversal.....	113
Apéndice E. Ficha de Control-Ensayo de Rigidez.	114

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Masas para obtener la Curva Característica del Sensor FSR.	114
Anexo 2. Prueba de Visor Casco 1.	115
Anexo 3. Prueba de Visor Casco 2.	116
Anexo 4. Prueba de Visor Casco 3.	117
Anexo 5. Prueba de Visor Casco 4.	118
Anexo 6. Prueba de Visor Casco 6.	119
Anexo 7. Prueba de Presión longitudinal y Transversal Casco 1.	120
Anexo 8. Prueba de Presión longitudinal y Transversal Casco 2.	120
Anexo 9. Prueba de Presión longitudinal y Transversal Casco 3.	121
Anexo 10. Prueba de Presión longitudinal y Transversal Casco 4.	121
Anexo 11. Prueba de Presión longitudinal y Transversal Casco 5.	122
Anexo 12. Prueba de Rigidez Casco 1.....	122
Anexo 13. Prueba de Rigidez Casco 2.....	123
Anexo 14. Prueba de Rigidez Casco 3.....	123
Anexo 15. Prueba de Rigidez Casco 4.....	124
Anexo 16. Prueba de Rigidez Casco 5.....	124

RESUMEN

El presente proyecto está enfocado al análisis de los cascos para motociclistas mediante ensayos destructivos para la verificación del cumplimiento de la homologación que se comercializan en la ciudad de Cuenca, a fin de determinar que los cascos que se expenden estén realmente certificados y sean seguros para el usuario, el proyecto tendrá tres capítulos, los cuales se detalla a continuación.

El capítulo 1 contiene la fundamentación teórica de las partes y tipos de cascos para motociclistas, de manera que se establece los materiales de fabricación y la nomenclatura respectiva para este producto. Posterior a ello, se estudiará el Marco Normativo Nacional, donde se comprende los requisitos y métodos de ensayos que están sometidos previo a su comercialización. Por otra parte, se definirá de forma breve las homologaciones tales como: DOT, ECE, JIS y NTC. Los equipos para realizar los

ensayos destructivos son utilizados acorde a la Normativa Nacional. Finalmente se realizará un estudio del estado actual del Ecuador, de acuerdo a los accidentes de tránsito ocasionado en motociclistas, de tal manera que se explique las consecuencias de los siniestros como las lesiones más comunes que les puede suceder a los que utilizan este medio de transporte.

El capítulo 2 se desarrollará el diseño y construcción de la máquina para el ensayo de visor, especificando mediadas, pesos, materiales que se detallan en el marco Normativo Nacional. Posteriormente, se analizará las propiedades de los Cascos adquiridos con el fin de contener una tabla con las especificaciones técnicas de los mismos. Seguidamente se escogió 3 pruebas, en base a la disponibilidad de máquinas se realizará los ensayos de Visor, Rigidez, Presión longitudinal y transversal, manteniendo un protocolo de pruebas para la toma de datos,

Finalmente, el capítulo 3 está dirigido para el análisis de los resultados de cada ensayo, es importante destacar el método de ensayo, los valores obtenidos y las condiciones finales del casco con la finalidad de verificar el cumplimiento de la homologación del casco para motociclista que se comercializa en la ciudad de Cuenca.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Cuenca durante los últimos años debido al congestionamiento vehicular, las personas han buscado medios de movilización alterna, de tal forma que existe un alto número de motociclistas, debido a esta causa la comercialización de los elementos de seguridad como son “Cascos Homologados”, las consecuencias de los siniestros no son favorables para el usuario. Sin embargo, el producto mencionado para la venta en nuestro medio pretende cumplir las exigencias de la Normativa.

Para ello, el análisis está enfocado en realizar ensayos destructivos con cascos homologados, por lo que en Ecuador no existe una entidad encargada para certificar los cascos de motociclistas. Según estudios realizados en Normativas Internacionales se detallan varios ensayos que se realizan a los cascos previo a su comercialización. La selección de los cascos para las pruebas destructivas, fueron elegidos por la media de las tallas descritas en la Normativa Nacional y de diferente marca, la misma que se examinó la mayoría de locales comerciales que venden este producto.

La Normativa Nacional especifica la prueba de presión longitudinal-transversal sobre la coraza, el ensayo de resistencia de penetración al visor y la prueba de Rigidez, de manera que estos ensayos serán realizados en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana.

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

En el Ecuador en el año 2018 de acuerdo a los datos de la Agencia Nacional de Tránsito, se suscitaron 25530 siniestros, de los cuales los accidentes por motocicletas es 26.05% (*ANT*, 2018). En la ciudad de Cuenca para este mismo año se tuvieron 528 siniestros, donde se registró 68 por motocicletas(*CTE*, 2018), de estos accidentes las consecuencias han sido significativas en base a contusiones y fracturas de miembros contra otro vehículo, por caída al momento de deslizarse por el suelo o salir proyectados por el aire (*Ortiz*, 2018), de acuerdo a lo descrito una de los principales heridas graves es la lesión cerebral, de tal forma que el único elemento exigido por la ley es el casco, sin embargo, se desconoce si en el Ecuador estos elementos de protección están homologados. Aunque cuenta con sello de homologación no se sabe si esta cumple o no, considerando que al ingresar al País únicamente se requiere la especificación del fabricante, por lo tanto, se desconoce si los cascos están o no adaptados para las condiciones reales en el Ecuador.

JUSTIFICACIÓN (IMPORTANCIA Y ALCANCES)

En el presente proyecto de investigación, se pretende minimizar el 26.05% de las consecuencias por siniestros, las heridas tanto graves como leves y el número de muertes ocasionados por motocicletas, a fin de generar un aporte social más consciente, de tal manera que el estado pueda ahorrar las pérdidas económicas por muertes. Comercializar cascos realmente homologados, permitirá que las consecuencias de los accidentes puedan ser reducidas al utilizarse productos de mejor calidad, siendo de esta manera un pilar fundamental de seguridad para quienes utilizan este medio de transporte. Por último, contribuiremos al desarrollo de los objetivos del pacto vial, impulsando a mejorar las temáticas de control en los productos para motocicleta.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Analizar los cascos para motociclistas mediante ensayos destructivos para la verificación del cumplimiento de la homologación que se comercializan en la ciudad de Cuenca.

OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Establecer el marco normativo nacional mediante una investigación bibliográfica determinando la información requerida en este proyecto.
- Realizar los ensayos destructivos mediante un diseño experimental para la verificación de cumplimiento de la homologación descrita en el casco.
- Analizar los resultados de los ensayos realizados mediante el desarrollo de gráficas y cuadros estadísticos para la validación de la certificación de los cascos comercializados en el Ecuador.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Partes y Tipos de Cascos para Motociclistas.

Como es de conocimiento es un elemento único exigido por la ley en el Ecuador. Por lo tanto, este producto debe contar con los componentes necesarios para dotar la seguridad necesaria a todos los usuarios quienes usamos este medio de transporte. (INEN, 2013)

1.1.1. Partes de un Casco para Motocicleta.

Carcasa. Es la parte exterior del casco resistente y pulido, de manera que disperse la fuerza del impacto antes que llegue a la cabeza en caso de una colisión.

Protección Maxilar. Es una parte que cubre la parte baja de la cara.

Relleno de Protección. Es un elemento acolchado y elástico capaz de atenuar y absorber el choque.

Visor. Es un elemento que protege la vista y que cubre una parte de la cara.

Relleno de Confort. Es un componente blando que se ajusta y mantiene cómoda la cabeza del usuario durante el uso.

Protector Nuca. Es un elemento que protege y evita lesiones a la nuca.

Sistema de Retención. Es un mecanismo que conserva el casco en la cabeza en caso de una colisión.

Correa de Sujeción. Es un elemento sirve para sujetar el casco en la cabeza y que van a la barbilla y cuello del usuario.

Visera. Es una parte del casco que se prolonga por arriba de los ojos.

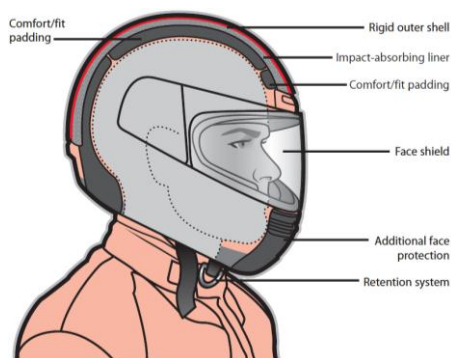


Figura 1. Partes de un Casco.

Fuente: (*The Motorcycle Helmet Parts, s. f.*)

1.1.2. Tipos de Cascos.

En la actualidad en el Ecuador existen varios tipos de cascos que se comercializan y que ofrecen diferentes niveles de protección. Los tipos más generales son:

Cascos Integrales. Este tipo de casco dota de seguridad facial y contra impactos. Una característica relevante es que posee una barra extendida hacia afuera sobre el mentón y la parte de la mandíbula. También cuenta con una abertura por arriba de la mandíbula para mejorar la visibilidad periférica y vertical. (FIA, 2006)



Figura 2. Casco tipo Integral.

Fuente: (*Cascos Integrales, 2017*)

Cascos Abiertos. Este tipo de casco posee la seguridad normal contra impactos con su carcasa resistiva, y protegen de manera limitada la barbilla y mandíbula. (FIA, 2006)



Figura 3. Casco tipo Abierto.

Fuente: (*Casco Abierto, s. f.*)

Semicascos. Estos cascos portan la seguridad necesaria para la cabeza mediante el armazón exterior resistente, sin embargo, no protege el mentón y rara vez tienen la visera y las orejeras fijadas al sistema de retención. (FIA, 2006)



Figura 4. Semicasco.
Fuente: (AVAE, 2014)

Cascos Modulares. Este tipo de casco posee una característica especial, ya que se puede alzar la parte que cubre el rostro, debido a que este se conforma de dos elementos. (AVAE, 2014)



Figura 5. Casco tipo Abierto.
Fuente: (CASCO MODULAR, s. f.)

Cascos de Motocross. Este tipo de casco tiene un boceto diferente de las anteriores, estos cascos poseen orificios para la ventilación, una visera larga para la protección de la luz solar y además de la mentonera extendida.



Figura 6. Casco tipo Motocross.
Fuente: (AVAE, 2014)

1.1.3. Materiales de Fabricación

La fabricación del Casco es un proceso dificultoso ya que engloba al diseño, material, seguridad y confort. El Casco al ser un elemento importante en la seguridad del motociclista, debe contar con materiales ligeros y resistentes ya que protegerá la cabeza de todo tipo de accidentes.

Hoy en día los Cascos para motociclistas contienen en la parte exterior (Calota) policarbonato inyectado, de tal manera que en su mayoría son construidos con materiales compuestos, a su vez son impregnados internamente en un molde a condiciones de presión-temperatura controlada y con capas superpuestas de tejidos de alta resistencia. A continuación, se detalla los tejidos empleados por los fabricantes actuales (TodoCircuito, 2019).

Poliestireno Expandido (ESP): Es conocido también como “El corcho blanco”, es un material económico que tiene la función de absorber el impacto en la parte interior del Casco.



Figura 7. Casco de motocicleta material ESP.
Fuente: (EnjoyTheRide, 2018)

Fibra de Vidrio: Ayuda a poseer una excelente relación entre peso/prestaciones/precio.

Fibra de Aramida (Kevlar): Es un material costoso, pero tiene una dureza mejor que la fibra de vidrio, la protección a impactos es demasiada alta y su relación peso/prestaciones/precio es excelente.



Figura 8. Casco de motocicleta material de Fibra.
Fuente: (EnjoyTheRide, 2018).

Fibra de carbono: Es un material compuesto, debido a la textura es costoso, también se conoce que la mezcla con kevlar (fibra de aramida utilizada con hilos resistentes a impactos) genera la fabricación de Cascos más ligeros, rígidos y con una excelente absorción de impactos (TodoCircuito, 2019).



Figura 9. Casco de motocicleta material Fibra de Carbono.
Fuente: (EnjoyTheRide, 2018).

De acuerdo a la configuración del casco, la cantidad total de capas, el ancho (de acuerdo al modelo) y la densidad del forro interno del casco con su respectiva homologación. En un Casco compuesto los tejidos están en cantidades variables dependiendo de muchos factores. Los cascos más vendidos en el mercado están compuestos con una proporción 1:1 de carbono/aramida, contienen un 50% de carbono y un 50% de aramida.

La parte del visor está fabricada por termoconformado o inyección, el material que se utiliza es el Lexan, ya que es un componente principal. El termoconformado es costoso, pero brinda un visor óptimo y de calidad (TodoCircuito, 2019).

1.1.4. Nomenclatura de Homologación

Los motociclistas no están informados de cómo saber si un Casco cuenta o no con la Homologación. En la parte posterior del Casco se encuentran letras, números y

series que nos ayudan a entender que tipo de homologación tiene el Casco. A continuación, se explicará a detalle dicha nomenclatura.

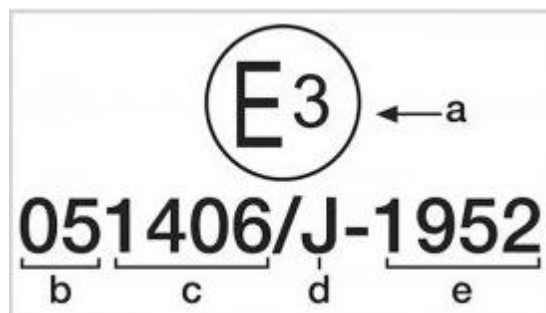


Figura 10. Nomenclatura de Homologación.
Fuente: (Motobuykers, 2018)

a: Indica el país donde se hizo la homologación. En este caso es “E” lo que significa en Europa. El número 3 nos indica el lugar donde se homologó en este caso fue en Italia. Cada país tiene su numeración como se detalla a continuación. (Motobuykers, 2018).

Tabla 1. Países de Homologación.

Número	País	Número	País
1	ALEMANIA	14	SUIZA
2	FRANCIA	15	NORUEGA
3	ITALIA	16	FINLANDIA
4	PAÍSES BAJOS	17	DINAMARCA
5	SUECIA	18	RUMANIA
6	BÉLGICA	19	POLONIA
7	HUNGRÍA	20	PORTUGAL
8	REPUBLICA CHECA	21	RUSIA
9	ESPAÑA	22	GRECIA
10	YUGOSLAVIA	23	IRLANDA
11	REINO UNIDO	24	CROACIA
12	AUSTRIA	25	ESLOVENIA
13	LUXEMBURGO	26	ESLOVAQUIA

b: Los dos primeros números corresponden a la revisión de la norma vigente y que se cumpla.

c: Nos indica el número con que se ha homologado el casco.

d: Indica la seguridad del casco y el nivel de seguridad dependiendo el modelo. Tenemos Integrales “P”, de tipo Modulares “P/J” y de tipo Abiertos “J”



*Figura 11. Tipos de Homologación de acuerdo al modelo.
Fuente: (Motobuykers, 2018)*

e: Indica el número de serie, con el cual puede encontrar los datos de las pruebas que se realizaron en el casco.

1.2. Marco Normativo Nacional.

1.2.1. Normativa Nacional 2669.

En el estado ecuatoriano, la INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) propuso la normativa 2669 “CASCOS DE PROTECCIÓN PARA EL USO DE MOTOCICLISTAS”, la cual está dirigida para todos los motociclistas y pasajeros. En la normativa se detalla requisitos y métodos de ensayos que deben cumplir los cascos para su comercialización en el Ecuador.

1.2.2. Requisitos

1.2.2.1. Componentes del Casco

El casco debe contener una carcasa protectora que pueda absorber todo tipo de impacto. Además, el casco debe llevar un protector de nuca, un protector auxiliar no desmontable, un protector de visión y una protección completa de las orejas. Si el casco lleva visera no debe estar montado sobre el casco, si no que la visera debe ser desmontable y a su vez no altere las especificaciones del fabricante. En caso de que el casco sea abierto, el borde interior no debe impedir el uso de anteojos. (INEN, 2013)

1.2.2.2. Protección

El casco debe proteger todos los puntos que están encima del plano AA' (figura 12) y en la parte inferior de los puntos CDEF. En la parte posterior del casco las partes rígidas no deben invadir el interior de este. El casco puede disponer lugares de ventilación, el mecanismo de fabricación del casco debe ser capaz de no desprender fácilmente ninguna parte al momento de sufrir algún impacto. (INEN, 2013)

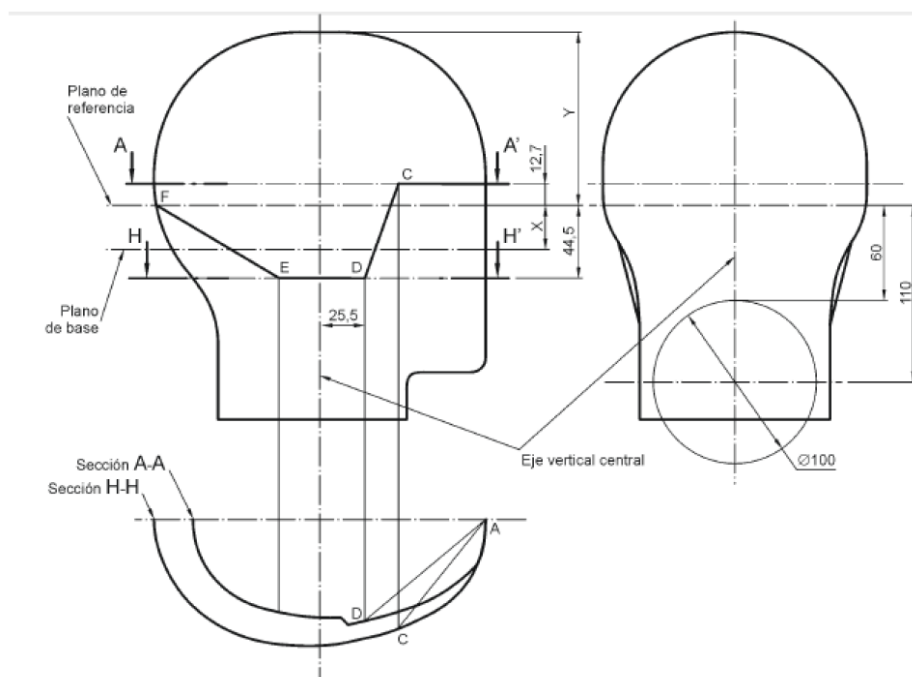


Figura 12. Trazado de la Extensión Mínima de Protección.

Fuente: (INEN, 2013)

Tabla 2. Trazado de la extensión mínima de protección.

Horma	Talla	X	Y	AC	AD
A	50	24	90	80	88
C	52	25	93	82	90
E	54	26	96	84	92
G	56	27	99	86	94
J	57	27.5	102.5	87	95
K	58	28	104	88	96
M	60	29	107	90	98
O	62	30	110	92	100

1.2.2.3. Terminaciones

La parte posterior del casco debe ser completamente lisa, ya que por motivos constructivos se admite perfiles salientes o protuberancias fácilmente salientes ante un

impacto tangencial. No se debe incorporar ningún tipo de adhesivos a la superficie del casco y ningún tipo de marca realizada con pintura. (INEN, 2013)

1.2.2.4. Sistema de Retención

Todos estos elementos deben estar protegidos contra la abrasión. Debe incluir una correa de sujeción, con un ancho mínimo de 20 mm y debe soportar una carga mínima de 147 N. Los sistemas de retención y el mecanismo de regulación deben estar ubicados de tal forma que ninguno de ellos descienda más de 126 mm por debajo la línea de referencia de la horma de ensayo como se indica en la figura 13.

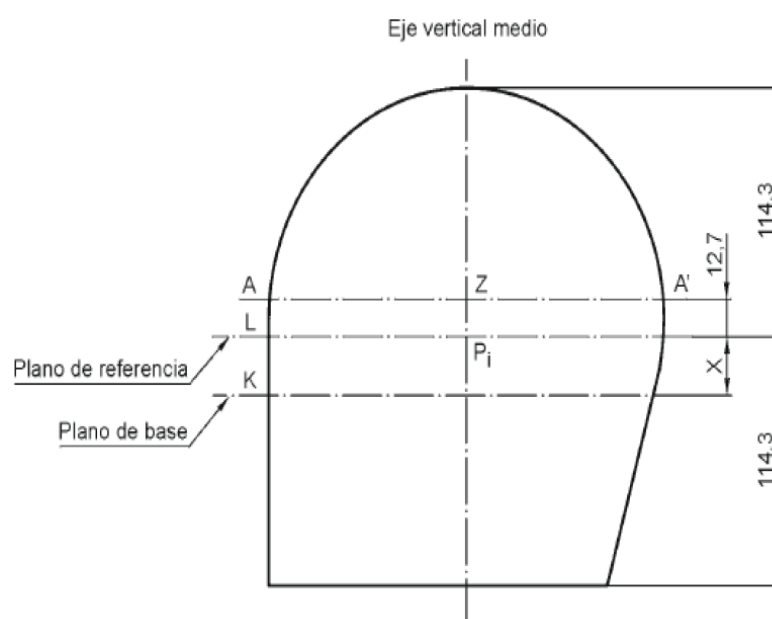


Figura 13. Horma para ensayos.

Fuente: (INEN, 2013)

1.2.2.5. Materiales

La Normativa Nacional, establece que los materiales constructivos para los cascos de motocicletas deben ser tales que sus características garanticen la protección necesaria a la persona sobre las diferentes condiciones como: Temperatura limite, Luz solar y lluvia. (INEN, 2013)

Los componentes que suelen estar en contacto directo con la piel tienen que ser realizadas con materiales que no cambien sus propiedades al estar en contacto con el sudor. Las materias que está compuesto el casco por ningún motivo pueden ocasionar infecciones a la piel del usuario. El grosor mínimo del visor deberá ser de 0.8 mm, y

está fabricada con el mejor material de claridad, resistente a ralladuras y sobre todo que no exista ruptura ante un impacto. Los cascos de motocicletas deberán estar contruidos con materias que sean capaces de absorber cualquier tipo de impacto, y con un peso ligero para su utilización.

1.2.2.6. Visión Periférica

La visión periférica se debe chequear en cada tamaño del casco, y que pertenezca al tipo especificado. (INEN, 2013)

1.2.2.7. Campos de Visión

En la figura 14, se ilustra los campos de visión, de modo que no deberá existir ningún tipo de obstaculización en estos campos.(INEN, 2013)

Hacia Arriba. Sobre el plano de referencia y un plano superior se debe formar un ángulo mayor o igual a 7° como se ilustra en la figura 14.

Hacia Abajo. Entre el plano base y el plano inferior se debe formar un ángulo mayor o igual a 45° teniendo en cuenta la arista K_1 y K_2 como se ilustra en la figura 14.

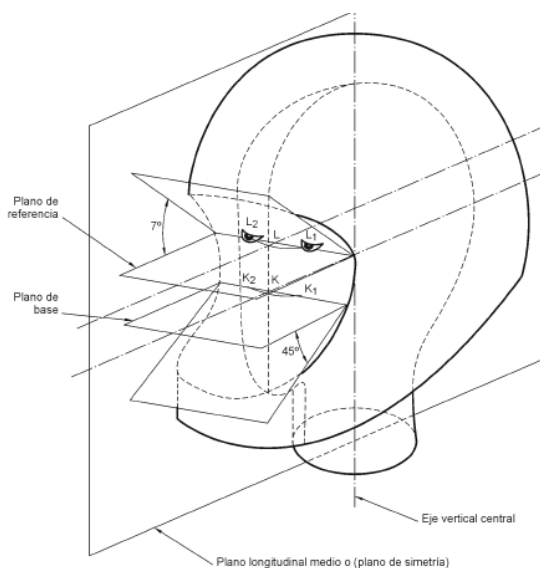


Figura 14. Visión Periferia; Campo Vertical
Fuente: (INEN, 2013)

Sentido Horizontal. Entre el plano de referencia vertical se debe formar dos diedros simétricos los cuales deber estar a un ángulo mayor o igual a 105° como se muestra en la figura 15 siendo la arista LK. (INEN, 2013)

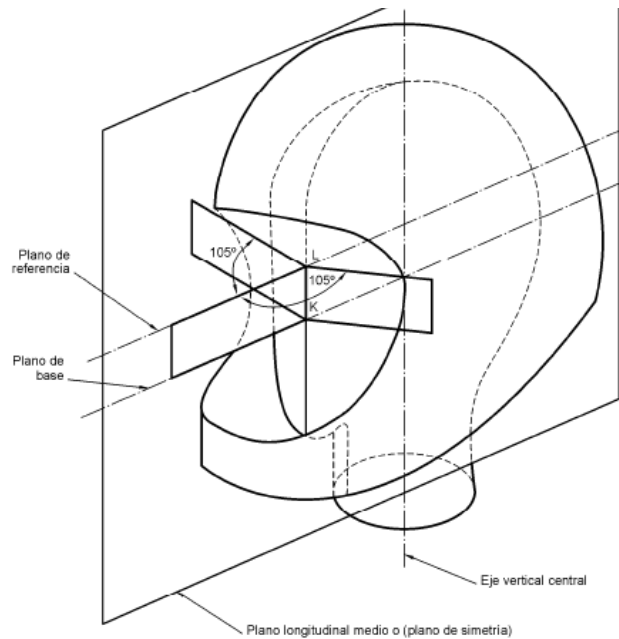


Figura 15. *Visión Periferia; Campo Horizontal*
Fuente: (INEN, 2013)

1.2.2.8. Visor

El visor debe ser movable del campo de visión con un mínimo movimiento de mano. Este no se exige para los cascos que poseen la protección del mentón. El visor debe poseer un sistema de bloqueo para el movimiento involuntario hacia arriba y abajo.

Angulo Máximo de Apertura. La posición límite de apertura del visor debe ser cuando la línea horizontal y el punto M del visor formen como mínimo 5° , según se ilustra en la figura 16. (INEN, 2013)

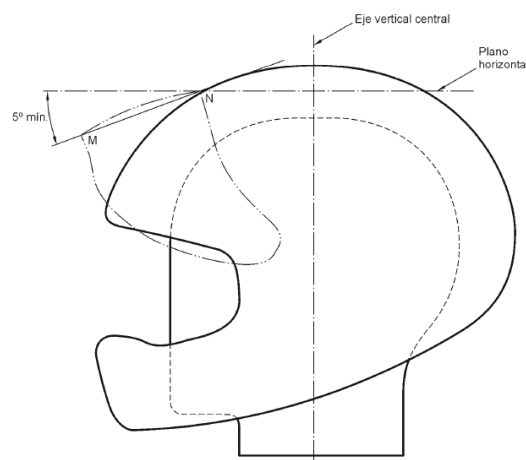


Figura 16. *Ángulo de Apertura del Visor*
Fuente: (INEN, 2013)

Campo de Visión del Visor. No existe limitación para en el campo de visión del visor. El borde inferior del visor no debe estar situado en el campo de visión hacia abajo cuando el visor está cerrado. El visor debe ser transparente, no debe estimular distorsiones de los objetos vistos a través y no deben originar ningún tipo de confusión de los colores de señalización usados en el tránsito vehicular”. (INEN, 2013)

1.2.2.9. Requisitos Específicos

Absorción de Impacto. Para estos sucesos de impacto Vertical y Lateral, se describirá de forma breve, donde el impacto vertical consta de dos partes. (INEN, 2013)

- a) ***Baja Energía.*** La fuerza máxima transferida debe ser menor o igual a 7.5 KN (Kilo-Newton).
- b) ***Alta Energía.*** La fuerza máxima transferida debe ser menor o igual a 15 KN (Kilo-Newton).

Para el caso del Impacto Lateral, debe ser menor o igual a 10 KN (Kilo-Newton).

Resistencia del Sistema de Retención. Para establecer esta prueba, se utiliza una platina de impacto, donde se mide el desplazamiento del mismo, y debe ser menor a 35 mm. El perjuicio ocasionado es admisible siempre y cuando la prueba se libere de forma regular. (INEN, 2013)

Resistencia a la Deformación Longitudinal y Transversal. Para esta prueba el casco sometido en el ensayo, no debe mostrar deformaciones superiores a nivel de forma, tales como: fisuras y grietas. (INEN, 2013)

Velocidad de Inflamabilidad. La rapidez de inflamabilidad del material constituyente de la carcasa debe ser menor o igual a 75 mm/min. (INEN, 2013)

Resistencia al Descalce. Para este ensayo, se debe medir el ángulo entre la línea de referencia y el plano de referencia debe ser menor o igual 30°. (INEN, 2013)

Resistencia a la Penetración del Visor. La prueba realizada sobre el visor no debe existir bordes anormales si este se rompe. (INEN, 2013)

1.2.3. Métodos de Ensayo

Para realizar los siguientes ensayos, el laboratorio debe estar a una temperatura ambiente de 20 a 30°C. Además, se debe seleccionar la horma del tamaño correspondiente al casco próximo a realizarse dichas pruebas.

Para la colocación de la horma en el casco se debe realizar aplicando una carga de 50N, de tal forma que el plano vertical del casco coincida con el eje vertical de la horma. En caso que el casco tenga talla de dos medidas, utilizar la media mínima de la horma.

1.2.3.1. Tipos de Acondicionamiento

Con Disolvente: se utiliza 25 ml de isooctano-tolueno 50/50, se procede a cubrir toda la superficie del casco, con una toalla de 126 mm².

A Temperatura y Humedad Ambiente: entre 4 a 6 horas, el casco se debe someter a una temperatura de $(25 \pm 5) ^\circ C$ y con una humedad relativa de $(65 \pm 5)\%$.

Al Calor: el casco debe someterse a una temperatura de $(50 \pm 2) ^\circ C$ en un tiempo de 40 min a 60 min.

A Baja Temperatura: el casco debe someterse a una temperatura de $(-10 \pm 2) ^\circ C$, en un periodo de 4 a 6 horas.

A Radiación Ultravioleta y la Humedad: la parte exterior del casco se somete a la radiación de una lampara de Xenón de tal forma que se envuelva en un cuarzo de 125 W y 126 W a una longitud de 25 cm y un periodo de 48 horas.

1.2.3.2. Absorción de Impacto

Los componentes de este equipo de pruebas se detallan en la figura 17.

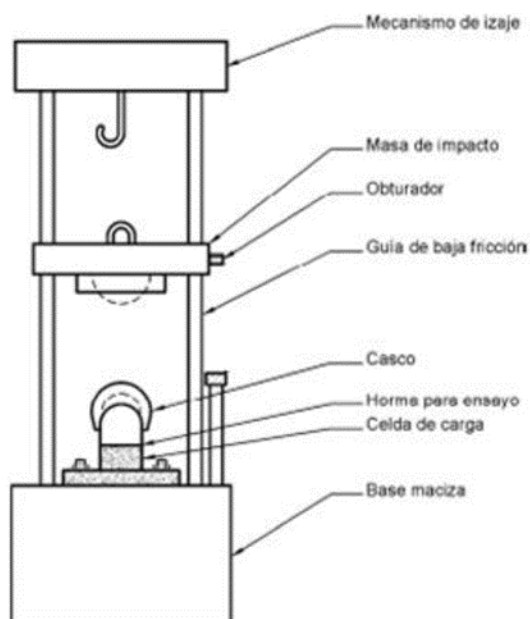


Figura 17. Equipo de ensayo de absorción de impactos
Fuente: (INEN, 2013.)

El impactador metálico tiene una masa de 4.5 kg, de tal manera que lleva una forma semiesférica de 90 mm y otras formas tanto plana como circular con una masa de 5 kg, un diámetro de 127 mm. La base maciza indeformable lleva una masa de 500kg asentada sobre una base rígida y separada de la placa de caucho.

Absorción de Impacto Lateral: Se aplica el primer impacto utilizando el impactador semiesférico, en caso que la posición del casco no sea correcta, para el segundo impacto se debe colocar en la posición correcta. En el segundo impacto se utiliza la horma plana para que el casco reciba dos tipos de impacto. La altura de caída libre esta especificada en la tabla 3.

Tabla 3. Velocidad del Impactador.

Impacto	Impactador	Velocidad de Impacto (m/s)
Vertical (baja energía)	Semiesférico	5.42
Vertical (alta energía)	Plano	7.00
Lateral	Plano	5.42

Absorción de Impacto Lateral: Para esta parte del ensayo, el impactador debe golpear el punto establecido en la figura 18 con el casco girado 90°. (INEN, 2013.)

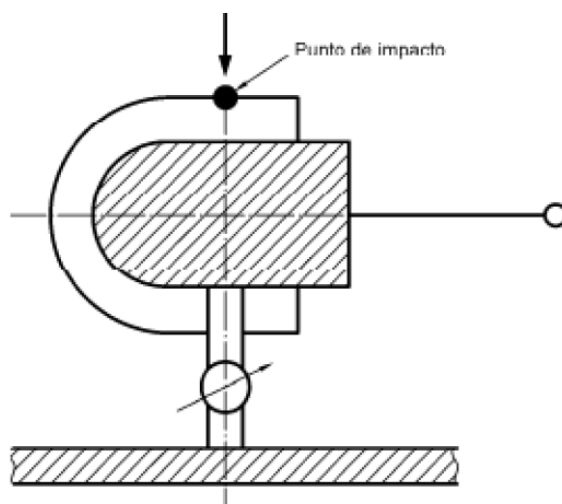


Figura 18. Ensayo de Absorción de impacto lateral
Fuente: (INEN, 2013.)

1.2.3.3. Resistencia del Sistema de Retención

El equipo a utilizarse en el siguiente ensayo está constituido de las siguientes partes como se indica en la figura 19. El soporte rígido debe apoyar la horma de ensayo con el casco, la masa de impacto es de 10 kg, de tal manera que pueda deslizarse sobre la guía sin chocar con la platina de impacto. El peso total del sistema es de 5kg.

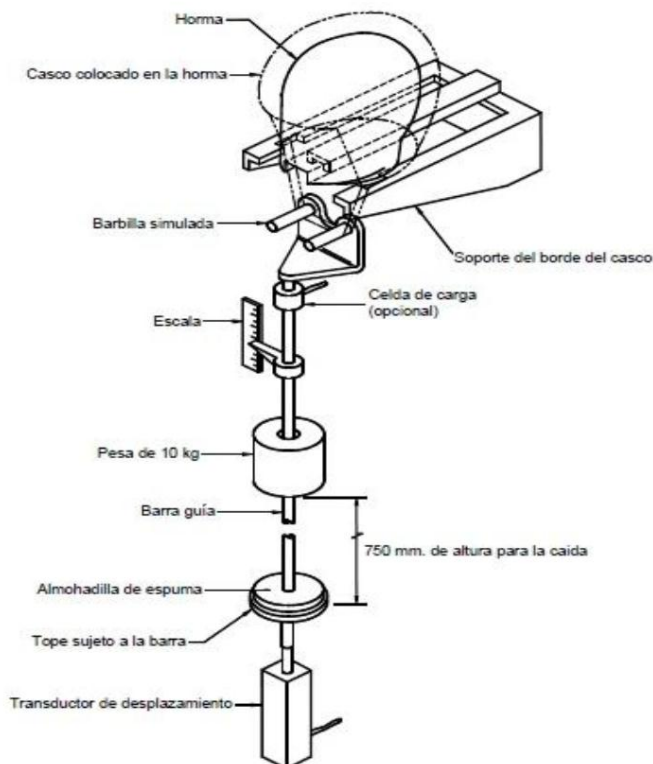


Figura 19. Equipo para ensayo de resistencia de retención.
Fuente: (INEN, 2013.)

Posteriormente, el casco es colocado junto con la horma para después ser ajustada por la máquina de ensayo, seguidamente se procede a sujetar la correa del casco por la parte posterior de los rodillos, de tal forma que soporte el peso de la barra guía y el tope. Siempre que no exista contacto entre el sistema de cierre y los rodillos.

El dispositivo es colocado en cero y se marca la posición del sistema de cierre, posterior a ello se deja caer la masa a una altura de 750 mm, medida entre la masa de impacto y la parte superior del platino de impacto.

Con la masa impactada se debe comprobar si ha sufrido desplazamiento vertical la correa de sujeción, esta distancia es de 35mm. (INEN, 2013.)

1.2.3.4. Ensayo de Rigidez

El casco es colocado entre dos placas que ejerzan carga en el plano longitudinal y transversal como se indica en la figura 20. Se aplica una carga inicial de 30 N y después de 2 min se analiza la distancia de las placas. Para la segunda prueba se aumenta a 100 N y de la misma forma se mide su distancia de desplazamiento, conforme se avanza hasta llegar a una carga de 630 N.

Seguidamente, se espera 5 min y se reduce la aplicación de la carga a 30 N para medir la distancia de las placas.

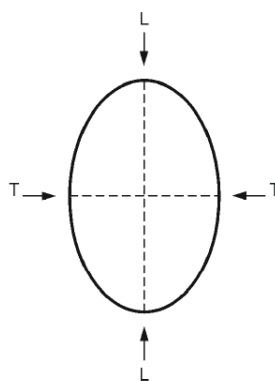


Figura 20. Ensayo de deformación longitudinal y transversal.

Fuente: (INEN, 2013.)

Para realizar la prueba de ensayo tanto longitudinal como transversal, debe utilizarse un casco nuevo en cada prueba. Después de aplicar los 30 N, la deformación no debe ser mayor a los 15 mm en comparación a la primera medición. (INEN, 2013)

1.2.3.5. Ensayo de Inflamabilidad

El presente método consiste en aplicar una llama, mediante un equipo que proporcione gas al 95% de propano con una válvula de estrangulación, un dispositivo para controlar la presión, un manómetro y un quemador tipo Bunsen (instrumento utilizado en el laboratorio para combustionar gas mediante un mechero) con una llama de 10 mm de calibre. (INEN, 2013)

Para el ensayo se debe encender el quemador y regular la presión de gas a 3.5 KPa (Kilo-Pascales). Seguidamente, se adapta la cantidad necesaria de aire a la llama dejándolo en un color azul claro con una longitud de 15 mm, de manera que no haya presencia de llama amarilla. (INEN, 2013)

A continuación, se le aplica la llama en varias partes de casco sosteniendo el quemador por un tiempo de 30s a la parte exterior o 10s para las otras partes, de tal manera que la candela forme un ángulo de 45° grados con la vertical. (INEN, 2013)

Finalmente, se retira la llama del quemador hasta que se apague el fuego por un tiempo máximo de 5 segundos. (INEN, 2013)

1.2.3.6. Ensayo de Resistencia al Descalce.

Para realizar esta prueba, se utiliza una Máquina como se ilustra en la figura 21. (INEN, 2013)

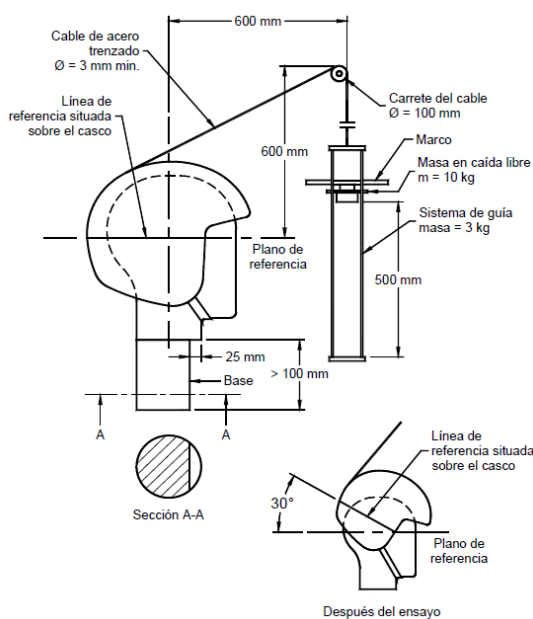


Figura 21. Máquina para Ensayo de Descalce.

Fuente: (INEN, 2013)

El elemento de caída libre debe tener una base de impacto de 3 Kg y 10 Kg para la masa de impacto.(INEN, 2013)

Procedimiento:

Para la prueba el casco debe estar debidamente colocado sobre la horma correspondiente. Seguidamente, se traza la línea de referencia sobre el casco y en la parte posterior del mismo se coloca un gancho, donde al caer la masa de impacto desde una altura verticalmente de 500 mm, simulara un movimiento de descalce formando un ángulo que sea menor o igual a 30° entre la línea de referencia y el eje vertical como se ilustra en la figura 21. (INEN, 2013)

1.2.3.7. Resistencia de Penetración del Visor

La instrumentación necesaria para realizar esta prueba se ilustra en la figura 22. (INEN, 2013)

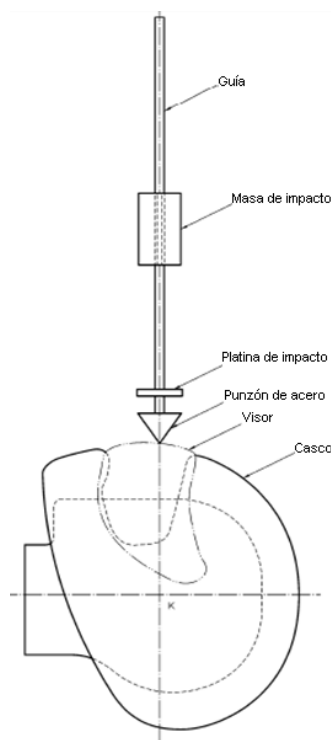


Figura 22. Ensayo de Impacto Visor.
Fuente: (INEN, 2013)

Las características necesarias de este dispositivo son: la masa del punzón debe tener una masa de 0.30 ± 0.025 Kg y con un ángulo de cónico de 60°; el radio de la punta debe ser de 0.5 mm y debe estar situada en la guía de movimiento vertical. De

la misma manera, la masa del martillo de inercia que impacta sobre la platina es de 3 ± 0.025 Kg alojado sobre la guía de movimiento vertical. (INEN, 2013)

Procedimiento:

El casco debe estar colocado eficazmente sobre la horma correspondiente, según se ilustra en la figura 22. A continuación, se debe poner en contacto con el visor el punzón y alineado con el plano vertical del casco. Posteriormente, se debe hacer caer la masa de impacto desde una altura de (1.00 ± 0.005) m, calibrada entre la cara superior del punzón y la inferior del martillo, y una vez realizado los ensayos el visor no debe presentar astillas agudas, los mismos que son considerados a un ángulo menor a 60° . (INEN, 2013)

1.2.3.8. Ensayo de Penetración sobre la Coraza del Casco.

Para realizar esta prueba se utiliza un equipo conformada por: un bloque de madera inserto de metal encima de su eje central montado sobre una base rígida, según se ilustra en la figura 23. (INEN, 2013)

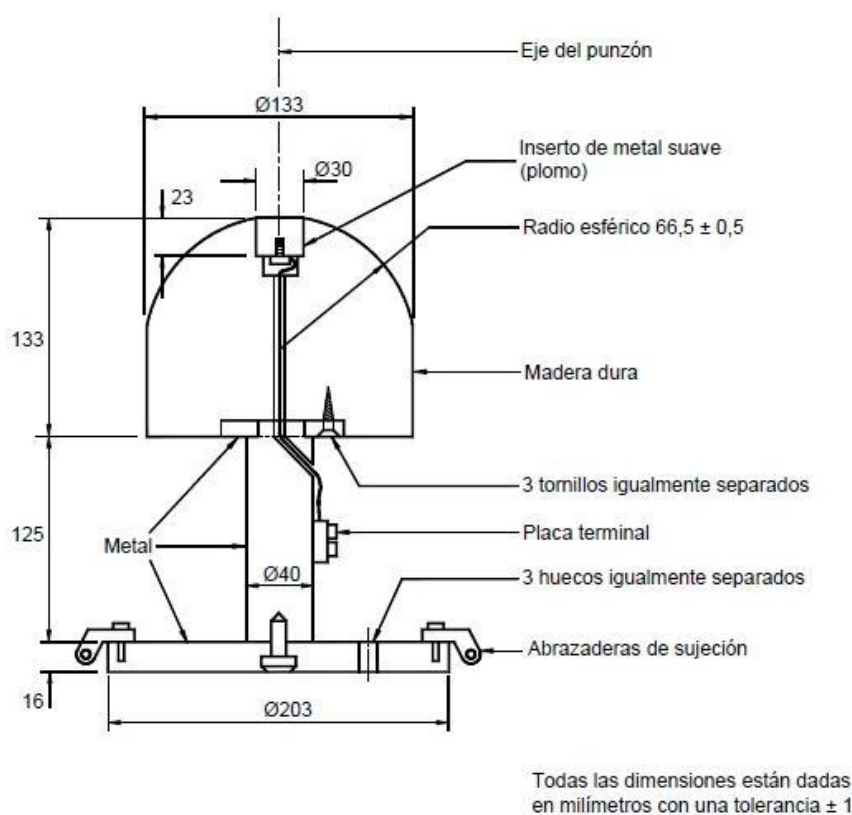


Figura 23. Máquina para Ensayo de Penetración.

Fuente: (INEN, 2013)

Procedimiento:

Sujetar el casco en el bloque de Pruebas y abrochar las correas. Seguidamente, se hace caer el punzón libremente desde una altura de $3\text{ m} \pm 5\text{ mm}$ sobre el casco en dos partes diferentes, y a una distancia de 75 mm uno del otro. (INEN, 2013)

1.3. Homologaciones

1.3.1. NTC 4533

La homologación para los Cascos para Motociclistas en el Estado de Colombiano, establece en la Normativa NTC 4533 mencionada como: CASCOS PROTECTORES Y SUS VISORES PARA CONDUCTORES Y ACOMPAÑANTES DE MOTOCICLETAS, MOTOCICLOS Y MOTOCARROS. Por lo tanto, la comercialización de estos productos, rigen el control necesario para precautelar la seguridad de los motociclistas.

1.3.1.1. Ensayo de Absorción de Impactos.

Se deja caer el casco de forma libre sobre el yunque de acero. Este ensayo mide la capacidad de absorción de impacto con respecto al tiempo y la aceleración que se imparte sobre la horma, según se indica en la figura 24.

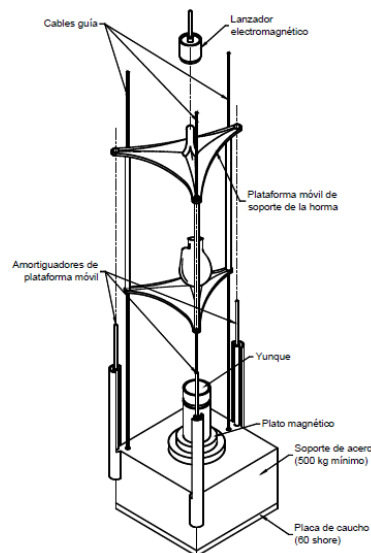


Figura 24. Horma Ensamblada para Caída.

Fuente: (Sas & Pereira, s. f.)

Puntos de Impacto, Yunques y Base. Esta prueba se debe realizar sobre los 5 puntos y áreas marcadas, previo a la sujeción respectiva de casco, según lo establecido en la Normativa Colombiana 4533.

Una vez sometido el casco para las pruebas, cada una de las zonas marcadas B, X, P, y R, el casco se desplazará hacia la parte posterior de manera que el margen frontal y entre el plano medio, haya deslizado 25mm. Por lo tanto, en la marca S el casco se moverá hacia delante, quedando un ángulo inclinado de $600 \pm 3^\circ$ entre el eje de simetría vertical y el eje central vertical. Si la marca del impacto se encuentra a 15 mm del extremo, se debe reajustar de manera que este no se impacte a menos del límite establecido.

La velocidad del impacto se mide entre 1 y 6 centímetros antes de choque igual a 7.5 m/s. Por otra parte, sobre el punto S se debe aplicar a 5.5 m/s, con una tolerancia de (+0.15 / -0.0) m/s. Sin embargo, las características del yunque de impacto plano deben ser de 130mm de diámetro con un error de +/- 3mm, y la base debe tener una masa de 500Kg.

Sistema Guía y de Movimiento. El sistema de sujeción que contiene la horma no debe interferir en la medición de la aceleración. También debe poseer un mecanismo de posicionamiento simple, para poder ubicar el casco verticalmente sobre los diferentes puntos de prueba. Por último, la velocidad de impacto no deberá ser inferior a 95% de la rapidez teórica.

Acelerómetro y Montaje de Medición. Este elemento debe soportar una aceleración máxima de $2000g^5$ sin averiarse, con una masa de 50g. El sistema de medición ensamblado para la caída debe dotar de una banda de respuesta acorde a la Normativa ISO 6487 y, la frecuencia de muestreo debe ser de 8000 Hz debidamente acondicionado.

Hormas. Para las pruebas absorción de impacto deberán ser metálicos y que la banda armónica no sea por debajo de 3000 Hz. Las propiedades idóneas para estos ensayos, se encuentran detalladas en la Normativa Colombiana 4533.

1.3.1.2. Ensayo de Protuberancia y Fricción Superficial

Para la realización de esta prueba, se debe sujetar de manera eficiente el casco con su respectiva horma, y asegurar que las guías del equipo de ensayo no interfieran en la velocidad del impacto, al momento que se deja caer el casco desde una altura tal que, su velocidad antes del choque con el yunque inclinado sea de 8.5 (-0.0 / +0.15) m/s. En la Figura 25, se ilustra el Equipo de Ensayo respectivo.

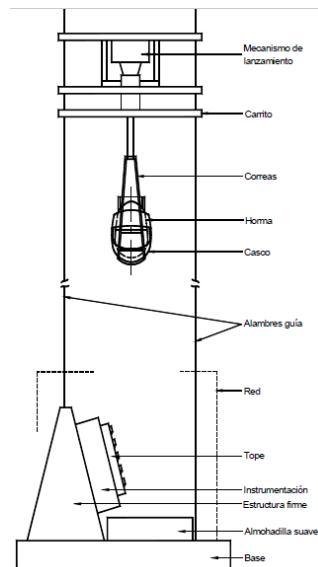


Figura 25. Máquina de Ensayo para Protuberancia y Fricción Superficial Método A.
Fuente: (Sas & Pereira, s. f.)

La inclinación del yunque debe ser de 15° y con una anchura de 200 mm, donde la fuerza pico no sobrepase de 3500 N. Por otra parte, la fuerza de rozamiento o fricción durante la caída libre del casco, se genera sobre la superficie exterior del mismo. Por último, se conoce que para la medición de fuerza se utiliza transductores con una capacidad máxima de 20 KN (Kilo-Newton).

También, existe otro método para efectuar estos ensayos para lo cual se utiliza un carro que dota de una lámina de papel abrasivo, recubierto con óxido de aluminio de grado 80 y una longitud de 300 mm, fijada firmemente al carro para restringir el deslizamiento, se aplica una carga de 400 N y se desliza sobre la pista para medir la fricción existente como se indica en la figura 26.

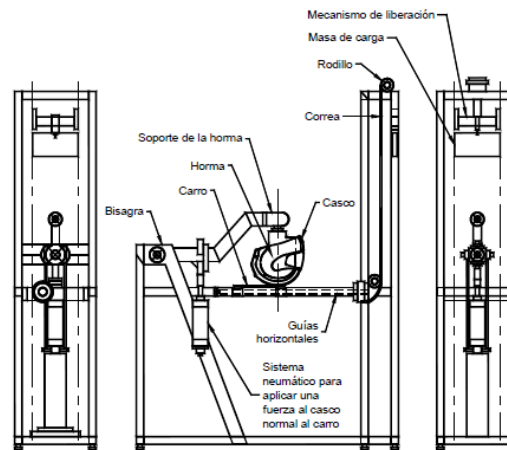


Figura 26. Máquina de Ensayo para Protuberancia y Fricción Superficial Método B.
Fuente: (Sas & Pereira, s. f.)

Por lo tanto, para la prueba de protuberancia se debe ajustar el borde de corte a 50 mm desde la protuberancia y que se genere contacto luego de liberar la masa de caída igual a 15 kg sobre una altura comprendida entre (400-500) mm que se encuentra en la parte superior del equipo de ensayo.

1.3.1.3. Ensayo de Rigidez

El procedimiento para el ensayo de rigidez, es el mismo que se detalla en el apartado 1.2.3.4. Por ende, la deformación longitudinal no deberá ser mayor a 40 mm y 15 mm para la deformación transversal.

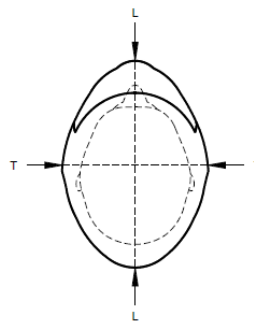


Figura 27. Ejes del Casco para el Ensayo de Rigidez.
Fuente: (Sas & Pereira, s. f.)

1.3.1.4. Ensayo Dinámico del Sistema de Retención

Para ejecutar esta prueba, se debe anclar de manera eficaz el casco con la horma de 15 Kg respectivamente, utilizando la máquina de pruebas correspondiente, según se puede observar en la Figura 28. La masa de caída libre será de 10 Kg,

prestableciendo una altura desde 750mm. Por lo tanto, durante el ensayo no debe superar los 35 mm y 25 mm después de haber liberado la fuerza.

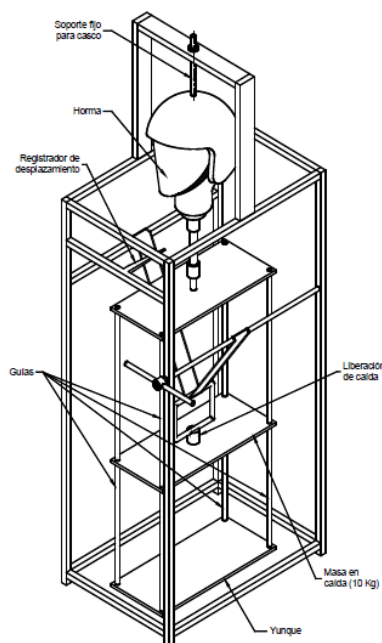


Figura 28. Equipo de Ensayo Dinámico del Sistema de Retención.
Fuente: (Sas & Pereira, s. f.)

1.3.1.5. Ensayo de Retención

Se debe acondicionar previamente el Casco a temperatura ambiente e higrometría, posterior a ello se coloca la horma seleccionada para realizar el ensayo. Las medidas de las hormas se detallan en la tabla 4.

Tabla 4. Dimensiones en milímetros de las hormas.

Horma	Tamaño	X	Y	AC	HD
A	50	24	90	80	88
C	52	25	93	82	90
E	54	26	96	84	92
G	56	27	99	86	94
J	57	27.5	102.5	87	95
K	58	28	104	88	96
M	60	29	107	90	98
O	62	30	110	92	100

El Dispositivo colocado debe garantizar que la velocidad no sea menor al 95% de la velocidad teórica. El procedimiento para esta prueba, se encuentra detallado en apartado 1.2.3.6.

1.3.1.6. Ensayo de Visor

Para poder realizar un tipo de acondicionamiento adicional ya sea un ensayo mecánico o óptico, deben ser sometidos a un acondicionamiento ultravioleta.

Característica Mecánicas: El punzón metálico se asienta sobre el visor en el plano simétrico vertical de la horma, de tal forma que su diseño lo haga detener en menos de 5 minutos.

A su vez el elemento debe contener las siguientes características:

Tabla 5. Características del Punzón.

Características	Medidas
Masa del punzón	0.3 kg \pm 10 g
Angulo del cono que forma la cabeza del punzón.	60° \pm 1°
Radio de la punta redondeada de la cabeza del punzón.	0.5 mm
Masa del martillo de caída.	3 kg \pm 25g

Se debe tomar la parte más plana del visor, de tal manera exista un área con dimensiones de 50 mm x 50 mm, el ensayo se realiza en la parte exterior del visor, no en la parte interior.

1.3.1.7. Ensayo de Microdeslizamiento del Barbuquejo.

El dispositivo contiene una base robusta plana y horizontal, lleva un peso para aplicar la carga, un rodillo horizontal libre con diámetro no inferior a 20 mm y en la misma parte del plano horizontal lleva una abrazadera con capacidad de movimiento horizontal oscilante en ángulos rectos con el eje del rodillo con una amplitud total de 50 mm \pm 5 mm, todo esto a una frecuencia de 0.5 Hz y 2 Hz (Carlos Andrés Ramírez B, 2017).

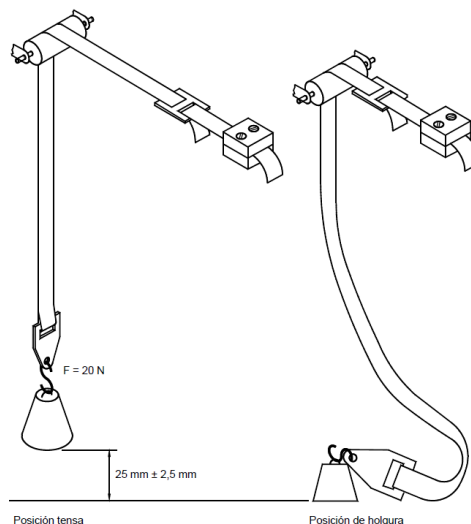


Figura 29. Elemento para ensayo de deslizamiento de Correa del Mentón.

Fuente: (Carlos Andrés Ramírez B., 2017)

Ahora se toma una muestra de la correa, una longitud no más de 300 mm, debe incluir el mecanismo de tensión, ajuste y alguna correa adicional de sujeción. Fijamos el extremo superior de la correa a la palanca de sujeción oscilante y se pasa la correa por encima del rodillo.

Aseguramos el peso en la parte inferior de la correa de tal forma que el peso levante la correa con una fuerza de tensión de $20 \text{ N} \pm 1 \text{ N}$. Se debe ajustar el elemento para que cuando aplique la fuerza se encuentre en el centro de su movimiento y el peso descansa en la base. La distancia total de recorrido por parte de la agarradera no debe ser superior a las 10 mm (Carlos Andrés Ramírez B, 2017).

1.3.1.8. Ensayo para la Resistencia a la Abrasión del Barbuquejo.

Para llevar a cabo el ensayo, se empieza deslizando cada elemento por la correa de sujeción, con la ayuda de la parte rígida del sistema de retención, exceptuando en el ensayo de micro deslizamiento debido a que se desplaza menos de la mitad.

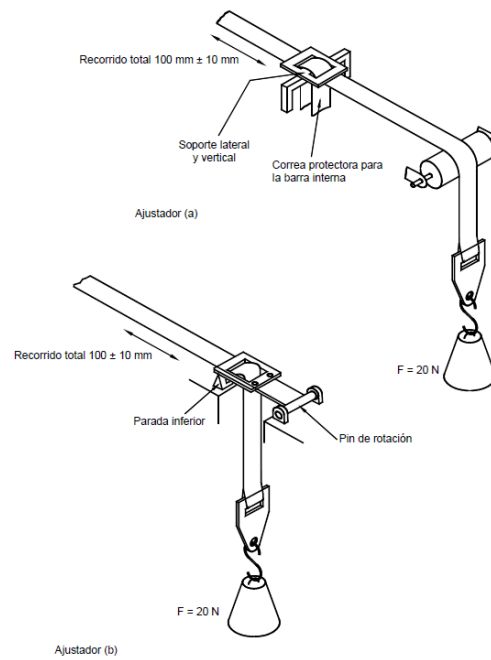


Figura 30. Elemento para la prueba de ensayo de retención del mentón.
Fuente: (Carlos Andrés Ramírez B, 2017)

El modelo del dispositivo para realizar el ensayo para la Resistencia a la Abrasión del Barbuquejo es similar al ensayo de Microdeslizamiento del Barbuquejo, lo que cambia es en la amplitud para este caso es de $100 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ y la correa pasa por la parte superior del ajustador propio u otro accesorio de correa (Carlos Andrés Ramírez B, 2017). La abrazadera debe oscilar 5000 ciclos con una frecuencia de 0.5 a 2 Hz.

La correa desgastada se coloca en una máquina de ensayos de tracción, de tal forma que no exista ruptura y tengan una longitud de $126 \text{ mm} \pm 15 \text{ mm}$ de correa, luego se procede a encender la máquina para poder estirar la correa a una velocidad de $100 \text{ mm/min} \pm 20 \text{ mm/min}$, debe soportar 3 kN de tensión sin llegar a la ruptura (Carlos Andrés Ramírez B., 2017).

1.3.1.9. Ensayos para los Sistemas de Retención que Dependen de Mecanismos de Liberación Rápida.

Liberación Involuntaria de Presión: Existe mecanismos que están diseñados para soltarse de manera involuntaria debido a una presión ocasionada, en las pruebas que se realiza al mecanismo ejerciendo una presión de $100 \text{ N} \pm 5 \text{ N}$ con una esfera de diámetro 100 mm, el sistema no debe liberarse.

Facilidad de Liberación: El casco se debe colocar como dicta el ensayo dinámico del sistema de retención, de tal manera que se aplique una fuerza estática de $126 \text{ N} \pm 5 \text{ N}$ al sistema de retención, posterior a ello se aplica una fuerza estática adicional de $350 \text{ N} \pm 5 \text{ N}$ durante 30 segundos y luego retirarlo.

Durabilidad de los Mecanismos de Liberación Rápida: El mecanismo de liberación rápida no debe romperse, ni soltarse cuando se aplique progresivamente la fuerza de tracción de $2.0 \text{ kN} \pm 50 \text{ N}$, donde el sistema estaba construida para soportar dicha carga (Carlos Andrés Ramírez B, 2017)

1.3.2. ECE

La Normativa Española en referencia a la Homologación de Cascos para Motocicletas, está basada en el Reglamento Número 22, para lo cual es importante revisar las pruebas que se deben cumplir a fin de obtener la certificación respectiva. Sin embargo, cualquier tipo de casco será acondicionado de la siguiente manera.

Acondicionamiento con Solvente. Todo casco se acondicionará con solvente tipo B según se establece en la norma ISO 1817, utilizando una tela o algodón de 126 mm cuadrados y con un volumen de 25 ml. El tiempo de aplicación sobre la superficie exterior es de 7.5 segundos y de 12.5 segundos las zonas correspondientes a la mentonera. Manteniendo de esta manera húmeda estas superficies, de tal forma que no se debe realizar ningún otro ensayo por un tiempo de 30 minutos.

Acondicionamiento de Temperatura Ambiente y Nivel de Humedad. El casco deberá estar a temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa de $65\% \pm 5\%$, por un tiempo mínimo de 4 horas.

Acondicionamiento en Calor. El casco estará sujeto a $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 4 a 6 horas.

Acondicionamiento para Baja Temperatura. El casco estará sujeto a $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 4 a 6 horas.

Acondicionamiento con Radiación Ultravioleta y Humedad. Para acondicionar el Casco a Radiación Ultravioleta, se utiliza una bombilla de xenón con recubrimiento de cuarzo y con una potencia de 125 W por un tiempo de 48 horas, aplicando un rango

de 25 cm. Para el acondicionamiento de la humedad, se debe pulverizar con agua a una razón de 1 l/min y por un tiempo de 4 a 6 horas.

Por lo tanto, la Normativa Española preestablece los símbolos, tallas, y la masa general de las hormas a ser utilizadas para los ensayos, según se puede visualizar en la tabla 6.

Tabla 6. Propiedades de las Hormas para los Ensayos Destructivos.

Simbología	Talla [cm]	Masa [Kg]
A	50	3.1 +/- 0.10
E	54	4.1 +/- 0.12
J	57	4.7 +/- 0.14
M	60	5.6 +/- 0.16
O	62	6.1 +/- 0.18

Por ende, la certificación ECE realiza de manera regular los mismos Ensayos Destructivos estipulados en la Normativa Colombiana expedida en el año 2017, tales como:

1.3.3.1. Prueba de Absorción de Impacto.

Este ensayo resulta ser idóneo cuando la aceleración medida en el centro de gravedad de la cabeza no exceda los 275 g y el Criterio de Lesiones en la Cabeza (HIC) no sobrepase los 2400. El procedimiento para este ensayo, se encuentra detallado en apartado 1.3.1.1.

1.3.3.2. Prueba de Proyecciones o Protuberancias y Fricción Superficial.

Para realizar esta prueba, se utiliza dos métodos (A, B), los mismos que se encuentran definidos en el apartado 1.3.1.2.

1.3.3.3. Prueba de Rigidez

Para este ensayo, se utiliza el mismo principio mencionado en el apartado 1.3.1.3.

1.3.3.4. Prueba Dinámica del Sistema de Retención

El procedimiento para esta prueba, se encuentra detallada en el apartado 1.3.1.4.

1.3.3.5. Prueba de Retención

El procedimiento para esta prueba, se encuentra detallada en el apartado 1.3.1.5.

1.3.3.6. Prueba Micro deslizante para la Correa de la Barbilla

El procedimiento para esta prueba, se encuentra detallada en el apartado 1.3.1.7.

1.3.3.7. Prueba de Resistencia a la Abrasión de la Barbilla

El procedimiento para esta prueba, se encuentra detallada en el apartado 1.3.1.8.

1.3.3.8. Pruebas para Sistemas de Retención basados en Mecanismos de Liberación Rápida

El procedimiento para esta prueba, se encuentra detallada en el apartado 1.3.1.9.

1.3.3.9. Prueba de Visor

La homologación ECE-22.05, preestablece pruebas de mejora, de manera que se pueden realizar sobre el visor, utilizando los principios adecuados mencionados en el Reglamento 22, los mismo que se enumeran a continuación:

Campo de visión del visor.

- *Transmitancia Luminosa*
- *Difusión de la Luz*
- *Reconocimiento de las Señales Luminosas*
- *Transmitancia Espectral*
- *Poderes de Refractivo*
- *Empañado del Visor (opcional)*
- *Características Mecánicas*
- *Calidad Óptica y Resistencia al Rayado.*

Finalmente, se establece que la prueba de Reconocimiento de las Señales Luminosas, se puede omitir para los visores que posean una transmitancia luminosa de $\tau_v \geq 80\%$, y todas las pruebas del visor se deben realizar antes del ensayo de Abrasión. Por lo tanto, los dos Países rigen los mismos principios, herramientas e instrumentación, para la emisión de la certificación correspondiente para cada uno de las Empresas fabricantes en lo que respecta a cascos para el uso de motocicletas.

1.3.3. JIS

1.3.3.1. Prueba de Absorción de Choque

La homologación JIS, utiliza un yunque fijo de acero a una velocidad determinada, de tal forma que el casco conjuntamente con la horma recibe el impacto, esta prueba es realizada en caída libre, con unas guías y con una horma incorporada en el interior del casco.

Equipo de Prueba Principal: En esta parte se utiliza un yunque fijo colocado en la base, un dispositivo de guía puede ser un acelerómetro de 3 ejes o 1 eje. Los acelerómetros van acomodados con la horma.

Plataforma: Debe ser construida de acero, hormigón o una combinación de ambos materiales, la plataforma tendrá un peso de 500 Kg. La plataforma debe estar maciza para que no exista cambios al momento de realizar la prueba de absorción de choque.

Yunque: El yunque de acero plano circular debe tener un diámetro de 130 ± 3 mm y el yunque hemisférico de acero debe tener un radio de 50 ± 2 mm.

Dispositivo de Sujeción: hace referencia a la horma la cual no tiene efecto en las mediciones del acelerómetro, pero la velocidad de caída libre debe ser mayor al 95% de la velocidad teórica, sus dimensiones se detallan en la tabla 7.

Acelerómetro: El acelerómetro debe llevar una frecuencia de 10 a 10000 Hz con una tolerancia de ± 1 db, la frecuencia natural de 20000 Hz o más (JIS T 8133, 2015).

Tabla 7. Rangos de prueba de absorción de choque.

Modelo de la Horma	Dimensiones [cm]	
	a	b
A	18	56
E	20	60
J	22	64
M	23	69
O	24	72

1.3.3.2. Prueba de Resistencia a la Penetración.

Para esta prueba se establece una distancia de 75 mm desde un punto a otro para el impacto, si es necesario se puede utilizar hasta cuatro lugares diferentes. La horma

debe llevar una carga de 10 ± 0.5 N en la parte delantera donde se produce el impacto (JIS T 8133, 2015). El punzón de penetración contiene las siguientes características especificadas en la tabla 8.

Tabla 8. Datos Característicos del Punzante de Penetración.

Características	
Masa del Punzante	3.0 ± 0.045 kg
Ángulo del cono que forma la punta del punzón	$60 \pm 0.5^\circ$
Radio de curvatura del punzante	0.5 ± 0.1 mm
Dureza del punzante HRC	45 y mayores
Altura del cono delantero	38 ± 0.38 mm

1.3.3.3. Prueba de Resistencia del Dispositivo de Retención.

Primer Dispositivo de Retención.

El dispositivo está enfocado a los Cascos que llevan la correa en el mentón, de tal forma que se puede probar colocando el casco en la base de sujeción, la distancia medida desde el yunque hasta el centro del impacto es 76 ± 1 mm y el diámetro de 12.5 ± 0.5 mm, posterior a ello se sujeta la correa de la barbilla que consta de dos rodillos cilíndricos que giran con libertad, seguidamente se apoya la masa de la barra y el yunque.

Segundo Dispositivo de Retención.

El dispositivo está enfocado a los cascos que no tiene correa, se inicia colocando la horma en el interior del casco, a su vez se mantiene alineado con el eje vertical a través del centro de gravedad que pasa por la horma. Posterior a ello se coloca el dispositivo de alargamiento vertical al momento que se le aplica una carga y se deja caer, la masa del casco con la horma es de 15 ± 0.5 kg.

1.3.3.4. Prueba de Retención

En la prueba de retención, la distancia de centro entre la base del relé y la horma debe ser ajustable a 600 mm, la distancia desde el plano de referencia del modelo de la horma se coloca a 600 mm. La masa del elemento que desciende es de 10 ± 0.1 Kg, la masa total del dispositivo de caída, los cables de acero deben ser de 3 ± 0.1 Kg, posterior a ello el diámetro del elemento que retransmite el alambre de acero su medida es de 100 ± 5 mm, el diámetro del cable tiene que ser igual a 3 mm o mayor.

1.3.3.5. Prueba de Visión Periférica.

El procedimiento para esta prueba, se encuentra detallada en el apartado 1.2.2.6 y 1.2.2.7.

1.3.3.6. Prueba de Angulo Abierto de Pantalla.

El procedimiento para esta prueba, se encuentra detallada en el apartado 1.2.2.8.

1.3.3.7. Prueba de Fuerza del Escudo.

Para realizar esta prueba, se necesita un casco dotado con un escudo y debidamente ajustado al equipo de ensayo, de manera que la superficie del escudo quede fijada horizontalmente hacia arriba. Seguidamente, con una Bola de acero 17/16 como se define en la normativa JIS B 1261 (diámetro 36.5 ± 2 mm, masa 200 ± 5 g). Posteriormente, se deja caer desde una altura de $1000 \text{ mm} \pm 0.5\text{mm}$ hasta el centro de la superficie exterior del escudo.

1.3.4. DOT

Los ensayos que se realizan comienzan con introducir el casco una horma, posterior a ello se ejecutan pruebas de impactos, deformaciones, resistencia, de temperatura entre otras pruebas más. A continuación, se explicará cada una de los ensayos.

1.3.4.1. Prueba de Atenuación de Impacto

En el siguiente ensayo se trata de medir la aceleración distribuida en la horma que está dentro del casco, previo a realizar el ensayo se coloca una horma que debe ser apropiada y este bien firme. También, se utiliza un yunque hemisférico fijo y uno de acero plano, para que cuando la horma conjuntamente con el casco descienda en caída libre provocando una aceleración y se genere el impacto.

Cada casco debe ser impactado en cuatro lugares diferentes, es decir dos impactos seguidos en cada lugar y dos impactos con el yunque de acero plano de diámetro 12.7 cm y otro sobre el yunque de acero hemisférico de radio 4.8 cm, a su vez el soporte rígido para ambos yunques es no mayor a 136.1 kg con un espesor de 2.5 cm y una superficie mínima de 929 cm^2 (Authenticated U.S. Government Information, 2011).

El tiempo inicia a los 2 minutos para el impacto en cada uno de los cuatro lugares y se terminara a los 4 minutos luego de retirar el Casco.

Para la caída libre del casco colocado con la horma, la altura es muy importante ya que debe llegar a una velocidad de 5 m/s hasta 5.4 m/s para poder impactar sobre el yunque hemisférico, y para impactar sobre el yunque plano la velocidad esta entre 5.8 m/s y 6.2 m/s (Authenticated U.S. Government Information, 2011).

El peso del conjunto de soporte para realizar esta prueba no debe ser menor a 0.9 kg y no mayor a 1.1 kg, estos pesos son el producto del peso de la horma y el soporte de caída, en la tabla 9 se especifica de la siguiente manera:

Tabla 9. Pesos para el Conjunto de Caída de Prueba de Atenuación de Impacto.

Prueba de Tamaño de la Cabeza	Peso (Kg)
Pequeño	3.5
Medio	5
Grande	6.1

1.3.4.2. Prueba de Penetración

En esta prueba se deja caer el ariete de penetración que lleva una guía formada con su eje verticalmente sobre la parte posterior del Casco. Se le da dos golpes de penetración apartados a una distancia de 7.6 cm y en los centros donde se aplica el impacto, en esta prueba los dos golpes inician a los 2 minutos y termina a los 4 minutos después de quitar el casco (Authenticated U.S. Government Information, 2011).

Para el proceso de caída libre la normativa DOT, realiza esta prueba a una altura de $3 \pm 0.015 \text{ m}$ referenciada desde de la punta hasta la superficie de impacto del Casco.

La punta de ariete está fabricada de un acero o aleación metálica con un número de dureza Brinell hasta 55, esto ayuda a que sea de fácil retiro en caso de tener contacto con el ariete.

El peso de la base del ariete de penetración debe ser no menor a 2.95 kg, pero no mayor a 3.06 kg y la punta del ariete lleva un ángulo de $60 \pm 0.5^\circ$, la altura del cono es de $3.8 \pm 0.038 \text{ cm}$ con un radio de punta de $0.5 \pm 0.1 \text{ mm}$ y con una dureza de 60 Rockwell. (Authenticated U.S. Government Information, 2011)

1.3.4.3. Prueba del Sistema de Retención

En la prueba de retención se aplica una carga de tracción cuasi-estática en cualquier cantidad de 1.0 a 3.0 cm/min incluyendo al conjunto de retención del casco completo como se indica en la figura 34 y tomando la medida del movimiento de la parte ajustable del elemento de prueba de retención.

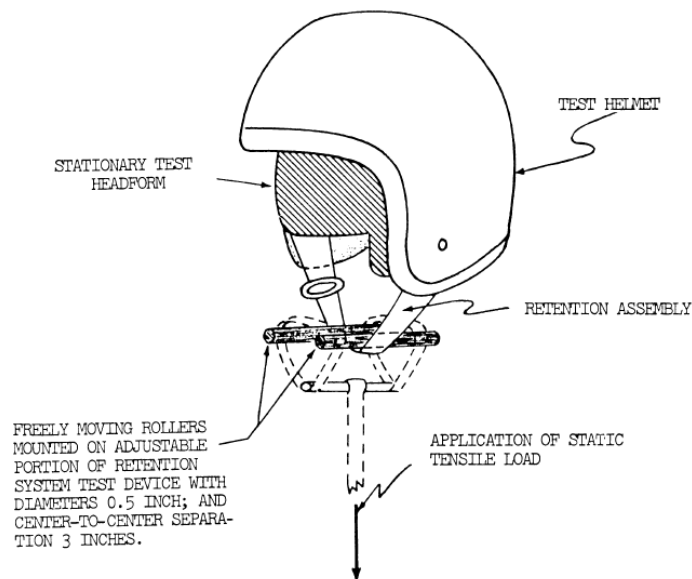


Figura 31. Prueba del Sistema de Retención.
Fuente: (Authenticated U.S. Government Information, 2011)

El elemento del ensayo del sistema de retención lleva un módulo de carga ajustable, donde se aplica una carga de tracción cuasiestática de 1.0 a 3.0 cm/min , el sistema de retención se sujeta en los rodillos que se desplazan libremente, estos rodillos tienen un diámetro de 1.3 cm y una distancia de centro a centro de 7.6 cm, a su vez están colocados sobre la carga de tracción como se indica en la figura 34. El casco debe estar bien sujeto ya que garantice que no exista ningún movimiento del mismo.

La carga de prueba preliminar al conjunto de retención es de 22.7 kg, normal al plano básico de la horma y proporcionada al centro de retención por un tiempo de 30 segundos. Finalmente se realiza una prueba de carga adicional de 113.4 kg al grupo de retención de la misma forma indicada anteriormente y en la misma ubicación durante 120 segundos (Authenticated U.S. Government Information, 2011).

1.3.5. Cuadro Comparativo de Homologaciones

En la tabla 10 y tabla 11 se ilustra la cantidad de ensayos de alta y media/baja prioridad enfocado al pacto vial, a su vez la comparación entre homologaciones de tal modo que se visualice la importancia de cada prueba.

Tabla 10. Cuadro Comparativo de Ensayos de Alta Prioridad.

Normativas para Homologación de Cascos para Motocicleta				
ENSAYOS	DOT	ECE	JIS	NTC
Ensayo de Absorción de Impactos	X	X	X	X
Ensayo de Retención (Desprendimiento)	X	X	X	X
Ensayo de Visor		X	X	X
Ensayo para la Resistencia a la Abrasión del Barbuquejo		X		X
Ensayo de Resistencia a la Penetración	X		X	
Prueba de Resistencia del Dispositivo de Retención			X	

Tabla 11. Cuadro Comparativo de Ensayos de Media/Baja Prioridad.

Normativas para Homologación de Cascos para Motocicleta				
ENSAYOS	DOT	ECE	JIS	NTC
Ensayo de Protuberancia y Fricción Superficial		X		X
Ensayo de Rigidez		X		X
Ensayo Dinámico del Sistema de Retención		X		X
Ensayo de Microdeslizamiento del Barbuquejo.		X		X
Ensayos para los Sistemas de Retención que Dependen de Mecanismos de Liberación Rápida.		X		X
Prueba de ángulo abierto del escudo			X	
Prueba fuerza de escudo			X	

1.4. Equipos para Ensayos Destructivos

1.4.1. Durómetro Shore

Para poder realizar los ensayos destructivos, en primera instancia empezaremos con el durómetro, es un equipo utilizado para la medición de la dureza en los materiales, en general existe varios tipos de durómetros debido a las diferentes texturas que se utilizan, siendo estos desde caucho, plástico hasta los aceros. Al realizar la prueba de dureza cuanto mayor sea la profundidad menor es la resistencia del material.

El dispositivo está destinado a realizar ensayos en materiales de tipo A y D, de tal forma que en el primer caso son para plásticos suaves y el segundo caso plásticos muy duros. Acorde a la norma ASTM D 2240-04, se da a conocer que existe 12 tipos de medición conocidos como durezas de tipo: A, B, C, D, DO, E, M, O, OO, OOO, OOO-S y R. (Gavinelli, 2020)



*Figura 32. Durómetro Shore.
Fuente: (Introducción al Durómetro, 2015)*

La Norma ISO 868 afirma que se debe aplicar la punta del durómetro acorde al material en específico, posterior a ello medir la profundidad de penetración.

La forma del penetrador, la fuerza con la que se ejerce y la duración al aplicar la fuerza predominan los valores del resultado. Al realizar el ensayo, la profundidad dependerá del material, las propiedades viscoelásticas, el diseño del penetrador y el tiempo que toma en realizar la prueba. En la figura 33 se detalla las escalas de dureza.(Gavinelli, 2020)



*Figura 33. Escala de dureza A y D en diferentes aplicaciones.
Fuente: (Introducción al Durómetro, 2015)*

1.4.1.1. Componentes del durómetro Shore

El durómetro Shore de tipo A como de tipo D consta de los siguientes componentes:

- **Pie de Apoyo:** contiene un orificio de $3 \pm 0.5 \text{ mm}$ de diámetro, ubicado en el centro y como mínimo a 6 mm de los exteriores del pie de apoyo.
- **Penetrador:** es construida por una barra de acero endurecido de $1.25 \pm 0.15 \text{ mm}$ de diámetro como se indica en la figura 34.

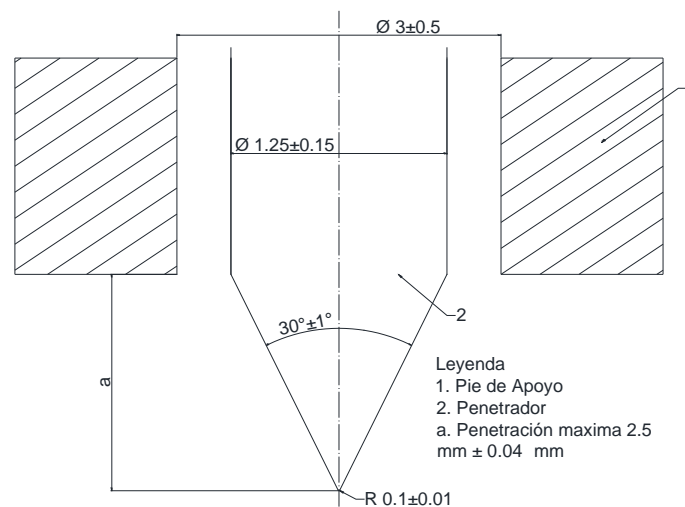


Figura 34. Penetrador durómetro tipo D.

Fuente: (Gavinelli, 2020)

- **Dispositivo Indicador:** Ayuda para la lectura del valor de la penetración de la punta, de tal manera que pueda leerse en términos de unidades que va desde 0 a 100.
- **Muelle Calibrado:** La fuerza que se aplica en el penetrador esta dado por la formula siguiente:

$$F = 445 \cdot H_D$$

Siendo:

F : fuerza aplicada en mili-Newtons.

H_D : Dureza marcada en el indicador por el durómetro tipo D.

1.4.1.2. Procedimiento para Obtener la Dureza Shore.

Se ubica el elemento a ser realizado la prueba, en un lugar duro, plano y horizontal. Posterior a ello, se coloca la punta del durómetro sobre la superficie del

elemento de manera vertical, luego se aplica la fuerza manteniendo el pie paralelo a la superficie de apoyo de manera que se pueda leer el valor de dureza. Se realiza 5 mediciones en diferentes puntos del elemento para después obtener un valor medio. A continuación, en la tabla 12 se detalla el valor de dureza de acuerdo al tipo de durómetro.

Tabla 12. Valores de Dureza SHORE.

Valor de la Dureza Según el Tipo de Durómetro					
A	B	C	D	O	OO
100	85	77	58		
95	81	70	46		
90	76	59	39		
85	71	52	33		
80	66	47	29	84	98
75	62	42	25	79	97
70	56	37	22	75	95
65	51	32	19	72	94
60	47	28	16	69	93
55	42	24	14	65	91
50	37	20	12	61	90
45	32	17	10	57	88
40	27	14	8	53	86
35	22	12	7	48	83
30	17	9	6	42	80
25	12			35	76
20	6			28	70
15				21	62
10				14	55
5				8	45

1.4.2. Máquina Metro Com Engineering para Ensayos de Compresión de 3000 KN

La máquina está equipada para realizar ensayos en materiales semi duros y duros. La capacidad de ensayo de esta máquina llega hasta 3000 KN, lo cual da la posibilidad de utilizar materiales de gran dimensión y alta resistencia. El uso del software Servo Plus Evolución da la facilidad de obtener los valores numéricos para determinar la gráfica acorde avance el ensayo.



Figura 35. Máquina de Ensayo de Compresión 3000 KN.
Fuente: Laboratorio de Ensayos Destructivos U.P.S.

1.4.3. Máquina Ensayo de Penetración del Visor.

Este equipo de pruebas destructivas posee un punzón de 0.30 Kg y con una conicidad de 60° , formando un Triángulo Equilátero, donde la punta del mismo debe tener 1 mm de diámetro, de manera que este se encuentre alojada a la guía vertical, que contiene la masa de impacto móvil, la misma que golpea sobre la platina de choque, según se indica en la figura 36.

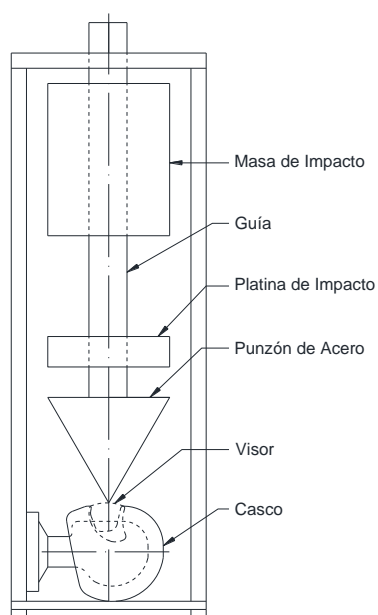


Figura 36. Máquina de Ensayo de Penetración del Visor.
Fuente: Autores.

1.4.3.1. SENSOR FSR

Es un dispositivo que puede medir la fuerza resistiva, el material del cual se constituye es de polímero (PTF), su funcionamiento se da cuando aplicamos una carga sobre cualquier zona del elemento a realizar la prueba, donde su resistencia varia conforme se aplique las cargas. El sensor no se reconoce como células de carga, aunque tenga propiedades similares (Carrión, Ochoa, & Valverde, 2017).

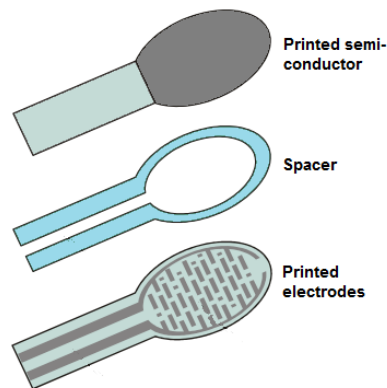


Figura 37. Componentes del sensor FSR.
Fuente: (Robotic & Microcontroller Educational, 2013).

Para realizar la toma de muestras iniciamos con el diseño del circuito, el cual es un partidor de tensión básico conformado de una resistencia de $10\text{ k}\Omega$ y una salida analógica de 0-5 V para que pueda variar de acuerdo a la fuerza que se aplique al sensor FSR. Seguidamente, estos datos serán procesados mediante la tarjeta DAQ, y finalmente se analiza las gráficas en un software de computador.



Figura 38. Esquema de Recolección de Datos del Sensor FSR.
Fuente: Autores.

1.5. Estado Actual del Ecuador

1.5.1. Siniestralidad Vial en el Ecuador Según Datos de la Agencia Nacional de Tránsito.

En el Territorio Ecuatoriano para el año 2018 de acuerdo a los datos de la Agencia Nacional de Tránsito, se han registrado 25530 siniestros, de los cuales los accidentes por motocicletas representan un porcentaje significativo de 26.05%, y como resultado de los mismos se suscitaron 531 fallecidos, lo cual representa un 24.69% cifras que generan pérdidas económicas para el Ecuador. En la tabla 13 se ilustra el porcentaje siniestros y fallecidos ocasionados por motociclistas. (ANT, 2019a)

Tabla 13. Siniestros y Fallecidos por Motociclistas.

Mes	Total de Siniestros	Siniestros por Motociclistas	Total de Fallecidos	Fallecidos por Motociclistas
Enero	2060	537	180	41
Febrero	1975	448	167	39
Marzo	2129	585	190	49
Abril	2130	575	185	52
Mayo	2077	520	182	45
Junio	2089	588	154	42
Julio	2167	574	156	34
Agosto	2119	585	219	44
Septiembre	2143	504	194	32
Octubre	2238	595	175	49
Noviembre	2054	561	152	48
Diciembre	2349	581	197	56
Total	25530	6653	2151	531
Porcentaje	100%	26,06%	100%	24,69%

Por otra parte, como es de conocimiento, según datos oficiales de la Agencia Nacional de Tránsito, para el año 2019 de Enero a Diciembre, se han registrado 26099 accidentes de tránsito, de los cuales se tiene que 4935 son los resultados de los siniestros por motocicletas, lo cual representa un porcentaje de 18.91% del total y por tipo de vehículos involucrados en los mismos. En la tabla 14 se muestra los siniestros de tránsito producidos por motocicletas, y el porcentual representativo de influencia en nuestro País. (ANT, 2019c)

Tabla 14. Porcentual de Siniestros en el Ecuador por Motocicletas

Mes	Total de Siniestros	Siniestros por motocicletas
Enero	1903	345
Febrero	1926	331
Marzo	2072	362
Abril	2003	364
Mayo	2010	399
Junio	2102	395
Julio	2095	364
Agosto	2151	438
Septiembre	2100	417
Octubre	1796	412
Noviembre	2089	407
Diciembre	3852	701
Total	26099	4935
Porcentaje	100%	18,91%

De la misma manera, en base a los diferentes tipos de vehículos involucrados en los siniestros y según la Agencia Nacional de Tránsito, se ha registrado 2175 personas fallecidas en sitio, de los cuales 563 personas han fallecido por motocicleta, lo cual representa un porcentaje de 25.89%, cifras que resultan ser tomados en cuenta para reducir estos índices negativos en nuestro Territorio Nacional. En la tabla 15, se ilustra el porcentual de personas fallecidas por motocicletas. (ANT, 2019c)

Tabla 15. Porcentaje de Personas Fallecidas por Motocicletas.

Mes	Total de Fallecidos	Fallecidos por Motociclistas
Enero	165	36
Febrero	151	39
Marzo	185	44
Abril	193	44
Mayo	175	52
Junio	173	52
Julio	149	34
Agosto	188	58
Septiembre	201	53
Octubre	141	42
Noviembre	218	54
Diciembre	236	55
Total	2175	563
Porcentaje	100%	25,89%

Seguidamente, se tiene que en el Ecuador para el año 2019, y de acuerdo a los datos oficiales de la Agencia Nacional de Tránsito, se han registrado 19999 personas lesionadas por distintos tipos de vehículos involucrados en los siniestros de Tránsito. Sin embargo, las lesiones ocasionadas por motocicletas fueron de 5167, el mismo que representa un porcentaje de 25.84% del total de los individuos afectados en el Ecuador como se detalla en la tabla 16. (ANT, 2019c)

Tabla 16. Porcentaje de Lesionados en el Ecuador por Motocicletas

Mes	Total de Lesionados	Lesionados por Motociclistas
Enero	1543	355
Febrero	1448	353
Marzo	1546	404
Abril	1596	405
Mayo	1722	456
Junio	1689	439
Julio	1687	411
Agosto	1896	501
Septiembre	1603	429
Octubre	1600	477
Noviembre	1734	445
Diciembre	1935	492
Total	19999	5167
Porcentaje	100%	25,84%

1.5.2. Consecuencias de Siniestros en el Ecuador.

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas, las lesiones causadas por el tránsito son la octava causa de fallecimiento a nivel mundial (ONU, 2018). En el año 2018 se han registrado 25530 siniestros en el Ecuador, lo cual pertenece a un 26.05% (ANT, 2018) de accidentes para motocicletas, las causas se dieron por Factores Humanos, de tal forma que sea por la imprudencia del conductor, exceso de velocidad, no respetar las señales de tránsito, embriaguez, entre otros factores (Calisto, 2015).



Figura 39. *Motociclista involucrado en Accidente*
Fuente: (Ortiz, 2018)

Movilizarse en motocicleta es un riesgo alto, debido a que puede fallecer o salir herido a consecuencia de un accidente de tránsito. Gran cantidad de personas que utilizan este medio de transporte no respetan las vías, normativas de movilidad y por ende no miden las consecuencias. Según entidades de control de tránsito las principales causas de accidentes se da por conducir desatento o distraerse por el celular, manipular otros dispositivos electrónicos e incluso maquillarse (KOQ, 2018).

1.5.3. Lesiones más Comunes.

1.5.3.1. Abrasiones en la Piel

Esta lesión se produce debido a que el motociclista tiene un golpe contra el asfalto y la piel empieza a desgarrarse. A su vez son heridas que contiene bastante sangre derramada de manera que, en algunos casos son superficiales o profundas. En caso que no exista ruptura del hueso, la cicatrización de esta lesión puede sanarse sin problemas (ElenaB, 2014).

1.5.3.2. Fracturas en las Piernas

Al conducir la motocicleta, las piernas son más propensas a sufrir colisiones, ya que está expuesta totalmente a la calzada. El fémur es bastante común fracturarse, lo que la recuperación es bastante dolorosa y llevan un periodo largo de recuperación (ElenaB, 2014).

1.5.3.3. Fracturas en los Brazos

Después de la parte inferior con las piernas, está la parte posterior con los brazos lo cual ayudan a maniobrar la motocicleta. La fractura del brazo como de la

pierna son bastante comunes, debido a que el peso de la persona es apoyada en los brazos cuando se produce un mala caída o es lanzada al momento de sufrir un choque (ElenaB, 2014).



Figura 40. Fractura de Brazo por Caída.
Fuente: (ElenaB, 2014)

1.5.3.4. Traumatismo en el Pecho

Es una de las tres causas principales de muerte, los motociclistas al circular por las carreteras están menos protegidos ante un choque, ya que los golpes van directo al cuerpo. Los golpes en el pecho pueden romperse la arteria aorta, la acumulación de líquido, fracturas al corazón de tal manera que el accidentado puede sufrir hemorragias internas (ElenaB, 2014).

1.5.3.5. Traumatismo Cerebral

Los golpes en la cabeza son lesiones que ocasionan la muerte, a una velocidad baja un golpe en cualquier parte del cráneo puede ocasionar la muerte, por lo que el casco es de suma importancia llevar puesto al circular por la carretera (ElenaB, 2014).

1.5.3.6. Lesiones en la Médula Espinal

Una de las consecuencias es quedarse paralitico o tetraplégico, este tipo de lesiones lamentablemente son muy comunes en siniestros de motocicleta, el 10% de motociclistas sufren este tipo de lesión. Muchas personas necesitan cirugía y otras quedan en silla de ruedas necesitando la ayuda de otras personas o de su familia para realizar cualquier actividad (ElenaB, 2014).

1.5.3.7. Lesiones en el Cuello y Espalda

Los motociclistas llevan un riesgo mayor en la espalda y el cuello, dependiendo la gravedad del accidente una lesión en el cuello o espalda la persona puede quedar con parálisis, ventajosamente a veces estas lesiones no indican tanta gravedad pero requieren una rehabilitación durante meses (ElenaB, 2014).

1.5.3.8. Fracturas en la Pelvis

Este tipo de fractura se da cuando el motociclista sufre un golpe con otro vehículo, ya que la pelvis con varios órganos internos y la medula espinal están muy próximos, lo que hace que sea una lesión grave (ElenaB, 2014).

CAPÍTULO 2: ENSAYOS DESTRUCTIVOS

2.1. Diseño y Construcción de la Máquina para el Ensayo de Visor

2.1.1. Materiales

Para construir la máquina de pruebas, se utilizaron materiales disponibles en nuestro medio, según se detalla en la tabla 17.

Tabla 17. Descripción de los materiales.

Cantidad	Elemento	Dimensiones
1	Acero de Transmisión 1018	2" 3/4 de diámetro y 9 cm de longitud
1	Acero de Transmisión 1018	2" 3/4 de diámetro y 4.97 cm de longitud
1	Acero de Transmisión 1018	2" 3/4 de diámetro y 1 cm de longitud
1	Perno Roscado	Diámetro de 1" HILO 9 mm y 30 cm de longitud
1	Tubo Cuadrado ASTM A-513 negro.	2" de 6 m de longitud
1	Varilla circular liso	1/2" de 126 cm de longitud
1	Lamina de Acero liso	10x10 cm ²
1	Tuerca de Acero	1/2" HILO 13mm
4	Tuercas de Acero	7/8" HILO 9 mm
4	Arandela plana de acero	1/2"
2	Arandela plana de acero	1"
4	Tornillos tripa/pato.	Diámetro de 4.6 mm y 20 mm de longitud.
4	Niveladores de Plástico Cónico	90x10 mm
1	Horma de Plástico.	Diámetro de la Horma 57 cm

2.1.2. Proceso de Corte

Para iniciar el proceso, realizamos el corte del tubo cuadrado mediante una Tronzadora DeWALT, efectuando 3 cortes a 45° , donde 2 corresponden a una longitud de 126 cm y otro de 50 cm. Seguidamente, para el soporte de la estructura se realiza 5 cortes rectos, de tal manera que 4 elementos son de 40 cm y otro de 50 cm de longitud.



Figura 41. Tronzadora de Tubos DeWALT.

Fuente: (Autores)

2.1.3. Proceso de Soldadura

Para llevar a cabo el siguiente proceso, se ubica los 3 tubos cortados a 45° sobre una superficie plana y mediante una soldadora eléctrica, a su vez con la escuadra se alinea los dos soportes formando 90° , utilizando electrodos 308L se une los 3 elementos según se ilustra en la figura 44.



Figura 42. Unión de la Estructura.

Fuente: (Autores)

En la parte superior de la estructura, se encuentra mecanizado en el centro un buje de 13 mm de diámetro, de tal manera que sirve como guía para el eje de 126 cm de longitud.



Figura 43. Mecanizado del buje.

Fuente: (Autores)

2.1.4. Mecanizado del Punzón, Masa de Impacto y Platina de Impacto.

Punzón: Se utiliza el acero de Transmisión 1018 2" 3/4 de diámetro, donde se sujeta en el torno para realizar el proceso de cilindrado cónico a 60°, de tal manera que la longitud sea 4.97 cm y una masa de 0.325 Kg como se indica en la figura 46. Seguidamente procedemos a taladrar en el centro del eje punzón para generar el roscado mediante un machuelo de 13 mm de diámetro.



Figura 44. Cilindrado cónico a 60°.

Fuente: (Autores)

Masa de Impacto: Realizar la sujeción del acero de Transmisión 1018 2" 3/4 de diámetro en el torno y procedemos a realizar el proceso de refrentado, de tal manera que tenga una longitud de 9 cm y una masa de 3.02 kg. En el centro del cilindro se

procede a mecanizar el agujero pasante de 13 mm de diámetro, la misma que sirve como guía para el desplazamiento sobre la varilla de 126 cm de longitud.

Platina de Impacto: Realizar el proceso de refrentado sobre el acero de Transmisión 1018 2" 3/4 de diámetro, de tal manera que tenga una longitud de 1 cm. Seguidamente, procedemos a mecanizar el agujero pasante de 13 mm de diámetro, el mismo que debe estar soldado sobre la varilla de 126 cm de longitud a una distancia de 2.2 cm medida desde del punzón.

2.1.5. Proceso de Pintura.

Finalmente, todos los elementos construidos procedemos a pintar, iniciaremos con la estructura, para ello con la ayuda de la amoladora se asegura que no contenga impurezas o imperfecciones de la soldadura como se indica en la figura 45. A Continuación, se utiliza una cafetera y un compresor la misma que permite conseguir un acabado excelente.



Figura 45. Pulido de la estructura.

Fuente: (Autores)



Figura 46. Proceso de Pintado.

Fuente: (Autores)

2.1.6. Ensamble de los Componentes.

Procedemos a introducir la masa de impacto sobre el eje guía de 126 cm de longitud de cierta forma estos 2 elementos queden sujetos en la parte superior de la estructura mediante una tuerca y arandela de 1/2", posterior a ello colocamos el casco de prueba sobre la horma y la placa base mediante tornillos tripa/pato. Finalmente, se enrosca el conjunto (casco-horma-placa base) hacia la estructura mediante contra tuercas como se ilustra en la figura 47.



Figura 47. Sujeción del Casco de prueba sobre la estructura.

Fuente: (Autores)



Figura 48. Montaje Masa de Impacto-Eje Guía.

Fuente: (Autores)

2.1.7. Diseño del Circuito Electrónico.

Para el diseño del circuito se necesita los componentes detallados en la tabla

18.

Tabla 18. Materiales Electrónicos.

Cantidad	Descripción
1	Sensor FSR 10 kg 5v
1	Resistencia de 4.7 k ohm
5	Cables
1	Tarjeta DAQ NI USB-622
1	Software LabVIEW
1	Protoboard 5x8 cm
1	Cable USB

El circuito que se realiza para la obtención de datos, está conformado por una resistencia de 4.7 k ohm y el sensor FSR. Estos 2 elementos forman un partidor de tensión, donde su funcionamiento inicia cuando el sensor FSR es impactado por la masa de 3.02 kg sobre la platina de impacto, haciendo que el voltaje decrezca, según se ilustra en la figura 49.

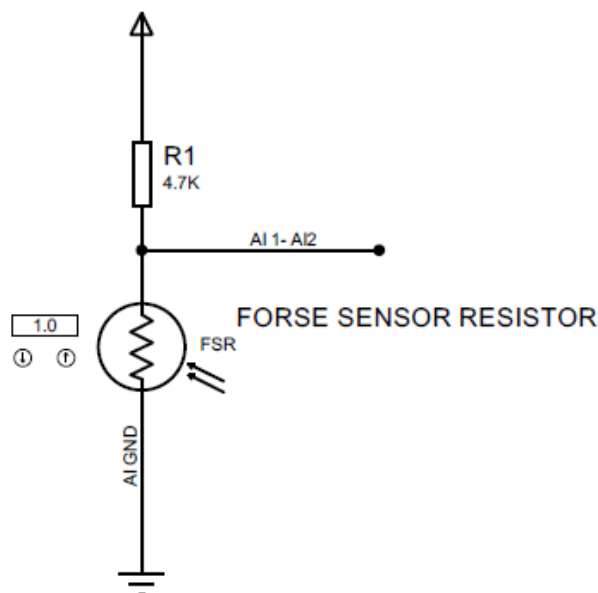


Figura 49. Circuito para la Adquisición de Datos.
Fuente: (Autores)

2.1.8. Adquisición de datos mediante la tarjeta DAQ y el Sensor FSR.

Para la obtención de datos utilizamos el software LabVIEW, la cual se basa en configurar al sensor FSR, de tal manera que se coloca diferentes masas (Anexo 1) para lograr la disminución del voltaje, ya que de esta forma se puede evaluar el comportamiento como se ilustra en la tabla 19. Por lo tanto, con los valores obtenidos se procede a determinar la curva característica de Voltaje-Masa en un rango de 1Kg a 10 Kg (Kilogramos) preestablecido por el sensor como se indica en la figura 50.

Tabla 19. Datos obtenidos por el sensor FSR.

Fuerza [N]	Masa [gr]	Voltaje [V]
10,104	1,030	1,37
24,721	2,520	1,30
25,565	2,606	0,78
29,430	3,000	0,82
39,534	4,030	0,78
49,442	5,040	0,59

54,995	5,606	0,48
59,154	6,030	0,46
73,791	7,522	0,45
74,615	7,606	0,42
78,872	8,040	0,40
89,036	9,076	0,37

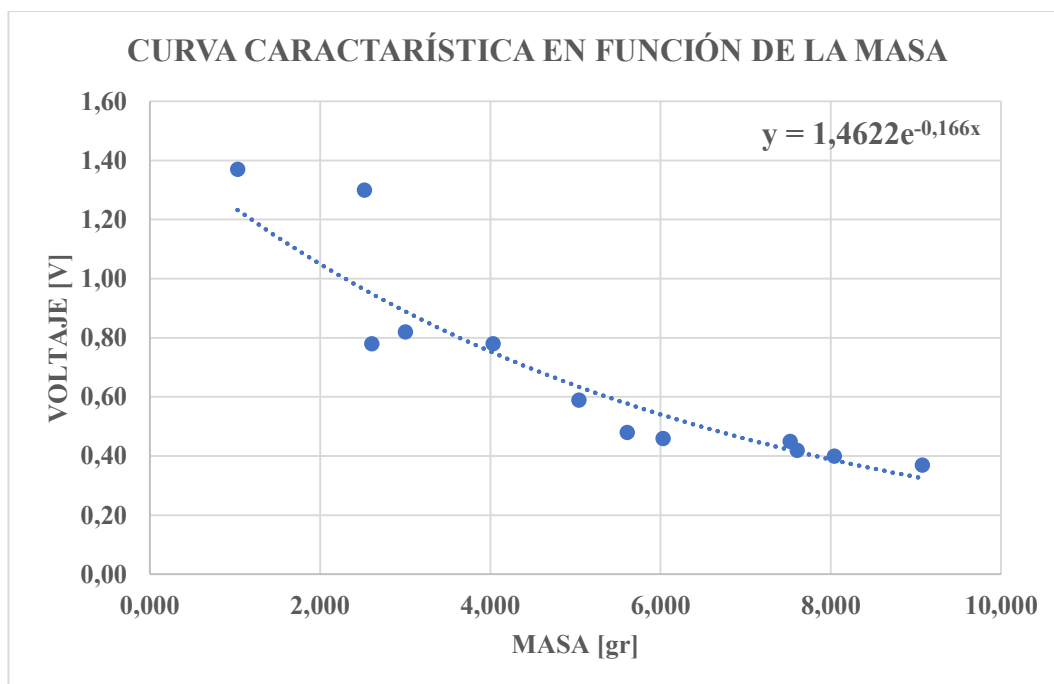


Figura 50. Curva característica en función de la masa.

Fuente: (Autores)


2.2. Propiedades de los cascos




Para llevar a cabo las pruebas destructivas, previamente se realizó la adquisición de Cascos de diferente modelo en base a la talla descrita por la Normativa Nacional, por este motivo en la tabla 20 se detalla las características físicas indicadas en el casco, a su vez que la información proporcionada permita analizar al laboratorista mediante la homologación, peso, materiales, entre otros factores.



Tabla 20. Propiedades de los Cascos.




Propiedades de los Cascos	
Casco 1	
Marca/Modelo	SAFELEAD/HF-109
Imagen	
Talla [Centímetros]	M (57-58) 
Tipo de Casco	Integral
Material de Superficie	Acrilonitrilo Butadieno Estireno, Poliestireno Expandido, Tela sin Tejer.
Peso [Gramos]	1121 
Certificación	DOT FMVSS 218 
País de Origen	China
Precio [Dólares]	16.67




Interior Desmontable	No
Ventilación	Si
	
Lugar de Compra	Coral Centro
Dirección	Av. Américas 6-118
Tipo de lugar	Supermercado
Casco 2	
Marca/Modelo	CR1/CR1 C100 DV (BLD-157)
Imagen	
Talla [Centímetros]	M (57-58)
	
Tipo de Casco	Abatible
Material de Superficie	Acrilonitrilo Butadieno Estireno, Poliestireno Expandido, Poliuretano y Policarbonato.
Peso [Gramos]	1419


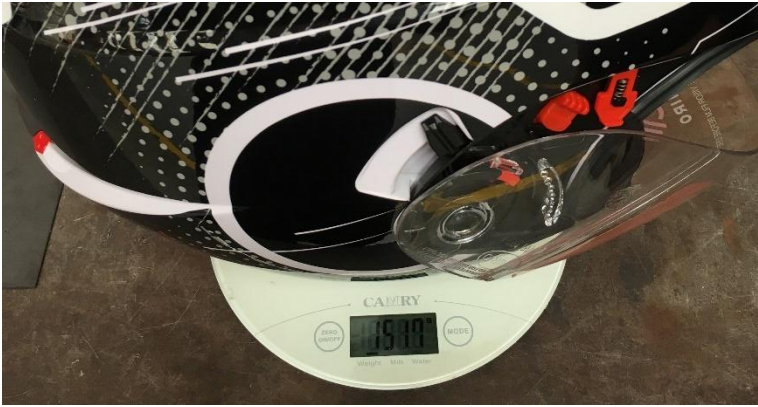
	
Certificación	<p>DOT FMVSS 218</p> 
País de Origen	<p>China</p>
Precio [Dólares]	<p>37.00</p>
Interior Desmontable	<p>Si</p> 
Ventilación	<p>Si</p> 




Lugar de Compra	MOTO REPUESTOS
Dirección	Vega Muñoz 2-22 y Manuel Vega
Tipo de lugar	Almacén
Casco 3	
Marca/Modelo	ICH/ICH 3300 DV ENS
Imagen	
Talla [Centímetros]	M (57-58) 
Tipo de Casco	Abatible
Material de Superficie	No especifica
Peso [Gramos]	1554 
Certificación	DOT FMVSS 218

	
País de Origen	Colombia
Precio [Dólares]	42.00
Interior Desmontable	No
Ventilación	Si
	
Lugar de Compra	MARCIMEX
Dirección	Gran Colombia 7-60 y Luis Cordero
Tipo de lugar	Almacén
	Casco 4
Marca/Modelo	MOXAL/3200 DV

<p>Imagen</p>	
<p>Talla [Centímetros]</p>	<p>M (57-58)</p> 
<p>Tipo de Casco</p>	<p>Abatible</p>
<p>Material de Superficie</p>	<p>Acrilonitrilo Butadieno Estireno</p>
<p>Peso [Gramos]</p>	<p>1474</p> 
<p>Certificación</p>	<p>DOT FMVSS 218</p>

	
País de Origen	China
Precio [Dólares]	55.00
	Si
Interior Desmontable	
	Si
Ventilación	
Lugar de Compra	MOTOS Y REPUESTOS
Dirección	Manuel Vega 13-53 y Vega Muñoz

Tipo de lugar	Almacén
Casco 5	
Marca/Modelo	SHIRO/SH-881 Global Blanco
Imagen	
Talla [Centímetros]	M (57-58) 
Tipo de Casco	Integral
Material de Superficie	No Especifica
Peso [Gramos]	1517 
Certificación	DOT-ECE 2205-NBR

	
País de Origen	China
Precio [Dólares]	84.00
	Si
Interior Desmontable	
	Si
Ventilación	
Lugar de Compra	YAMAHA
Dirección	Gil Ramírez Davalos 5-32 y Armenillas
Tipo de lugar	Almacén

2.3. Ensayo de Resistencia de Penetración al Visor.

2.3.1. Procedimiento

Para realizar el Ensayo de Visor se inicia introduciendo el casco en la horma, posterior a ello en la máquina de pruebas como se indica en la figura 51, de tal manera que este bien sujeto. Seguidamente se conecta la programación de LabVIEW con la tarjeta DAQ para que el sensor FSR pueda enviar los datos al computador y de esta forma describir la gráfica.

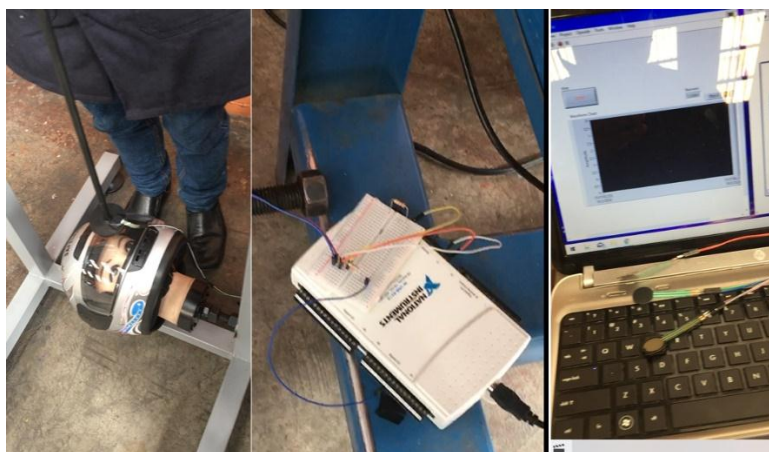


Figura 51. Montaje del Casco-Horma-Programa LabVIEW.

Fuente: (Autores)

Para la toma de muestras, se realiza en 3 puntos distintos del visor los cuales están denominados como Zona de impacto 1, 2 y 3, la cual corresponde a los puntos detallados en la figura 52.




Figura 52. Zona o puntos de Impacto del Visor.

Fuente: (Autores)

Finalmente, el procedimiento detallado en el apartado 2.1.3. se debe realizar con cada uno de los Cascos a Ensayar.

2.3.2. Casco 1

Tabla 21. Hoja 1 de Registro para el ensayo de Visor.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE PENETRACIÓN DEL VISOR						
Responsable del ensayo	Nelson Lema, Danny Morocho					
Fecha	11/02/2020	Normativa	NTE	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
<i>Casco 1</i>						
SAFELEAD	Punto de Impacto	OBSERVACIONES				
	1, 2, 3	Atraviesa el visor, presencia de Astilla menor a 60°, presenta rebote del punzón en 3 puntos durante la prueba.				
	<i>Espesor de Visor:</i> 1.80 mm	Cumple con el espesor del visor, pero el material es sensible a ralladuras.				
	<i>Ancho de Correa:</i> 17 mm	No cumple con el ancho de la correa.				

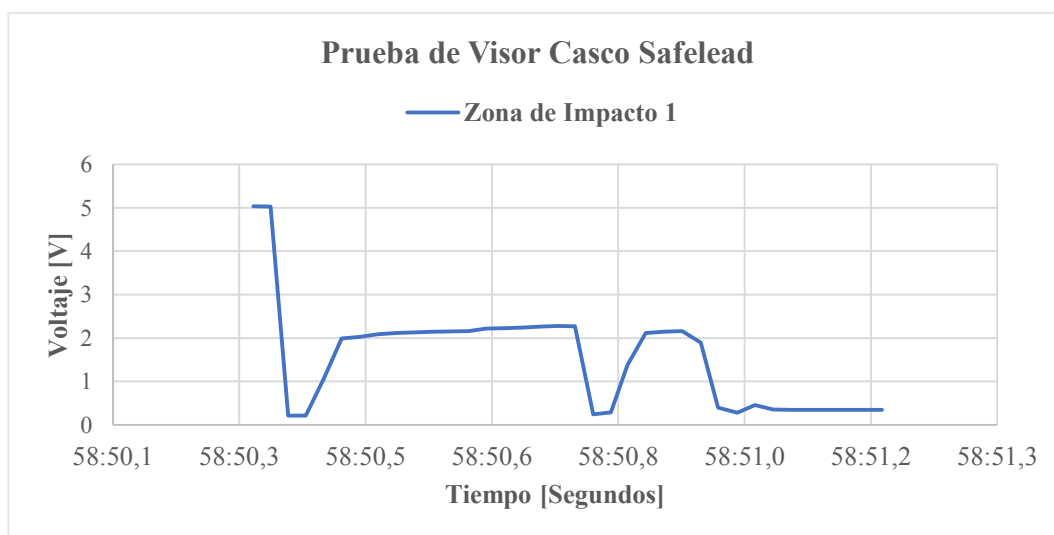


Figura 53. Grafica de Resistencia al Visor Zona 1.
Fuente: (Autores)

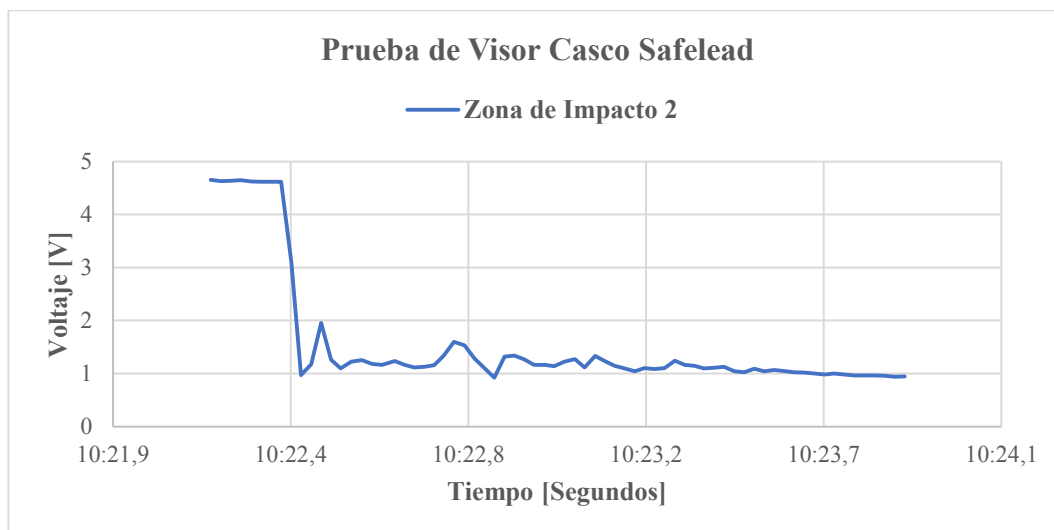


Figura 54. Grafica de Resistencia al Visor Zona 2.

Fuente: (Autores)

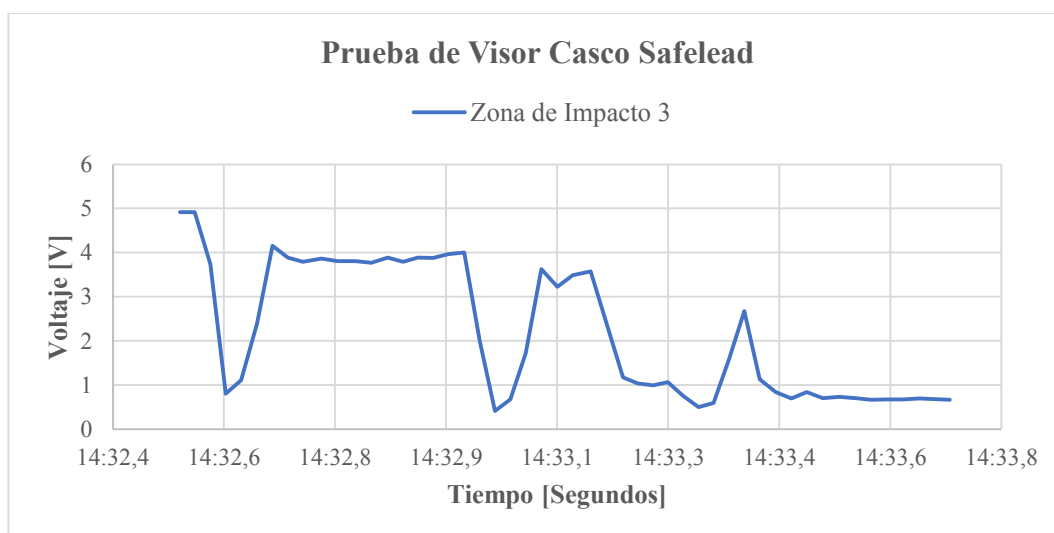


Figura 55. Grafica de Resistencia al Visor Zona 3.

Fuente: (Autores)

Tabla 22. Tabulación de datos Casco 1.

Número de Muestras	Tiempo [Segundos]	Zona 1 [V]	Zona 2 [V]	Zona 3 [V]
1	10:22,2	5,03765	4,65734	4,91297
2	10:22,2	5,03206	4,63267	4,91593
3	10:22,2	0,211123	4,63859	3,7319
4	10:22,2	0,213097	4,64715	0,809541
5	10:22,3	1,07306	4,6251	1,11253
6	10:22,3	1,99322	4,61688	2,40182
7	10:22,3	2,02678	4,61721	4,15893
8	10:22,3	2,08369	4,61852	3,88751
9	10:22,4	2,11823	3,09334	3,79244
10	10:22,4	2,12712	0,968768	3,86449

11	10:22,4	2,14751	1,1734	3,80527
12	10:22,4	2,15475	1,95243	3,80823
13	10:22,5	2,16199	1,25959	3,76875
14	10:22,5	2,21759	1,09608	3,88554
15	10:22,5	2,22515	1,22439	3,7931
16	10:22,5	2,24062	1,25268	3,88883
17	10:22,6	2,26233	1,18063	3,88291
18	10:22,6	2,27483	1,16451	3,9668
19	10:22,6	2,2699	1,23722	3,9997
20	10:22,6	0,245337	1,16188	2,01855
21	10:22,7	0,283499	1,1122	0,416078
22	10:22,7	1,37572	1,12569	0,672684
23	10:22,7	2,1156	1,1576	1,71885
24	10:22,7	2,1439	1,34052	3,62367
25	10:22,8	2,16232	1,59712	3,22527
26	10:22,8	1,89551	1,53034	3,4901
27	10:22,8	0,393379	1,28657	3,57695
28	10:22,8	0,281854	1,0951	1,178
29	10:22,9	0,453253	0,922382	1,03851
30	10:22,9	0,351598	1,31881	0,998377
31	10:22,9	0,34436	1,3392	1,06417
32	10:22,9	0,341728	1,26452	0,755588
33	10:23,0	0,341399	1,16484	0,500956
34	10:23,0	0,343702	1,16056	0,592742
35	10:23,0	0,344689	1,13688	1,58265
36	10:23,0	0,342386	1,22537	2,67849
37	10:23,1	0,341728	1,27045	1,13293
38	10:23,1	0,340741	1,1122	0,842439
39	10:23,1	0,339426	1,33262	0,696371
40	10:23,1	0,34107	1,23656	0,840794
41	10:23,2	0,339426	1,14609	0,707885
42	10:23,2	0,339097	1,09411	0,731901

2.3.3. Casco 2

Tabla 23. Hoja 2 de Registro para el ensayo de Visor.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE VISOR						
Responsable del ensayo	Nelson Lema, Danny Morocho					
Fecha	11/02/2020	Normativa	NTE	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
<i>Casco 2</i>						
<i>CRI</i>	<i>Punto de Impacto</i>	<i>OBSERVACIONES</i>				
	1, 2, 3	Traspasa el visor, contiene astillas agudas menores a 60°, sin presencia de rebote durante la prueba.				

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE VISOR		
	Espesor de Visor: 2.20 mm	<i>Cumple con el espesor, pero el material no es el apropiado por lo que existe ralladuras.</i>
	Ancho de Correa: 21.40 mm	<i>Cumple con el ancho preestablecido en la Normativa Nacional.</i>

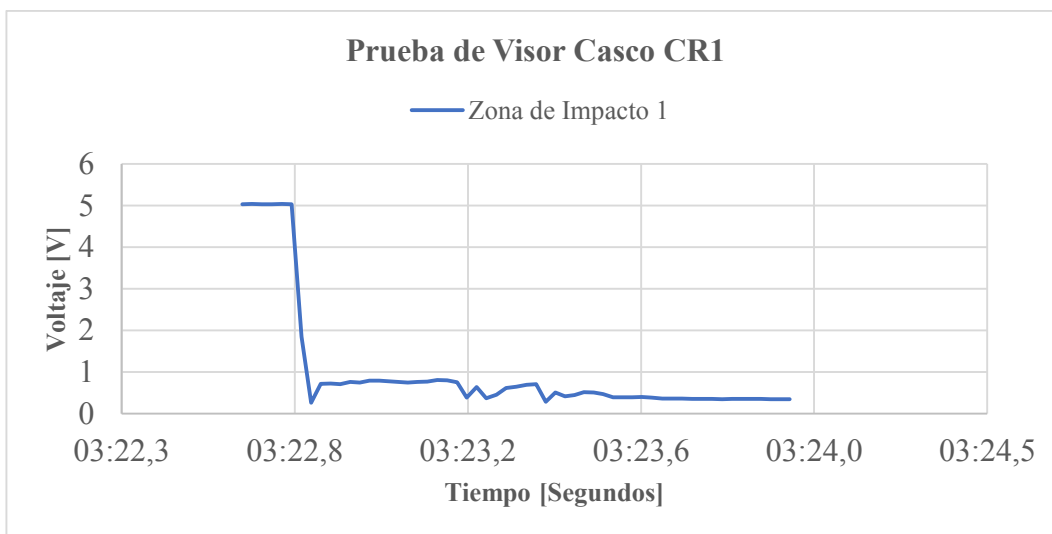


Figura 56. Grafica de Resistencia al Visor Zona 1.
Fuente: (Autores)

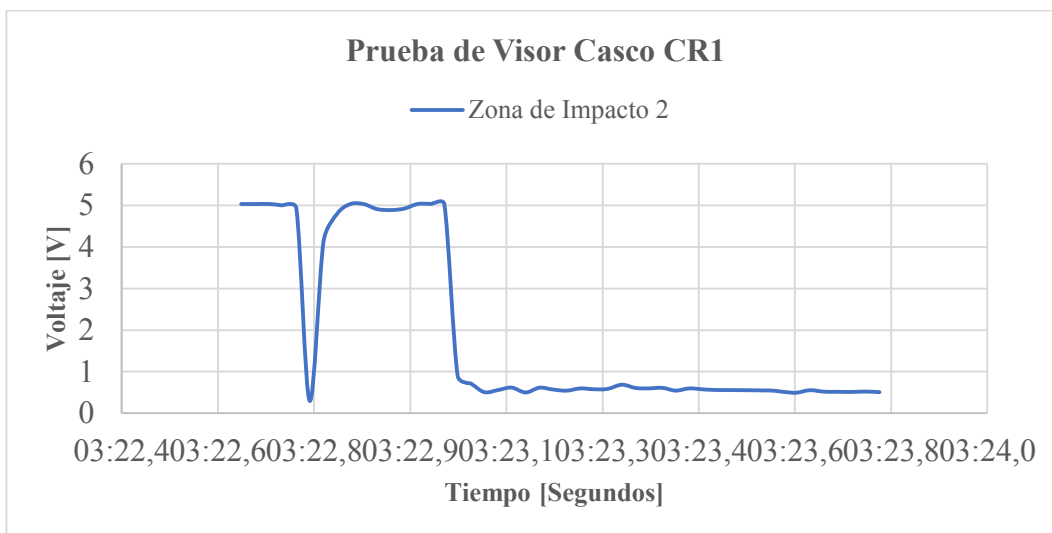


Figura 57. Grafica de Resistencia al Visor Zona 2.
Fuente: (Autores)

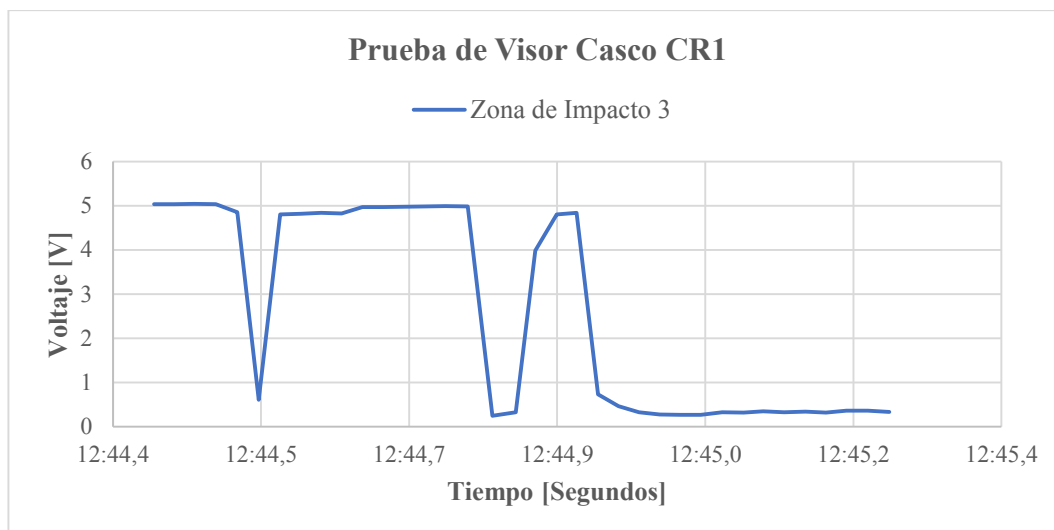


Figura 58. Grafica de Resistencia al Visor Zona 3.

Fuente: (Autores)


Tabla 24. Tabulación de datos Casco 2.

Número de muestras	Tiempo [Segundos]	Zona 1 [V]	Zona 2 [V]	Zona 3 [V]
1	03:22,6	4,96824	5,03107	5,03371
2	03:22,6	4,96561	5,0291	5,03469
3	03:22,7	4,94192	5,03107	5,03897
4	03:22,7	4,94652	4,998	5,03272
5	03:22,7	4,96166	4,93304	4,85211
6	03:22,7	4,94225	0,299619	0,60294
7	03:22,8	4,93929	4,13096	4,80243
8	03:22,8	4,94389	4,78828	4,81888
9	03:22,8	4,961	5,0291	4,84092
10	03:22,8	4,96824	5,02976	4,82283
11	03:22,9	4,96659	4,90836	4,96626
12	03:22,9	1,94486	4,885	4,96923
13	03:22,9	0,253561	4,91955	4,97745
14	03:22,9	0,286459	5,03107	4,9814
15	03:23,0	1,01417	5,03305	4,99258
16	03:23,0	1,88564	5,02779	4,98765
17	03:23,0	2,77785	0,899024	0,245666
18	03:23,0	2,99267	0,713478	0,325279
19	03:23,1	3,1269	0,508193	3,98391
20	03:23,1	3,36838	0,560501	4,80407
21	03:23,1	3,37397	0,618073	4,83566
22	03:23,1	3,3993	0,500298	0,731243
23	03:23,2	4,15695	0,615441	0,462794
24	03:23,2	4,39218	0,571358	0,323963
25	03:23,2	4,19545	0,544052	0,270997

26	03:23,2	4,01977	0,597676	0,266063
27	03:23,3	3,70986	0,577608	0,265405
28	03:23,3	3,76645	0,585175	0,325608
29	03:23,3	3,64505	0,687159	0,317055
30	03:23,3	1,59614	0,608204	0,341728
31	03:23,4	0,594387	0,598992	0,321332
32	03:23,4	0,469702	0,610507	0,338768
33	03:23,4	2,51104	0,545039	0,315081
34	03:23,4	3,61972	0,598334	0,357191
35	03:23,4	3,56445	0,576621	0,35752
36	03:23,5	3,55919	0,560172	0,332517
37	03:23,6	0,856256	0,548658	0,323634
38	03:23,6	0,3993	0,517076	0,318042
39	03:23,6	0,446674	0,494376	0,34107
40	03:23,6	0,366731	0,55458	0,33482
41	03:23,7	0,35752	0,518392	0,374298
42	03:23,7	0,380219	0,516747	0,347979
43	03:23,7	0,365415	0,512141	0,355546
44	03:23,7	0,392063	0,522997	0,335478
45	03:23,8	0,371008	0,507864	0,33153

2.3.4. Casco 3

Tabla 25. Hoja 3 de Registro para el ensayo de Visor.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE VISOR						
Responsable del ensayo	Nelson Lema, Danny Morocho					
Fecha	11/02/2020	Normativa	NTE	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
Casco 3						
ICH	Punto de Impacto	OBSERVACIONES				
	1, 2, 3	Impacto profundo del punzón, llegando el casco a tener un movimiento fuerte con el sistema de retención.				
	Espesor de Visor: 2.20 mm	Cumple con el espesor mínimo del visor, pero el material contiene ralladuras y presencia de astillas agudas menores a 60°.				
	Ancho de Correa: 21.50 mm	Cumple con la Normativa Nacional.				

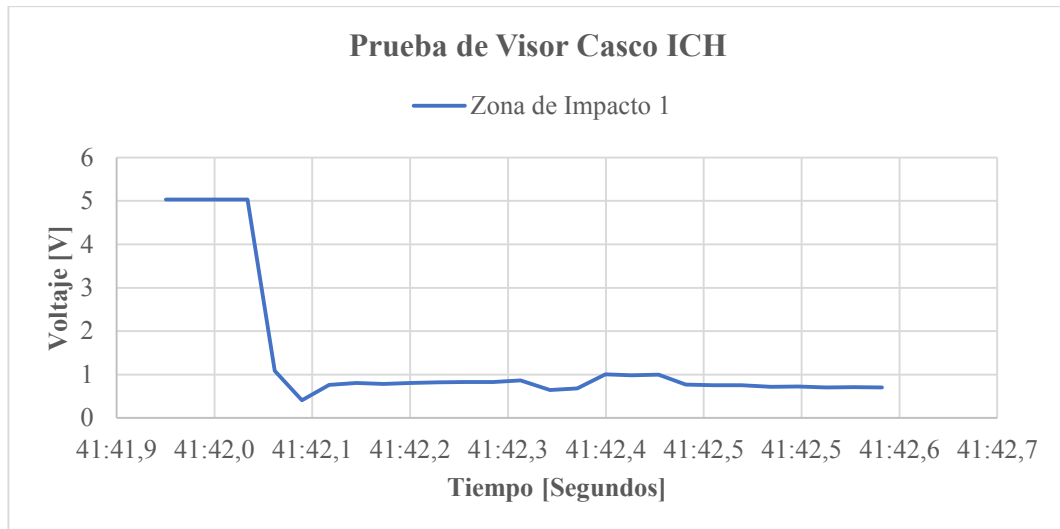


Figura 59. Grafica de Resistencia al Visor Zona 1.
Fuente: (Autores)

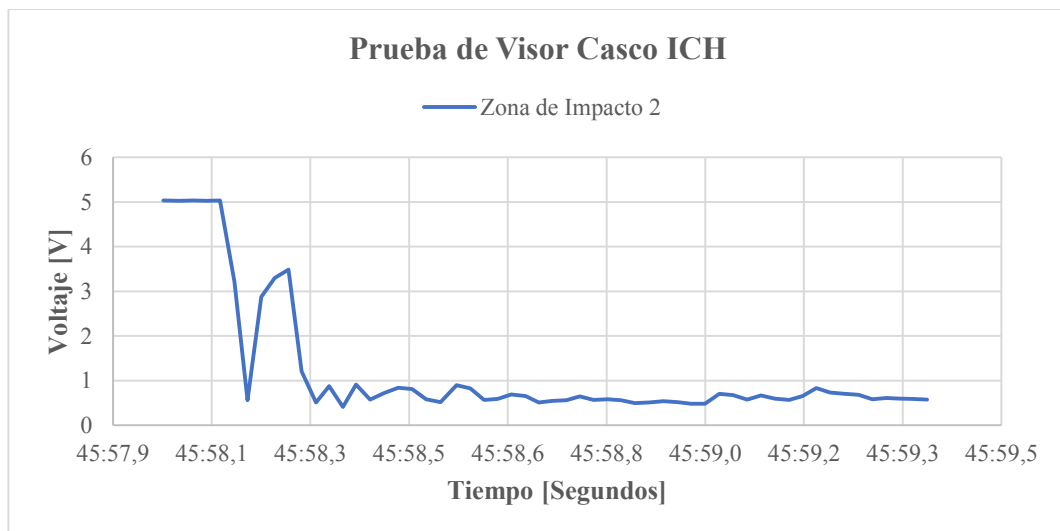


Figura 60. Grafica de Resistencia al Visor Zona 2.
Fuente: (Autores)

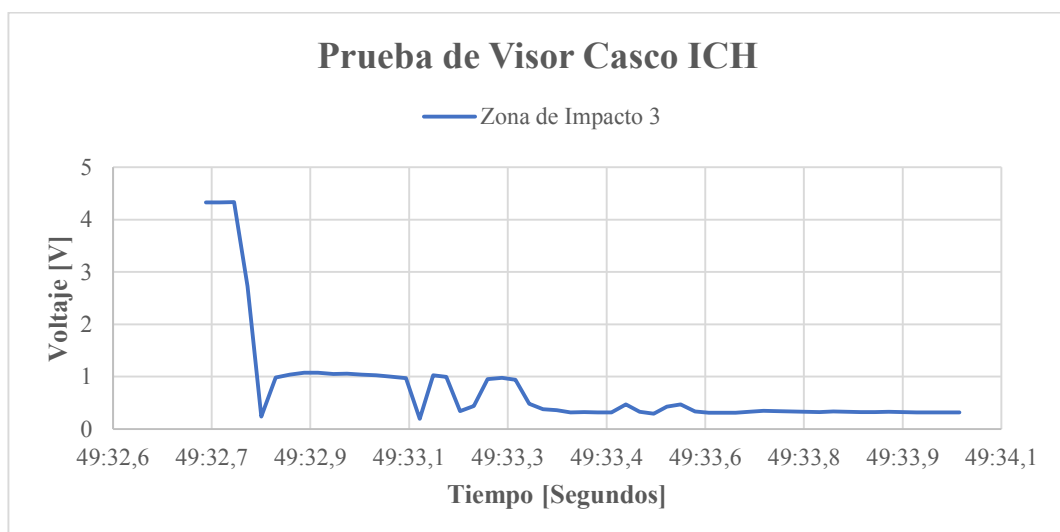


Figura 61. Grafica de Resistencia al Visor Zona 3.*Fuente:* (Autores)**Tabla 26.** Tabulación de datos Casco 3.

Número de Muestras	Tiempo [Segundos]	Zona 1 [V]	Zona 2 [V]	Zona 3 [V]
1	45:58,0	5,03305	5,03338	4,33165
2	45:58,1	5,03009	5,02844	4,33099
3	45:58,1	5,03272	5,03469	4,33625
4	45:58,1	5,03075	5,02976	2,72455
5	45:58,1	1,08654	5,03404	0,240073
6	45:58,2	0,408512	3,21737	0,982914
7	45:58,2	0,759536	0,558527	1,04114
8	45:58,2	0,810199	2,87457	1,07832
9	45:58,2	0,783551	3,29929	1,07569
10	45:58,3	0,807238	3,48615	1,05266
11	45:58,3	0,821713	1,20728	1,05463
12	45:58,3	0,831912	0,510167	1,0395
13	45:58,3	0,827306	0,873692	1,02766
14	45:58,3	0,865468	0,413775	1,00134
15	45:58,4	0,644721	0,912841	0,968768
16	45:58,4	0,678935	0,572674	0,196647
17	45:58,4	1,00858	0,723676	1,02535
18	45:58,4	0,980941	0,841781	0,993442
19	45:58,5	0,997061	0,811186	0,343702
20	45:58,5	0,772366	0,58353	0,440752
21	45:58,5	0,75164	0,520037	0,951003
22	45:58,5	0,756575	0,896721	0,978309
23	45:58,6	0,720058	0,825332	0,939818
24	45:58,6	0,723347	0,568068	0,481217
25	45:58,6	0,704924	0,589452	0,3766
26	45:58,6	0,709859	0,691765	0,36048
27	45:58,7	0,700319	0,653274	0,314752

2.3.5. Casco 4**Tabla 27.** Hoja 4 de Registro para el ensayo de Visor.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE VISOR						
Responsable del ensayo	Nelson Lema, Danny Morocho					
Fecha	11/02/2020	Normativa	NTE	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
Casco 4						
MOXAL	Punto de Impacto	OBSERVACIONES				
	1, 2, 3	El punzón logra hacer agujero, pero sin rebotar, además tiene fisuras alrededor del punto de Impacto.				
	Espesor de Visor: 2.60 mm	El espesor del visor corrobora con la Normativa Nacional pero el material no resiste a rayones.				
	Ancho de Correa: 22 mm	Cumple satisfactoriamente la exigencia de la Normativa Nacional.				

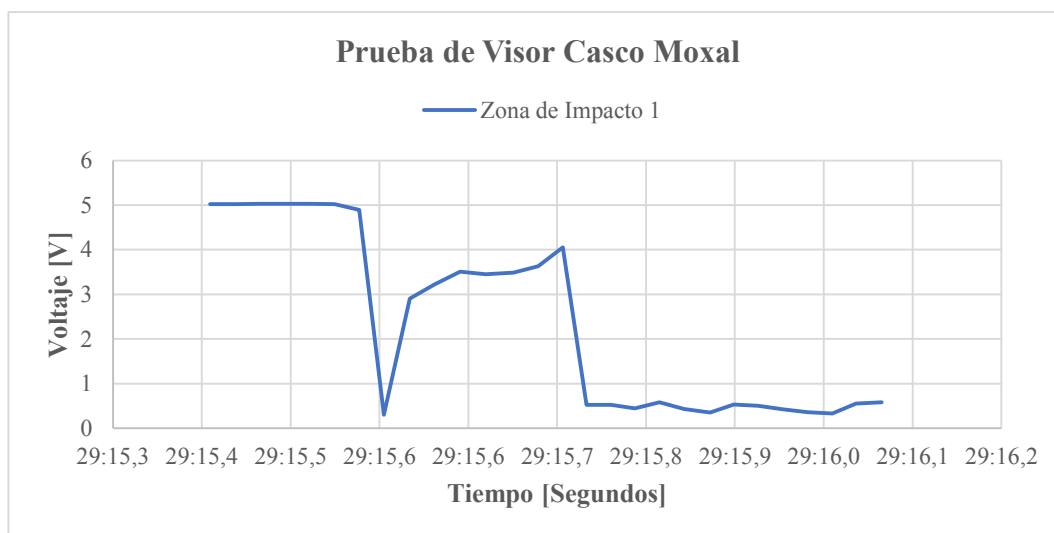


Figura 62. Grafica de Resistencia al Visor Zona 1.
Fuente: (Autores)

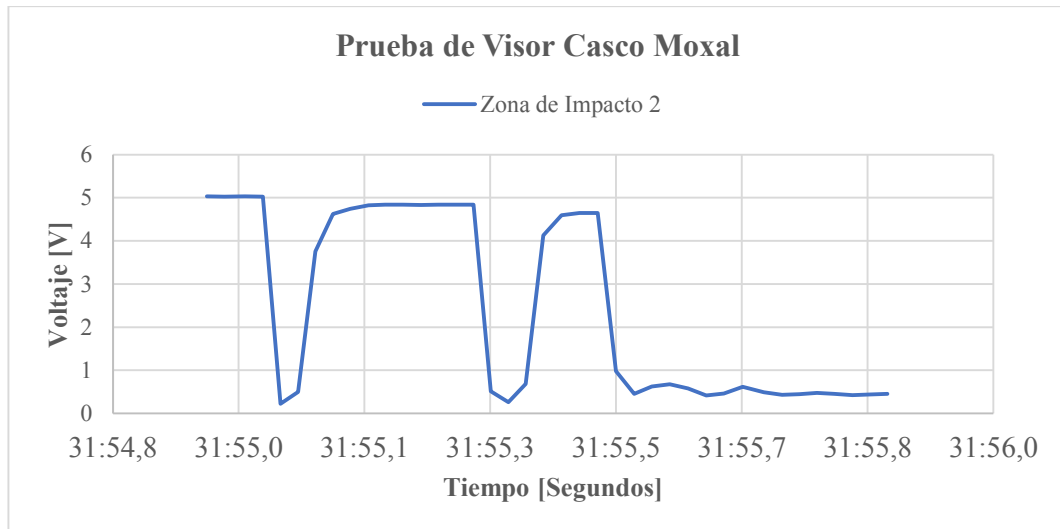


Figura 63. Grafica de Resistencia al Visor Zona 2.
Fuente: (Autores)

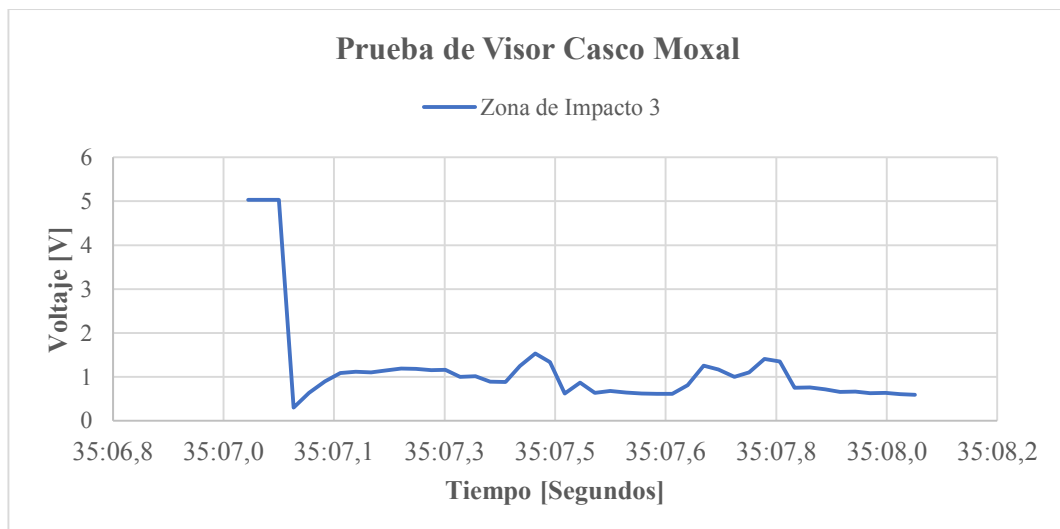


Figura 64. Grafica de Resistencia al Visor Zona 3.
Fuente: (Autores)

Tabla 28. Tabulación de datos Casco 4.

Número de muestras	Tiempo [Segundos]	Zona 1 [V]	Zona 2 [V]	Zona 3 [V]
1	29:15,4	5,02252	5,03009	5,03042
2	29:15,4	5,02318	5,02614	5,03305
3	29:15,4	5,02844	5,03239	5,03075
4	29:15,5	5,0291	5,02351	0,296329
5	29:15,5	5,02647	0,221321	0,63518
6	29:15,5	5,02417	0,498982	0,899024
7	29:15,5	4,89323	3,75329	1,08621
8	29:15,6	0,300277	4,62247	1,11878
9	29:15,6	2,90714	4,74617	1,10332
10	29:15,6	3,22263	4,82546	1,14444

11	29:15,6	3,50951	4,83796	1,18919
12	29:15,7	3,45095	4,83829	1,18425
13	29:15,7	3,48813	4,83039	1,15004
14	29:15,7	3,63058	4,83862	1,15892
15	29:15,7	4,05069	4,83862	0,996403
16	29:15,8	0,523984	4,83927	1,01483
17	29:15,8	0,5253	0,51247	0,891786
18	29:15,8	0,450292	0,258825	0,885207
19	29:15,8	0,580898	0,685844	1,24511
20	29:15,9	0,436475	4,12965	1,53067
21	29:15,9	0,356862	4,59385	1,33361
22	29:15,9	0,532538	4,64682	0,618073
23	29:15,9	0,507864	4,65011	0,865139
24	29:16,0	0,426606	0,979296	0,63847
25	29:16,0	0,358177	0,452266	0,676303
26	29:16,0	0,330543	0,62564	0,644392
27	29:16,0	0,552935	0,679593	0,622679
28	29:16,0	0,582214	0,58353	0,611494

2.3.6. Casco 5

Tabla 29. Hoja 5 de Registro para el ensayo de Visor.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE VISOR						
Responsable del ensayo	Nelson Lema, Danny Morocho					
Fecha	11/02/2020	Normativa	NTE	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
<i>Casco 5</i>						
SHIRO	<i>Punto de Impacto</i>	OBSERVACIONES				
	1, 2, 3	Existe perforación en el visor, contiene pequeñas fisuras alrededor del Agujero.				
	<i>Espesor de Visor:</i> 2.30 mm	Medida Aceptable por la Normativa Nacional.				
	<i>Ancho de Correa:</i> 20 mm	Establece la medida acorde a la Normativa Nacional.				

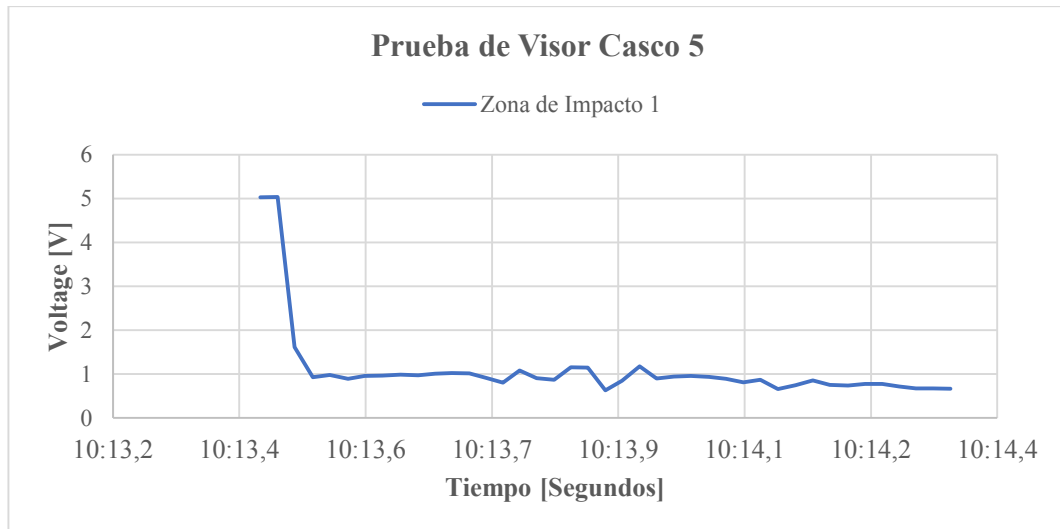


Figura 65. Grafica de Resistencia al Visor Zona 1.
Fuente: (Autores)

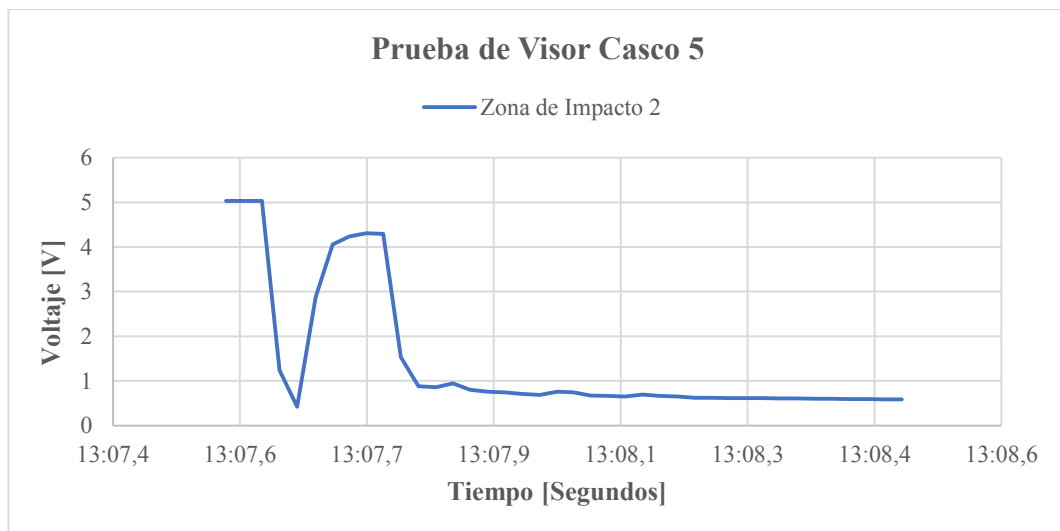


Figura 66. Grafica de Resistencia al Visor Zona 2.
Fuente: (Autores)

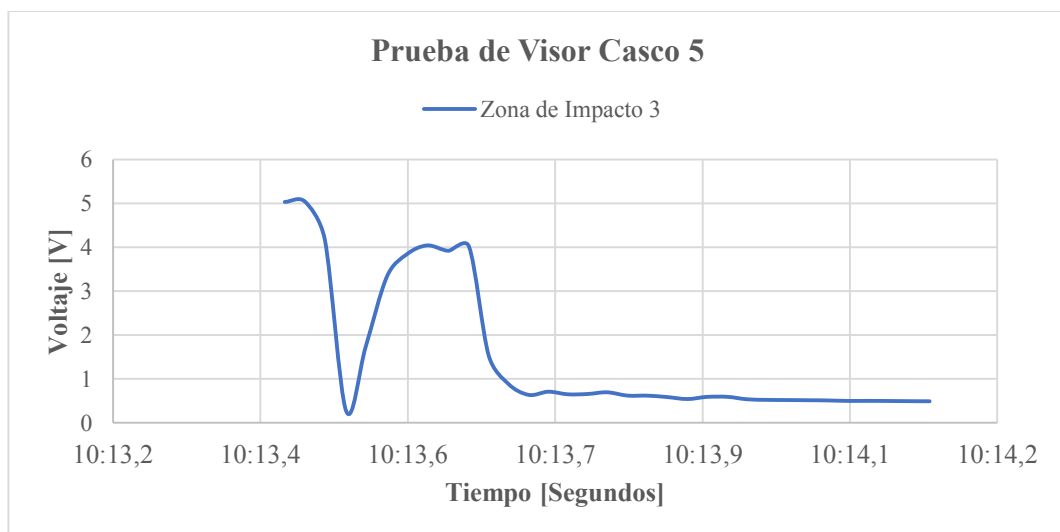


Figura 67. Grafica de Resistencia al Visor Zona 3.**Fuente:** (Autores)**Tabla 30.** Tabulación de datos Casco 5.

Número de Muestras	Tiempo [Segundos]	Zona 1 [V]	Zona 2 [V]	Zona 3 [V]
1	10:13,4	5,03075	5,03075	5,03272
2	10:13,4	5,03272	5,03239	5,03469
3	10:13,5	1,61325	5,03107	4,17406
4	10:13,5	0,92633	1,2382	0,268365
5	10:13,5	0,976664	0,419039	1,73892
6	10:13,5	0,892773	2,88345	3,33975
7	10:13,6	0,956925	4,05596	3,8385
8	10:13,6	0,969097	4,2346	4,04148
9	10:13,6	0,99081	4,31092	3,9191
10	10:13,6	0,972058	4,29381	4,01648
11	10:13,6	1,00858	1,53396	1,53955
12	10:13,7	1,02733	0,88093	0,89047
13	10:13,7	1,01614	0,859875	0,636496
14	10:13,7	0,917776	0,944424	0,708543
15	10:13,7	0,805264	0,800658	0,649327
16	10:13,8	1,08227	0,762167	0,656564
17	10:13,8	0,904288	0,744731	0,695055
18	10:13,8	0,873363	0,712162	0,620047
19	10:13,8	1,15267	0,687488	0,619389
20	10:13,9	1,14773	0,760851	0,587478
21	10:13,9	0,628272	0,747034	0,541749
22	10:13,9	0,849677	0,676632	0,590439
23	10:13,9	1,17372	0,666105	0,591755
24	10:14,0	0,899353	0,654919	0,536486
25	10:14,0	0,940147	0,695055	0,522668
26	10:14,0	0,954951	0,667421	0,51905
27	10:14,0	0,937186	0,652287	0,514773
28	10:14,0	0,89047	0,625969	0,509838
29	10:14,1	0,811186	0,624324	0,498653
30	10:14,1	0,867442	0,617744	0,500298
31	10:14,1	0,657222	0,614454	0,497337
32	10:14,1	0,748021	0,613467	0,49306
33	10:14,2	0,856585	0,606559	0,490757

2.4. Ensayo de Presión Longitudinal y Transversal.

2.4.1. Procedimiento

Luego de realizar la prueba de visor, se procede a analizar la dureza Shore mediante un Durómetro Rex, para lo cual se ubica el casco en una zona de trabajo plano, seguidamente colocamos la Punta del Durómetro sobre material a ser analizado de forma perpendicular, como se indica en la figura 68. Por lo tanto, verificamos que el material de la coraza cumpla los estándares preestablecidos por la Normativa ASTM D 2240-04.




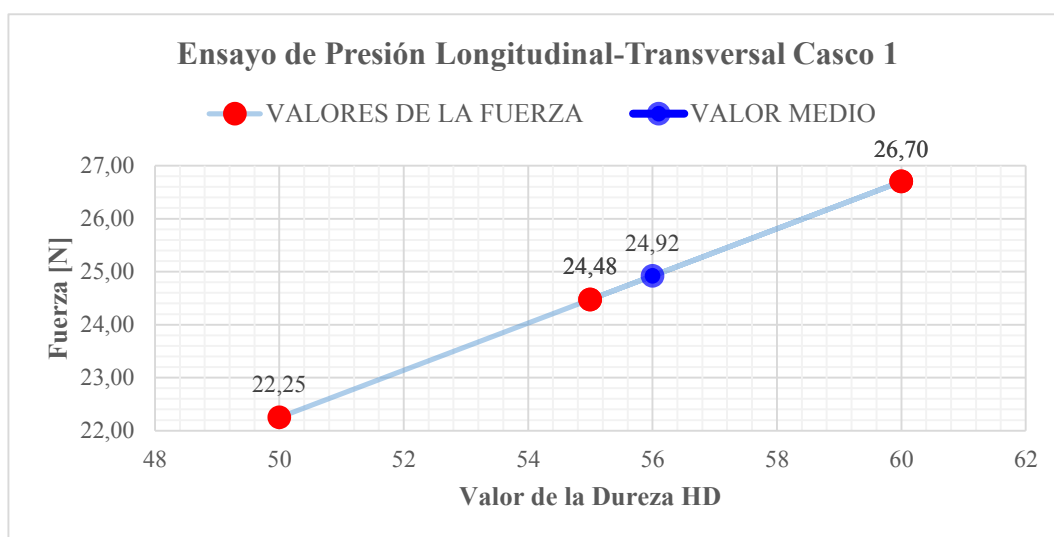
*Figura 68. Ubicación del durómetro sobre la superficie del Casco.
Fuente: (Autores)*

2.4.2. Casco 1

Tabla 31. Valores de Dureza Casco 1.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO PRESIÓN LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL						
Responsable del Ensayo	Nelson Lema, Danny Morocho					
Fecha	28/02/2020	Normativa	DOT	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
<i>Casco 1</i>						
<i>SAFELEAD</i>	<i>Punto de Medición [H_D]</i>	<i>Valor de la Fuerza [mN]</i>	<i>Valor de la Fuerza [N]</i>	<i>Valor Medio de la Fuerza [N]</i>		

	60	26700	26,70	24,92
	55	24475	24,48	
	55	24475	24,48	
	60	26700	26,70	
	50	22250	22,25	
OBSERVACIONES	<i>Se posicionan agujeros en los puntos medidos durante la prueba.</i>			




*Figura 69. Grafica Fuerza-Dureza Casco 1.
Fuente: (Autores)*

2.4.3. Casco 2

Tabla 32. Valores de dureza Casco 2.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO PRESIÓN LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL						
Responsable del Ensayo	Nelson Lema, Danny Morocho					
Fecha	28/02/2020	Normativa	DOT	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
<i>Casco 2</i>						
CR1	<i>Punto de Medición [H_D]</i>	<i>Valor de la Fuerza [mN]</i>	<i>Valor de la Fuerza [N]</i>	<i>Valor Medio de la Fuerza [N]</i>		
	75	33375	33,38	34,27		

	76	33820	33,82	
	79	35155	35,16	
	80	35600	35,60	
	75	33375	33,38	
OBSERVACIONES	<i>Se posicionan agujeros en los puntos medidos durante la prueba.</i>			

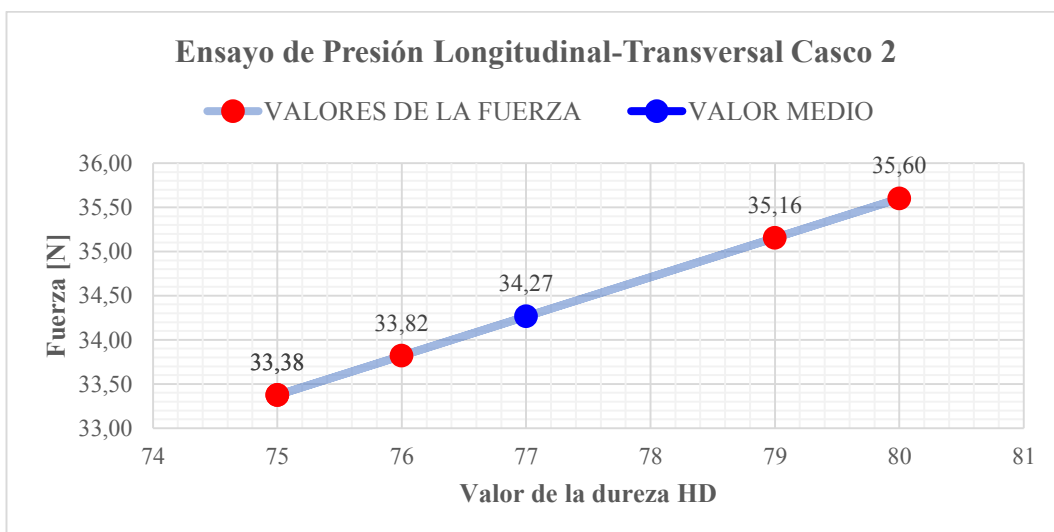



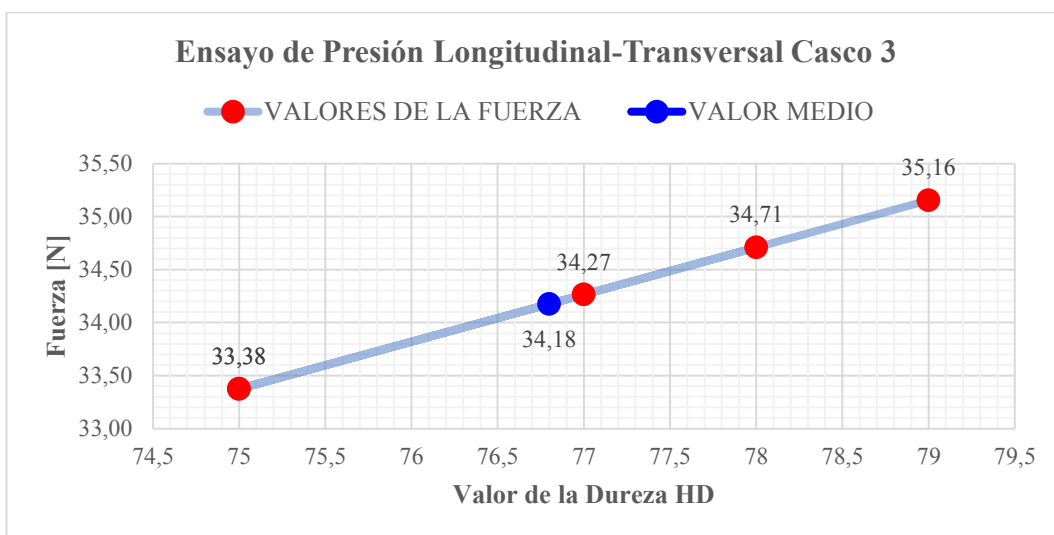
Figura 70. Grafica Fuerza-Dureza Casco 2.
Fuente: (Autores)

2.4.4. Casco 3

Tabla 33. Valores de dureza Casco 3.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO PRESIÓN LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL						
Responsable del Ensayo	Nelson Lema, Danny Morocho					
Fecha	28/02/2020	Normativa	DOT	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
Casco 3						
ICH	<i>Punto de Medición [H_D]</i>	<i>Valor de la Fuerza [mN]</i>	<i>Valor de la Fuerza [N]</i>	<i>Valor Medio de la Fuerza [N]</i>		

	77	34265	34,27	34,18
	75	33375	33,38	
	78	34710	34,71	
	75	33375	33,38	
	79	35155	35,16	
OBSERVACIONES	Se posicionan agujeros en los puntos medidos durante la prueba.			




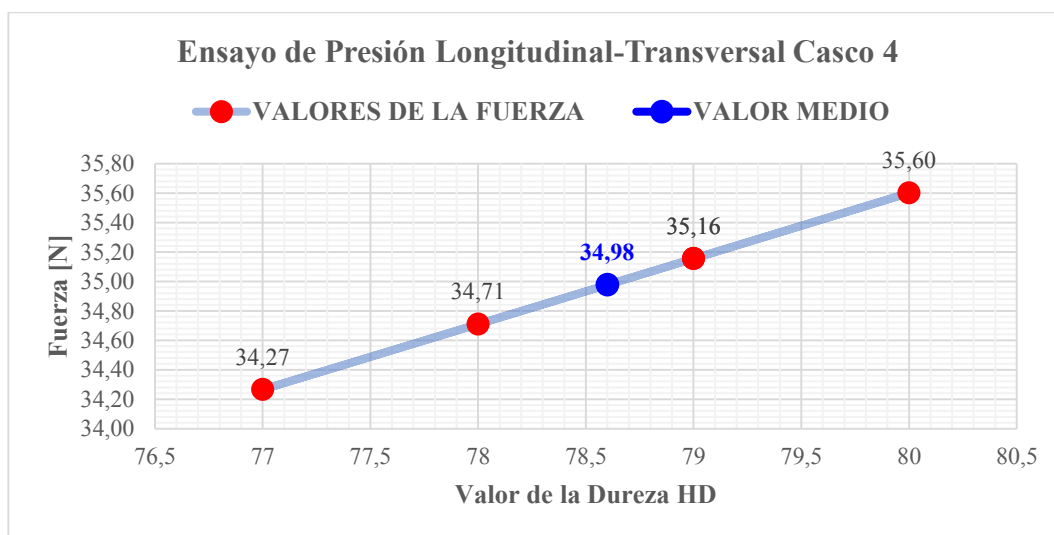
*Figura 71. Grafica Fuerza-Dureza Casco 3.
Fuente: (Autores)*

2.4.5. Casco 4

Tabla 34. Valores de dureza Casco 4.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO PRESIÓN LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL						
Responsable del Ensayo	Nelson Lema, Danny Morocho					
Fecha	28/02/2020	Normativa	DOT	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
Casco 4						
MOXAL	Punto de Medición [H_D]	Valor de la Fuerza [mN]	Valor de la Fuerza [N]	Valor Medio de la Fuerza [N]		

	79	35155	35,16	34,98
	80	35600	35,60	
	78	34710	34,71	
	77	34265	34,27	
	79	35155	35,16	
OBSERVACIONES	<i>Se posicionan agujeros en los puntos medidos durante la prueba.</i>			




*Figura 72. Grafica Fuerza-Dureza Casco 4.
Fuente: (Autores)*

2.4.6. Casco 5

Tabla 35. Valores de dureza Casco 5.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO PRESIÓN LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL						
Responsable del Ensayo	Nelson Lema, Danny Morocho					
Fecha	28/02/2020	Normativa	DOT	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
Casco 5						
SHIRO	Punto de Medición [H_D]	Valor de la Fuerza [mN]	Valor de la Fuerza [N]	Valor Medio de la Fuerza [N]		

	79	35155	35,16	35,69
	80	35600	35,60	
	85	37825	37,83	
	81	36045	36,05	
	76	33820	33,82	
OBSERVACIONES	<i>Se posicionan agujeros en los puntos medidos durante la prueba.</i>			

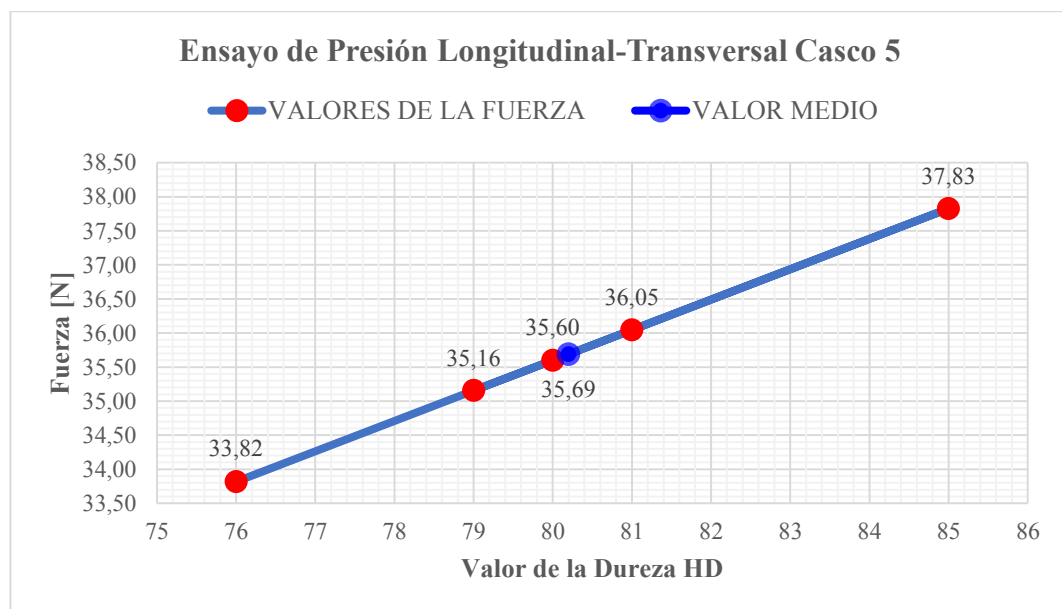


Figura 73. *Grafica Fuerza-Dureza Casco 5.*
Fuente: (Autores)

2.5. Ensayo de Rigidez

2.5.1. Procedimiento

El procedimiento se basa en ubicar el casco de prueba dentro de la Máquina Metro Com, con la ayuda de dos placas de madera de $35 \times 35 \text{ cm}^2$ sujetamos en la parte superior e inferior como se indica en la figura 74. Posterior a ello, se procede a medir la distancia entre placas, finalmente en el panel de control introducimos los datos de diámetro, altura y carga preestablecida por la Normativa.




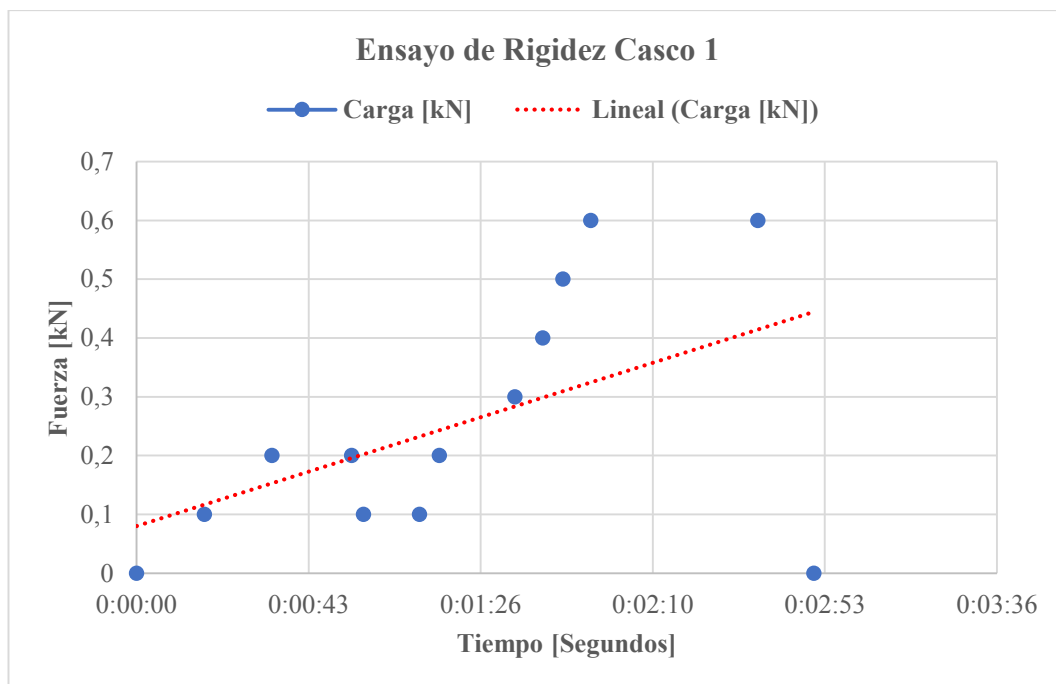
Figura 74. Proceso para toma de datos del Ensayo de Rigidez.

Fuente: (Autores)

2.5.2. Casco 1

Tabla 36. Hoja de Registro Prueba de Rigidez Casco 1.


FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE RIGIDEZ						
Responsable del ensayo	Nelson lema, Danny Morocho					
Fecha	02/03/2020	Normativa	DOT	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
Casco 1						
SAFELEAD	<i>Fuerza Aplicada [N]</i>	<i>Distancia Inicial [mm]</i>	<i>Distancia Final [mm]</i>			
	100-630	254	172			
<i>DEFORMACIÓN [mm]</i>		82				
<i>OBSERVACIONES</i>		<i>Al concluir el ensayo el Casco sufrió ruptura en la parte izquierda del mentón, a su vez el visor termino desfasado.</i>				



*Figura 75. Grafica Fuerza-Tiempo Casco 1.
Fuente: (Autores)*

2.5.3. Casco 2

Tabla 37. Hoja de Registro Prueba de Rigidez Casco 2.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE RIGIDEZ						
Responsable del ensayo	Nelson lema, Danny Morocho					
Fecha	02/03/2020	Normativa	DOT	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
Casco 2						
CRI	Fuerza Aplicada [N]	Distancia Inicial [mm]	Distancia Final [mm]			
	100-630	270	222			
DEFORMACIÓN [mm]		48				
OBSERVACIONES		<i>El Casco llego a obtener rayadoras en la coraza y partes del abatible terminaron en mal funcionamiento.</i>				

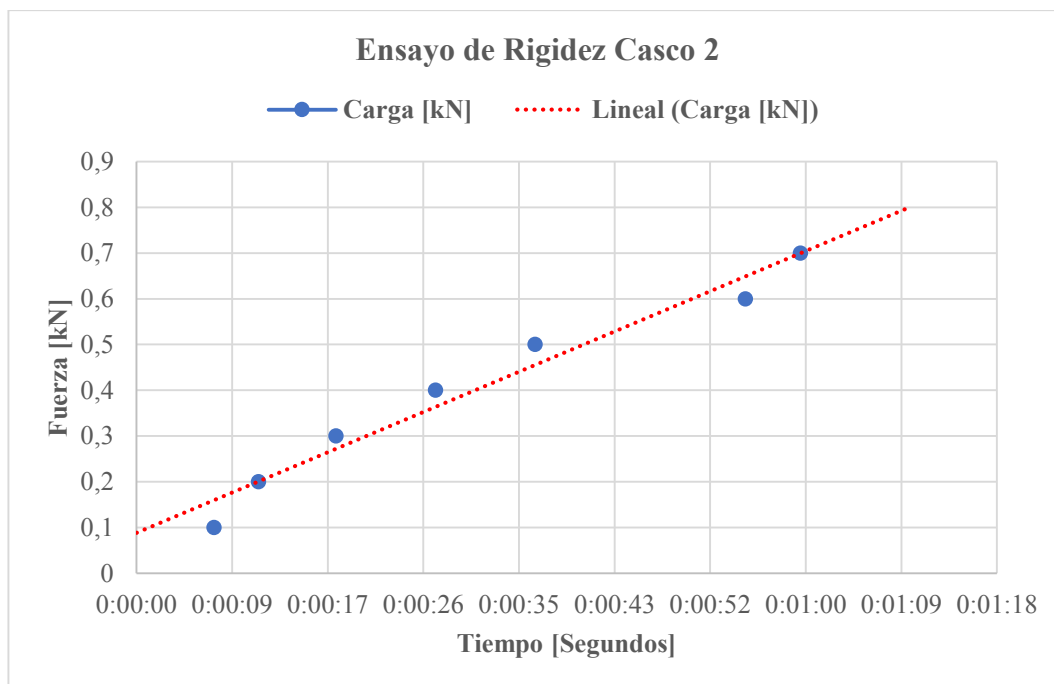

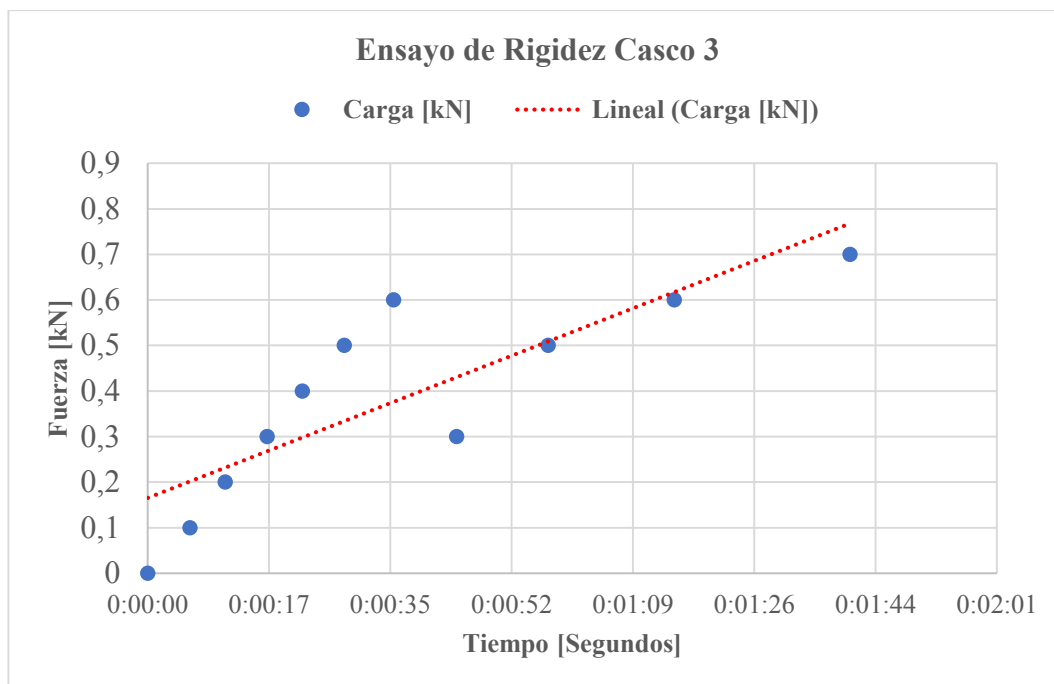


Figura 76. Grafica Fuerza-Tiempo Casco 2.
Fuente: (Autores)

2.5.4. Casco 3

Tabla 38. Hoja de Registro Prueba de Rigidez Casco 3.


FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE RIGIDEZ						
Responsable del ensayo	Nelson lema, Danny Morocho					
Fecha	02/03/2020	Normativa	DOT	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
Casco 3						
ICH	Fuerza Aplicada [N]	Distancia Inicial [mm]	Distancia Final [mm]			
	100-630	263	203			
DEFORMACIÓN [mm]		60				
OBSERVACIONES		Al concluir el ensayo, se generó una ruptura en la parte interna del Casco, a su vez algunos sectores de la coraza se encuentran con rayaduras.				

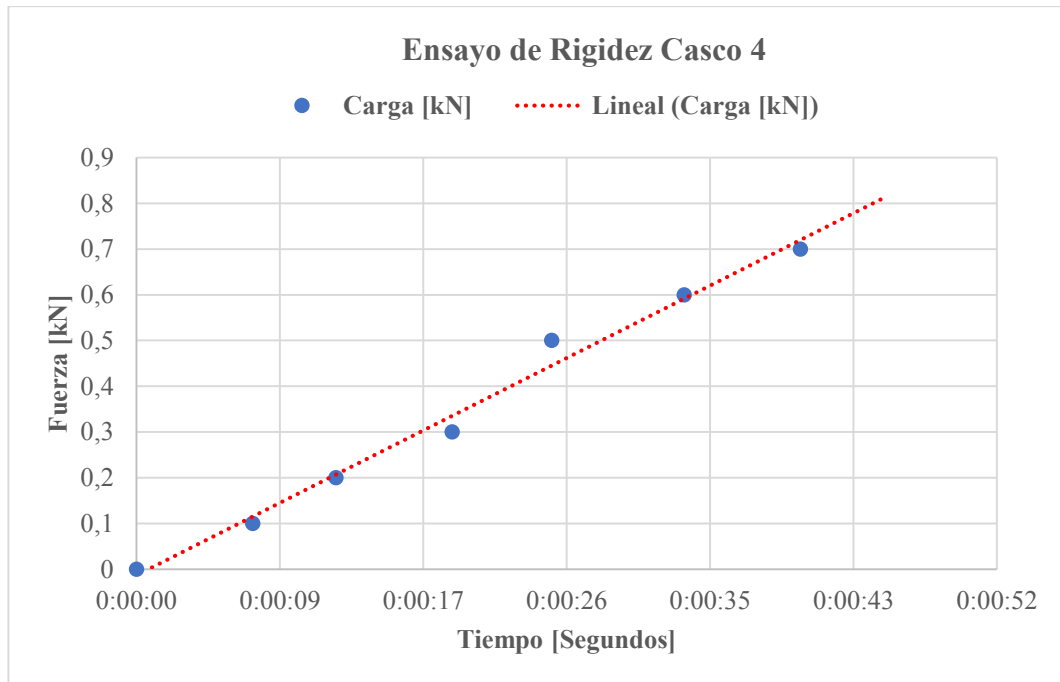


*Figura 77. Grafica Fuerza-Tiempo Casco 3.
Fuente: (Autores)*

2.5.5. Casco 4

Tabla 39. Hoja de Registro Prueba de Rigidez Casco 4.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE RIGIDEZ						
Responsable del ensayo	Nelson lema, Danny Morocho					
Fecha	02/03/2020	Normativa	DOT	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
Casco 4						
MOXAL	Fuerza Aplicada [N]	Distancia Inicial [mm]	Distancia Final [mm]			
	100-630	264	207			
DEFORMACIÓN [mm]		57				
OBSERVACIONES		El casco no tuvo ninguna ruptura, pero el sistema abatible funciona de forma incorrecta.				



*Figura 78. Grafica Fuerza-Tiempo Casco 4.
Fuente: (Autores)*

2.5.6. Casco 5

Tabla 40. Hoja de Registro Prueba de Rigidez Casco 5.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE RIGIDEZ						
Responsable del ensayo	Nelson lema, Danny Morocho					
Fecha	02/03/2020	Normativa	DOT	ECE	NTC	JIS
			X	X	X	X
Casco 5						
SHIRO	Fuerza Aplicada [N]	Distancia Inicial [mm]	Distancia Final [mm]			
	100-630	257	199			
DEFORMACIÓN [mm]		58				

OBSERVACIONES	<i>Al retirar el casco de la máquina de ensayo, la parte del visor se desprendió, presencia de pocos rayones en la coraza.</i>
----------------------	--

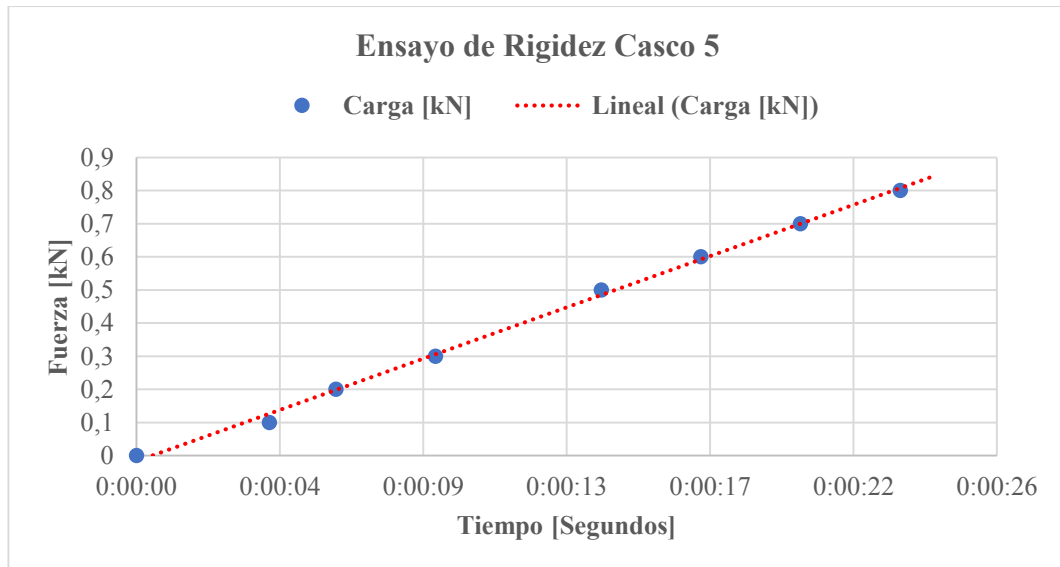


Figura 79. Grafica Fuerza-Tiempo Casco 5.
Fuente: (Autores)

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente estudio se ha explicado dentro del contenido y en forma detallada los Componentes, Normativas, Máquinas de Ensayo y todo lo referente a cascos de motocicleta. Como es de conocimiento, en el Ecuador es obligatorio el uso del casco para quienes utilicen este medio de transporte a fin de salvaguardar la vida, de tal forma que esto implica tener un control y vigilancia, así como las técnicas definidas estandarizadas para que el casco de motocicleta sea comercializado.

A continuación, se presenta el análisis de los resultados en las pruebas realizadas.

3.1. Análisis de Resultados Casco 1

3.1.1. Ensayo de Resistencia de Penetración al Visor.

En la figura 80, se ilustra el comportamiento del Visor frente al impacto de la masa de 3 kg en caída libre, de tal manera que el punto de impacto 1 tiene caída de voltaje de 5V a 0.21 V equivalente a 112. 81 N, ocasionando un agujero en el visor por lo que existe la presencia de astilla menor a 60°, en lo referente a la zona de impacto 2 tiene la caída de voltaje de 4.65 a 0.96 V, generando otro agujero en el visor y de la misma forma existe presencia de astilla menor a 60°, Finalmente en el punto de impacto 3 conforma una caída de voltaje de 4.91V a 0.80 V. El resultado fotográfico de la prueba se ilustra en el anexo 2.

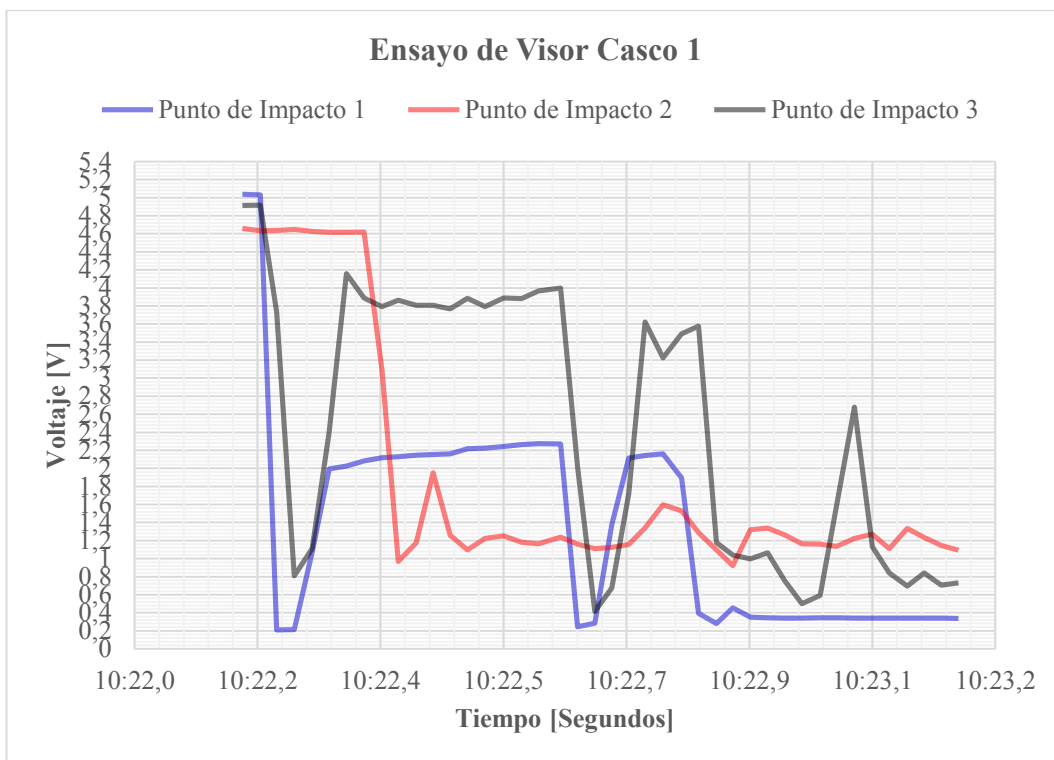


Figura 80. Grafica Característica de la Prueba de Visor Casco 1.

Fuente: (Autores)

Por consecuente las 3 curvas de impacto, nos indican que los picos bajos determinan astillas agudas menores a 60° , asimismo el visor contiene rayaduras, el ancho de la correa de retención no alcanza la medida necesaria otorgada por la Normativa, debido a estas razones y en base al literal 1.2.3.7 el Casco 1 no supera la prueba de visor.

3.1.2. Ensayo de Presión Longitudinal y Transversal

En la figura 81, se interpreta la dureza del casco 1 en la coraza, como se puede visualizar no es uniforme tanto en el plano longitudinal como transversal, razón por la cual los valores de la dureza obtenidas mediante el durómetro varían entre 50 y 60 HD con se indica en el anexo 7, la misma que representa la fuerza de 22.25 N y 26.70 N. Todos los valores del ensayo dentro del rango medido, tienden a una dureza media de 56 HD equivalente a una fuerza media de 24.92 N. Sin embargo, el valor medio extraído de la muestra, representa que el material plástico ABS para el casco 1 dota una dureza de 56 HD.

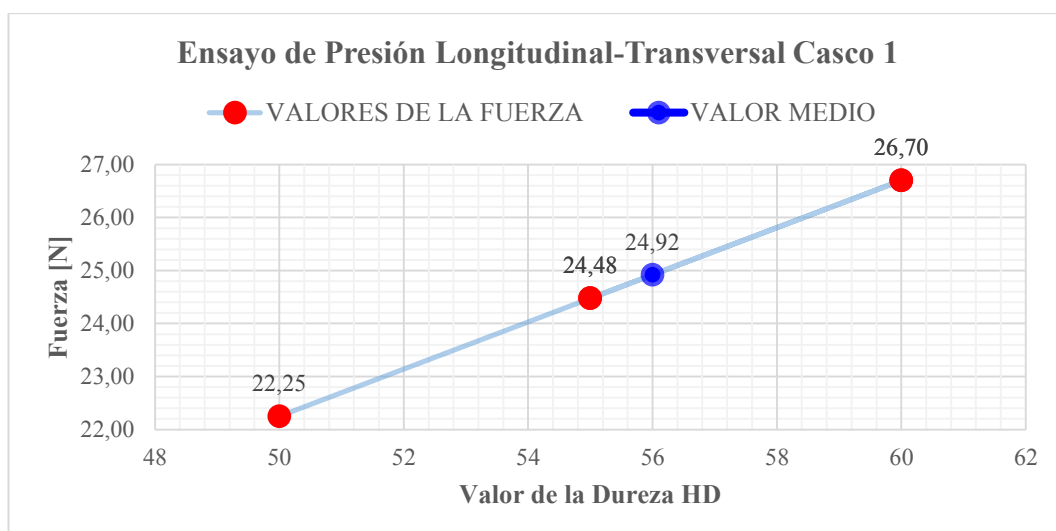


Figura 81. Grafica de Presión Longitudinal-Transversal Casco 1.
Fuente: (Autores)

Finalmente, la dureza Shore del casco 1 no cumple con la dureza preestablecida, además el porcentaje de Acrilonitrilo Butadieno Estireno que contiene el casco es bajo, por lo que la dureza debe estar en el rango de 70-100 HD, la misma que se encuentra establecida por la norma ISO 868 en el literal 1.4.1.

3.1.3. Ensayo de Rigidez

La figura 82, se ilustra el comportamiento del Casco 1 al estar en compresión, en primera instancia la carga trasversal sometida no presenta defecto hasta llegar a 200 N, por lo cual se mantiene constante un tiempo de 19 segundos, se produce una ruptura grave en la parte del mentón y la parte superior del casco, además, la carga desciende a 100 N, dado que este valor permanece firme por 13 segundos, la fuerza empieza ascender hasta 600 N, de tal modo que se estabiliza durante 43 segundos emitiendo un sonido de ruptura, por consecuente se deforma el visor, como se indica en el anexo 12, finalmente la deformación medida entre placas es de 8.2 cm, lo cual supera el valor permitido por la Normativas nacional.

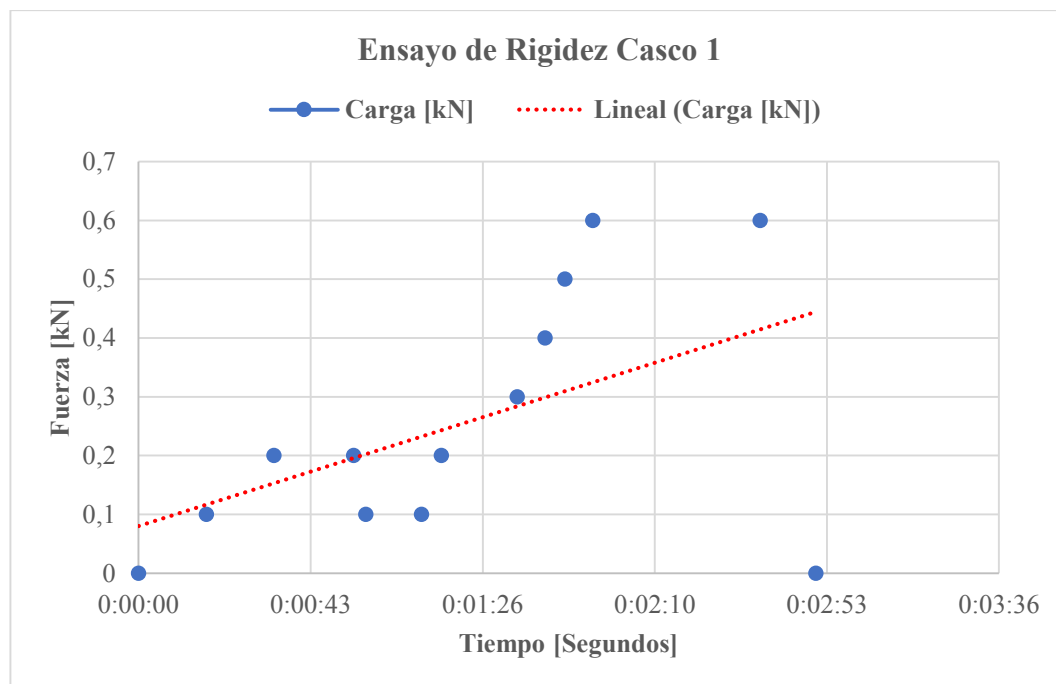


Figura 82. Grafica de la Prueba de Rigidez Casco 1.
Fuente: (Autores)

Debido a lo antes mencionado el casco 1 no supera la prueba de rigidez ya que no tolera cargas transversales, por ende, existió una ruptura muy grave del elemento a prueba, a su vez la carga medida en una dirección transversal no pasa el experimento, por tanto, como se detalla en el literal 1.2.3.4. no es necesario adquirir un casco nuevo para realizar el ensayo en sentido longitudinal.

3.2. Análisis de Resultados Casco 2

3.2.1. Ensayo de Resistencia de Penetración al Visor

En la figura 83, se pretende evaluar 3 zonas de impacto al dejar caer una masa de 3 Kg, de tal manera que la zona de impacto 1 reduce el voltaje de 5 V a 0.25 V equivalente a una fuerza de 103 N, lo cual provoca un agujero pasante con presencia de astillas menor a 60° . En el punto de impacto 2 tiene una caída de voltaje de 5 V a 0.29 V, generando un agujero con presencia de astilla y fisuras. Finalmente, en el punto de impacto 3 existe una caída de voltaje de 5 V a 0.60 V, lo cual ocasiona un agujero no pasante, pero si consta de astillas agudas. Como dato adicional el visor presenta rayones, pese a que en la etiqueta se especifica lo contrario, también si comparamos con el primer casco la fuerza de impacto es menor por ende el voltaje no tiene una caída tan grande.

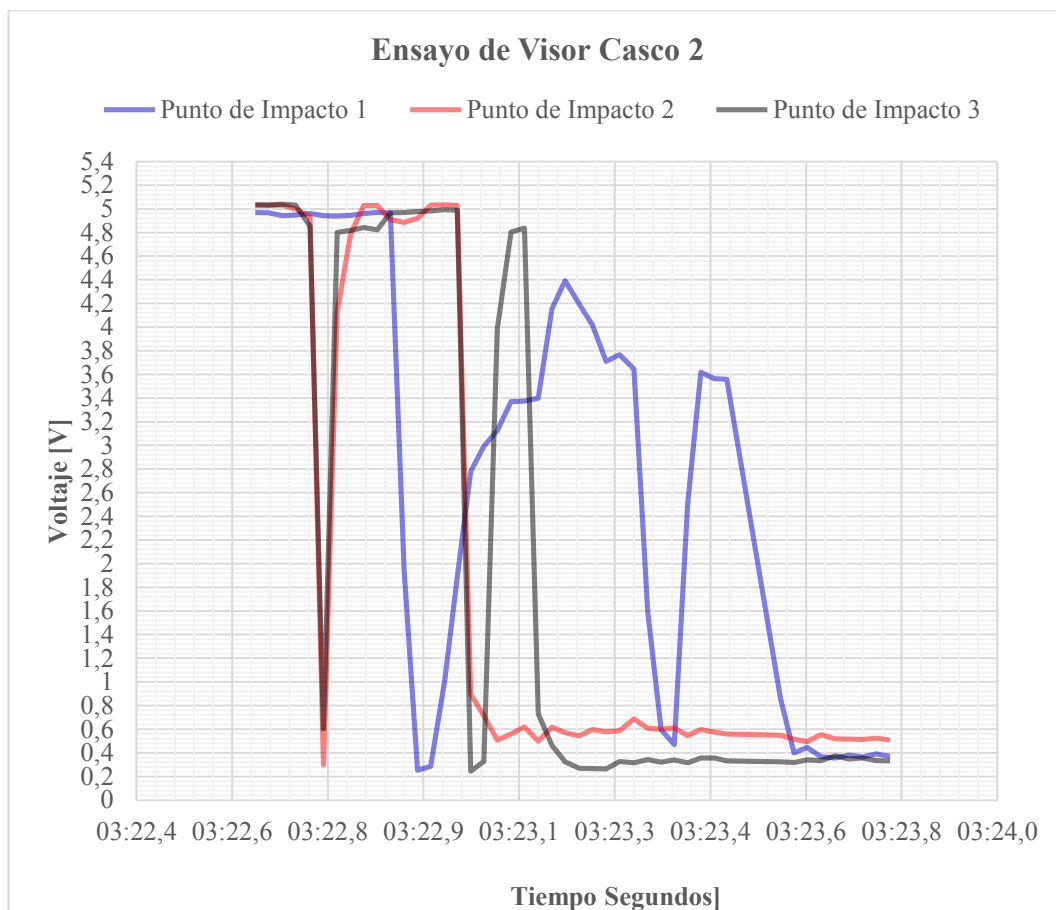


Figura 83. Grafica Característica de la Prueba de Visor Casco 2.
Fuente: (Autores)

Según lo expresado anteriormente, se concluye que el visor no supera el ensayo de penetración al visor, en base al literal 1.2.3.7 propuesta por la Normativa Nacional, el resultado fotográfico se encuentra en el anexo 3.

3.2.2. Ensayo de Presión Longitudinal y Transversal

En la figura 84, se efectúa el análisis del casco 2 donde delimitamos que los valores de la dureza aún son irregulares. Por lo tanto, la dureza Shore en este tipo de elemento de protección para el motociclista comprende a un dominio de 75 y 80 HD, con un valor medio de 77 HD, la misma que corresponde a una fuerza media de 34.27 N, fuerza aplicada en los diferentes puntos de medición a través del durómetro sobre la superficie del casco como se indica en anexo 8.

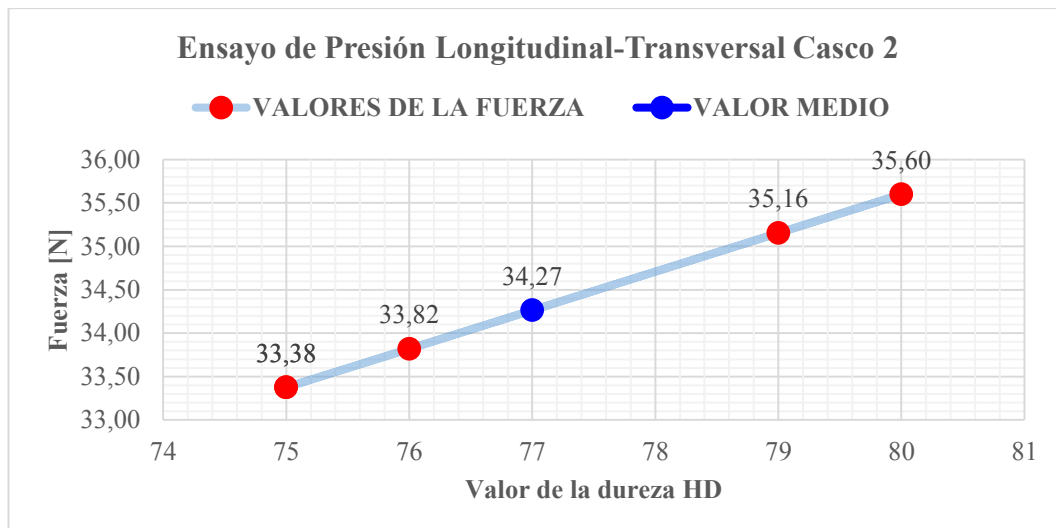


Figura 84. Grafica de Presión Longitudinal-Transversal Casco 2.
Fuente: (Autores)

Por ende, este elemento de protección si cumple con las exigencias establecidas por la normativa ISO 868 del literal 1.4.1 la misma que establece que el valor de la dureza Shore sea de 70-100 HD, correspondiente a una escala D así mismo el porcentaje del material ABS es razonable de modo que al sufrir un accidente de tránsito, el motociclista obtenga lesiones leves.

3.2.3. Ensayo de Rigidez

En la figura 85, se puede apreciar el comportamiento del casco 2 exigido a compresión. Inicialmente la carga transversal tiende a soportar hasta 500 N, por un tiempo de 35 segundos, a medida que incrementa la fuerza de modo lineal, se presentan rayaduras en la coraza del casco, Posterior a ello la fuerza de 500 N hasta 630 N permanece constante durante 20 segundos, de tal forma que el casco obtuvo mayor deformación. Finalmente, el valor de la deformación entre placas es de 4.8 cm, razón por la cual supera el límite máximo que ratifica la Normativa en base al literal 1.2.3.4.

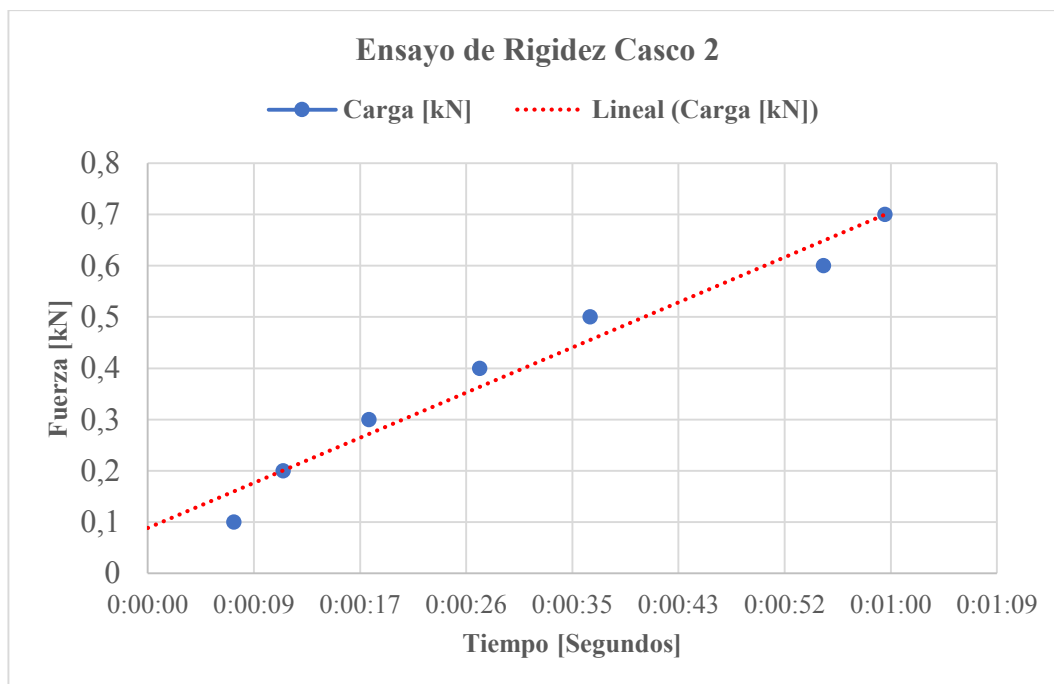


Figura 85. Grafica de la Prueba de Rigidez Casco 2.
Fuente: (Autores)

Por consecuente, debido a las observaciones realizadas se denota que el casco 2 soporta cargas hasta 630 N, pero no cumple con el valor de la deformación exigida, en cuanto a la coraza del casco no sufrió ruptura, por esta razón el casco 2 supera la prueba en vista que las lesiones ocasionadas no serían graves.

3.3. Análisis de Resultados Casco 3

3.3.1. Ensayo de Resistencia de Penetración al Visor

En la figura 86, se puede visualizar gráficamente la caída de la masa de 3 Kg sobre el visor, donde el punto de impacto 1 presenta un descenso de voltaje de 5 V a 0.40 V equivalente a una fuerza de 75.53 N, generando un agujero pasante con presencia de astillas mayores a 60° y fisuras. Seguidamente, el punto de impacto 2 muestra una caída de voltaje de 5 V a 0.55 V provocando el agujero no pasante. Finalmente, el punto de impacto 3 ocasiona un decrecimiento de voltaje de 4.33 V a 0.25 V, provocando un agujero pasante.

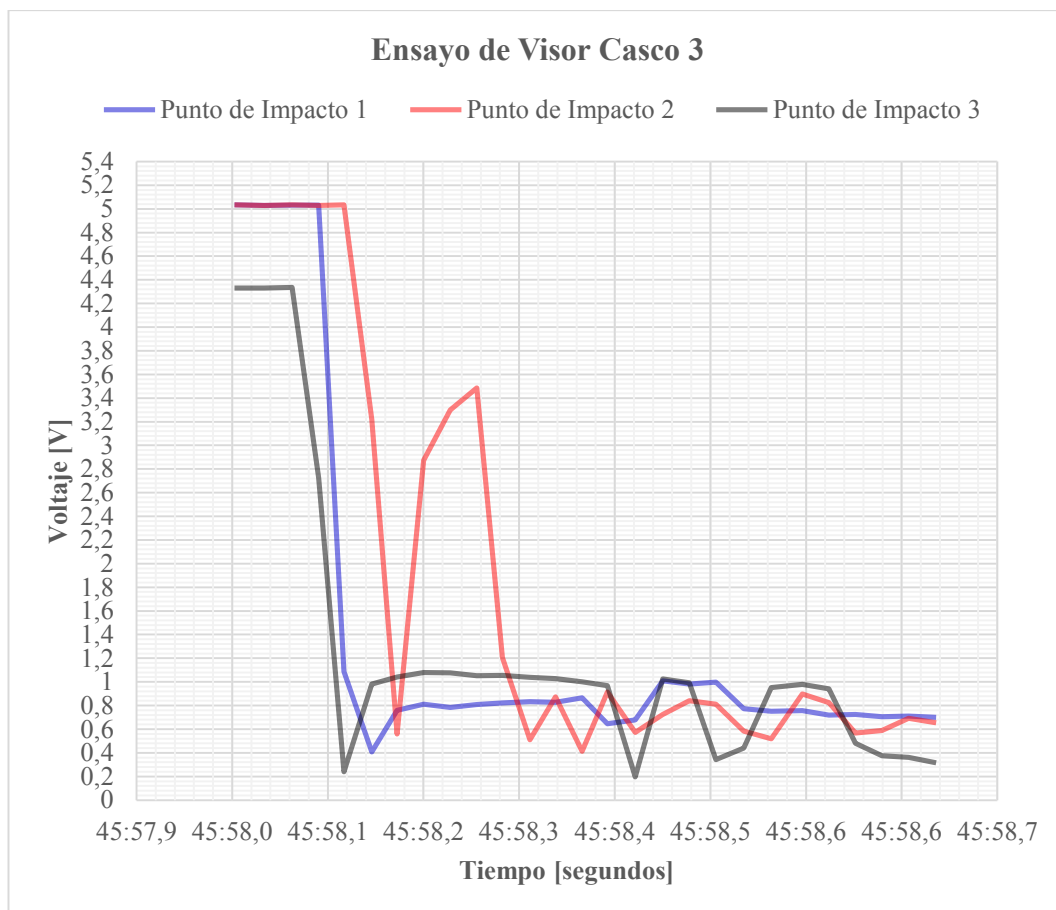


Figura 86. Grafica Característica de la Prueba de Visor Casco 3.
Fuente: (Autores)

De acuerdo al literal 1.2.3.7 detallado anteriormente por la Normativa Nacional, el Casco 3 cumple con las exigencias necesarias, durante un periodo corto la caída de voltaje es menor y el ángulo de la astilla es mayor a 60° , de esta manera no afectaría al usuario frente a un siniestro, el resultado fotográfico se encuentra en el anexo 4.

3.3.2. Ensayo de Presión Longitudinal y Transversal

En la figura 87, podemos evaluar el comportamiento variable de la dureza adquiridos con la ayuda del durómetro Rex de Tipo D como se indica en el anexo 9, la misma que permite determinar si el material de la coraza cumple o no con la dureza establecida por la Norma ISO 868, donde ratifica que un Casco Duro está concebido por un valor de 75 HD. Motivo por la cual, este elemento único de protección exigido por la Normativa Nacional, cuenta con cantidades aceptables de material ABS sobre la coraza del casco determinando una dureza superior al valor indicado por la normativa antes mencionada.

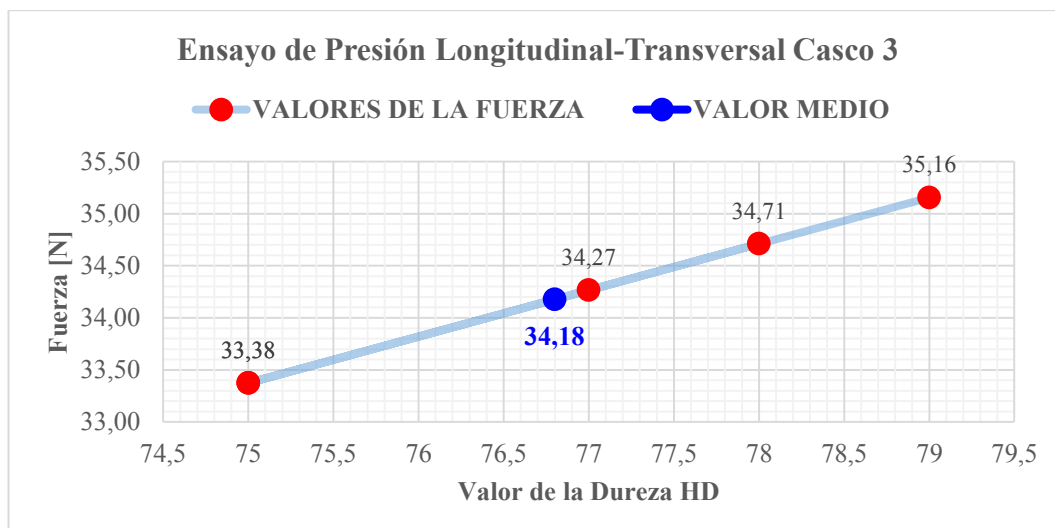


Figura 87. Grafica de Presión Longitudinal-Transversal Casco 3.

Fuente: (Autores)

De acuerdo a los resultados, el casco 3 tiene una dureza media de 76.8 HD, la misma que corresponde a una fuerza de 34.18 N, en el literal 1.4.1 se especifica el rango de dureza por lo que el casco se encuentra dentro de dichos parámetros, por tal motivo en caso de presentar un siniestro las lesiones terminarían siendo leves para el motociclista.

3.3.3. Ensayo de Rigidez

En la figura 88, se visualiza el comportamiento del Casco 3 sometido a compresión, el valor de la fuerza aumenta progresivamente hasta 600 N, en un tiempo de 35 segundos, posterior a ello se origina una leve ruptura, de tal manera que la carga disminuye a 300 N, debido a ello las partes internas del sistema abatible fueron desprendidas del casco, pero la coraza conservó su forma. Así, pues la carga comienza nuevamente a subir desde 300 N hasta 630 N en 35 segundos. La deformación que presenta el Casco 3 es de 6 cm, lo cual está fuera del rango permitido por la normativa descrita en el literal 1.2.3.4.

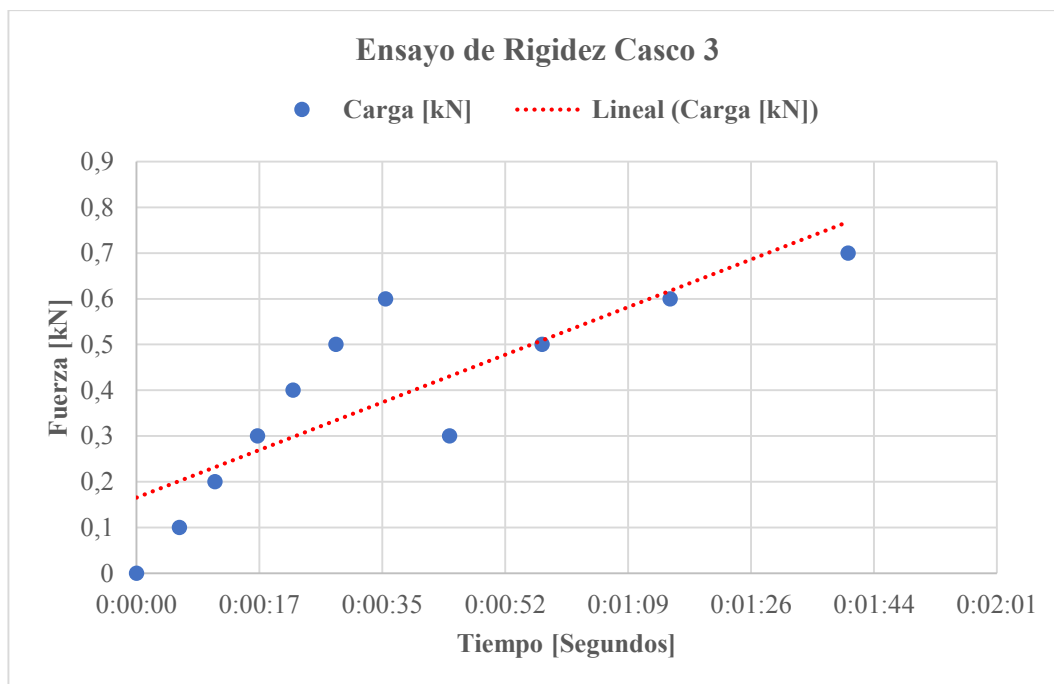


Figura 88. Grafica de la Prueba de Rigidez Casco 3.
Fuente: (Autores)

De acuerdo a lo expresado anteriormente, el casco presenta un desprendimiento del sistema abatible al realizar la prueba manteniendo intacta la coraza como se indica en el anexo 14, el segundo aspecto es la deformación ya que supera el límite establecido, sin embargo, la normativa destaca que el casco mantenga la coraza sin daños graves, en base a lo descrito, el casco 3 supera la prueba de rigidez.

3.4. Análisis de Resultados Casco 4

3.4.1. Ensayo de Resistencia de Penetración al Visor

En la figura 89, se observa el comportamiento del impacto de la masa de 3 Kg hacia el visor, por ende, en el punto de impacto 1 se originó un orificio pasante con presencia de astillas mayores a 60° , lo cual reduce el valor del voltaje de 5 V a 0.30 V equivalente a una fuerza de 91.23 N. Para el punto de impacto 2 se examinar un comportamiento similar, donde el voltaje desciende de 5 V a 0.22 V, generando un orificio no pasante con presencia de astillas agudas. Por último, en el punto de impacto 3 se registra las mismas condiciones mencionadas para el punto de impacto 2 con un decrecimiento del voltaje de 5 V a 0.29 V.

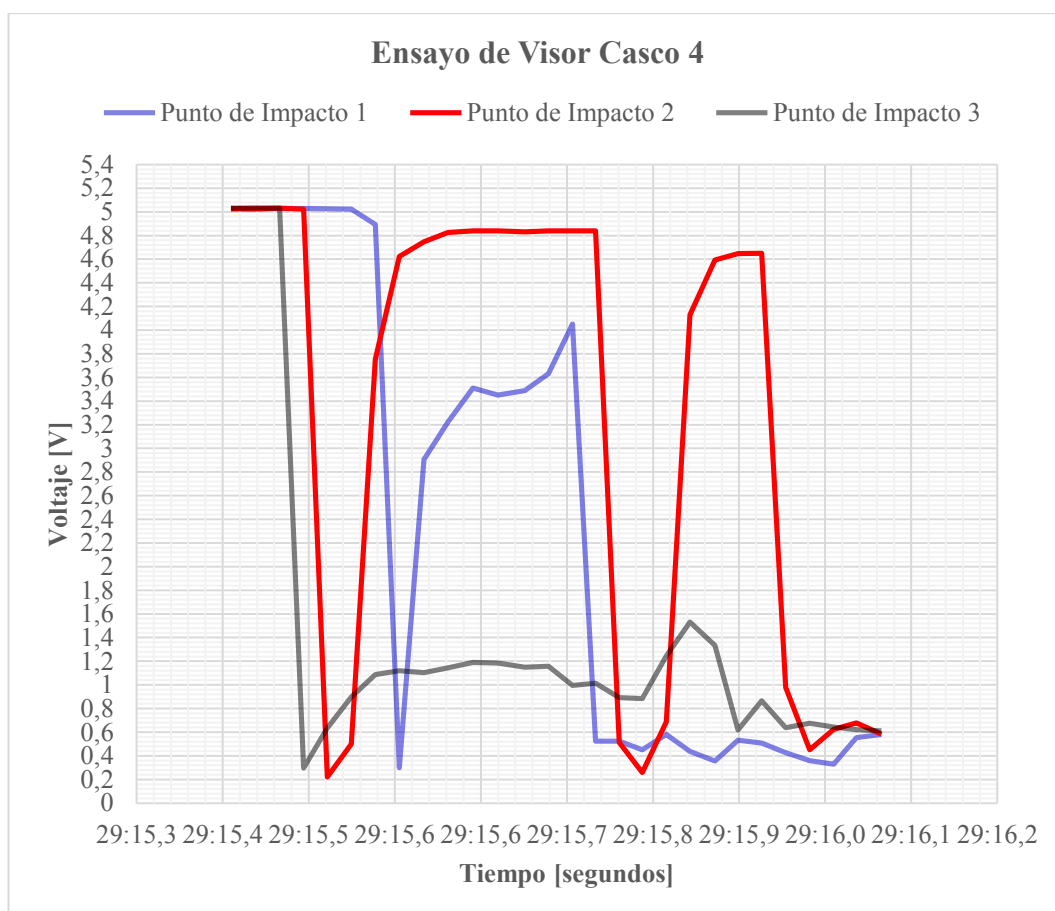


Figura 89. Grafica Característica de la Prueba de Visor Casco 4.
Fuente: (Autores)

Entorno a la gráfica característica, se comparece con el literal 1.2.3.7 que el Casco supera satisfactoriamente el ensayo, los picos de voltaje se asemejan en la caída de voltaje y a su vez la fuerza de impacto es menor. El resultado fotográfico se encuentra en el anexo 5.

3.4.2. Ensayo de Presión Longitudinal y Transversal

En la figura 90, se puede examinar como el valor de la dureza del casco no es uniforme sobre el plano longitudinal y transversal medidos sobre la superficie de la coraza. Este elemento de protección dota de una dureza Shore de 77 y 80 HD como se indica en el Anexo 10, equivalentes a una media de 78,6 HD y una fuerza media de 34.98 N, la misma que supera satisfactoriamente esta prueba bajo los requerimientos necesarios establecidos en la norma ISO 868 expresado en el literal 1.4.1.

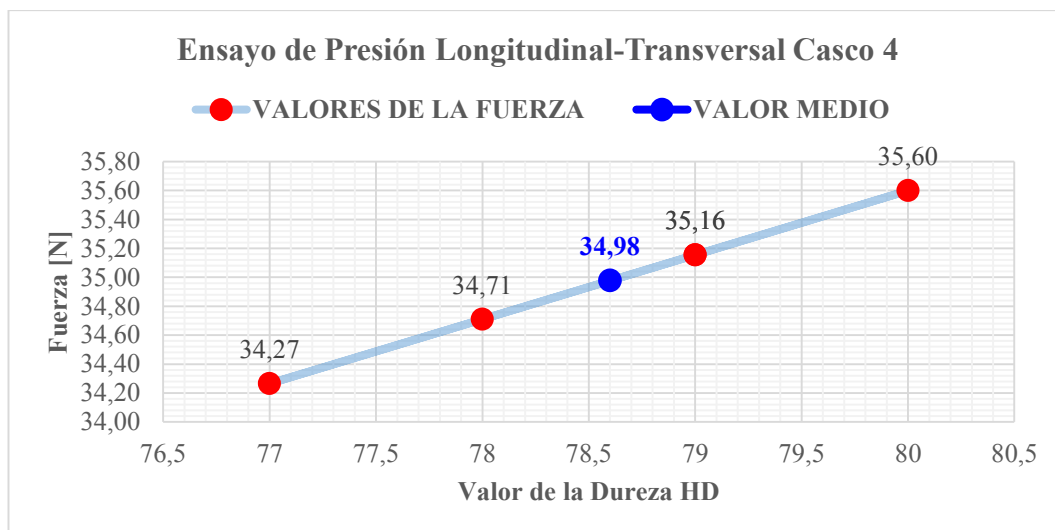


Figura 90. Grafica de Presión Longitudinal-Transversal Casco 4.
Fuente: (Autores)

De la misma manera, este elemento de protección exigido por los Organismos de Control Nacional cumple con el material ABS en porcentaje satisfactorio, como resultado se aprueba los valores permisibles de la dureza Shore estipulados en la Normativa antes enunciada.

3.4.3. Ensayo de Rigidez

En la gráfica 91, por consecuencia se visualiza el comportamiento del ensayo de rigidez, de este modo la carga incrementa casi linealmente hasta alcanzar los 630N durante un periodo de 40 segundo, permaneciendo el Casco 4 en óptimas condiciones como se indica en el anexo 15, por ende, el casco soporta la fuerza máxima preestablecida por la Normativa. Por otro lado, la deformación obtenida es de 5.7 cm desafortunadamente ese valor no está en el rango permitido de acuerdo al literal 1.2.3.4.

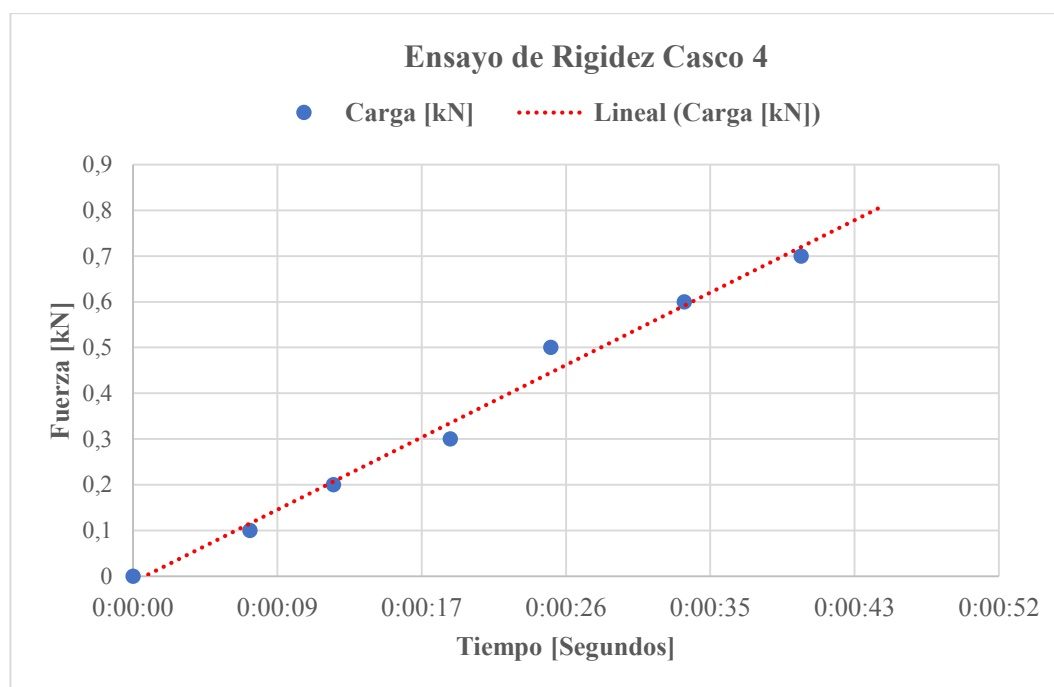


Figura 91. Grafica de la Prueba de Rigidez Casco 4.
Fuente: (Autores)

Por tanto, a lo antes mencionado, la prueba de rigidez para el Casco 4 es superada, debido a que lo más importante es que no exista rupturas graves en la coraza y resista la carga máxima que especifica la normativa.

3.5. Análisis de Resultados Casco 5

3.5.1. Ensayo de Resistencia de Penetración al Visor

En la figura 92, se puede analizar los 3 impactos, de tal manera que el primer impacto tiene una caída de voltaje de 5 V a 0.92 V equivalente a una fuerza de 28.44 N, suscitando un agujero no pasante con menor pendiente. Por ende, el segundo impacto conlleva un descenso de voltaje de 5 V a 0.41 V, dejando como resultado un agujero no pasante y con presencia de astilla no significativas. Finalmente, el punto de impacto 3 se repite las mismas observaciones, pero con un decrecimiento de voltaje de 5 V a 0.26 V.

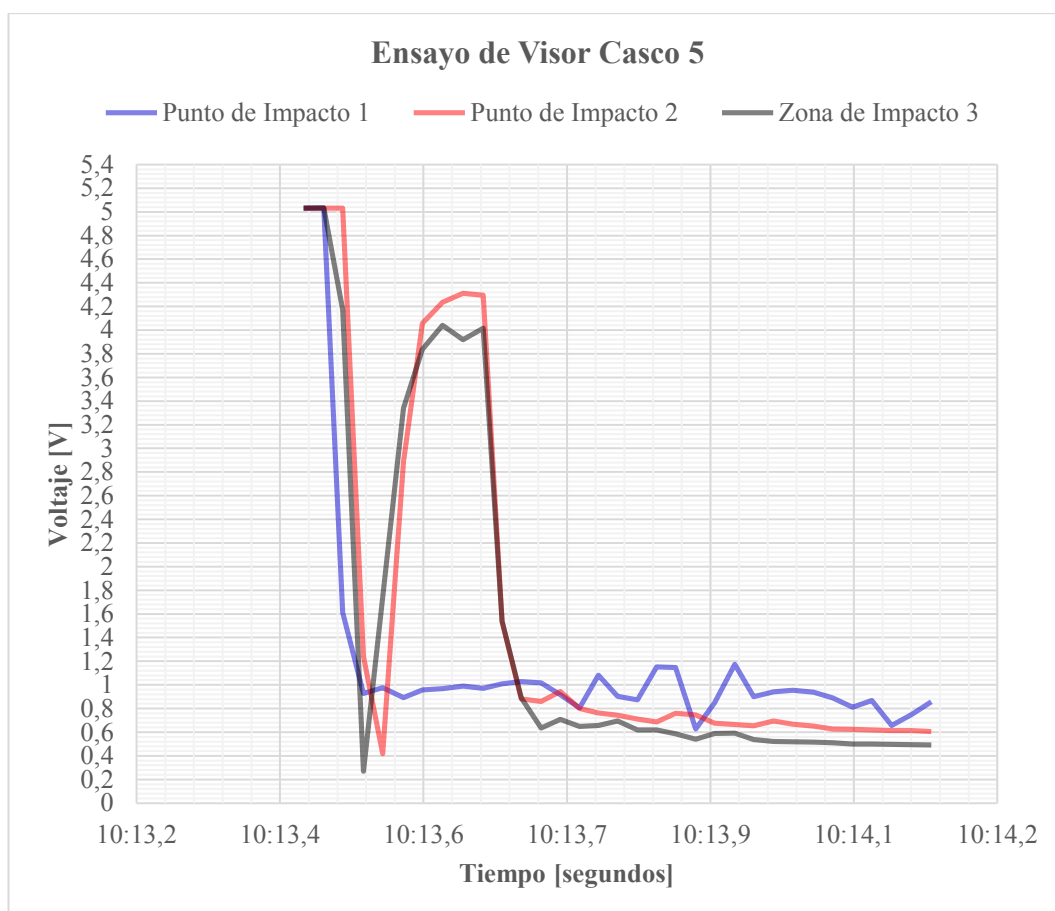


Figura 92. Grafica Característica de la Prueba de Visor Casco 5.
Fuente: (Autores)

Dentro del análisis, el casco 5 logro amortiguar en gran medida los golpes, por tanto, la gráfica se estabiliza de una manera eficaz, de esta manera el casco cumple con el funcionamiento del visor estipulado en el literal 1.2.3.7 de la Normativa Nacional. El resultado fotográfico se encuentra en el anexo 6.

3.5.2. Ensayo de Presión Longitudinal y Transversal

En la figura 93, evaluaremos el comportamiento de la dureza shore frente a la fuerza aplicada para medición de la misma, de manera que se puede determinar si este supera el ensayo respectivo. Por ende, este casco de protección se apodera en un dominio entre 76 a 85 HD, con una dureza media de 80,2 HD, la misma que equivale a una fuerza media de 36.69 N. Por lo tanto, este material concebido para la coraza supera satisfactoriamente la prueba de presión realizados sobre los planos longitudinal y transversal respectivamente como se ilustra en el Anexo 11.

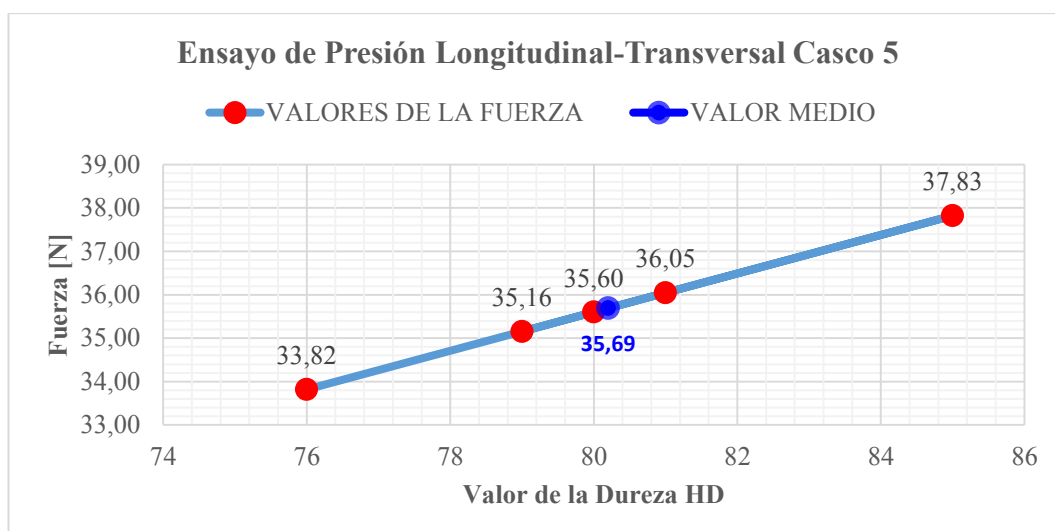


Figura 93. Grafica de Presión Longitudinal-Transversal Casco 5.
Fuente: (Autores)

Por último, conforme a los análisis realizados la composición de ABS en la coraza del casco cumple eficazmente con la dureza de 80.2 HD mencionada en la normativa ISO 868 del literal 1.4.1 siendo así la protección de la cabeza del motociclista al presentar un siniestro obtendría lesiones muy leves.

3.5.3. Ensayo Rigidez

En la figura 94, se plasma los resultados del ensayo de rigidez, en primera instancia la carga avanza hasta 630N durante un tiempo de 22 segundos, a su vez el casco conserva su forma de la coraza en perfecto estado, pero el visor es desprendido como se indica en el anexo 16. Los valores de la fuerza aplicada se asemejan a la curva lineal, lo que indica que el casco es seguro, en base al soporte de la fuerza máxima, por otra parte, la deformación obtenida es de 5.8 cm, en cuanto a lo que se describe en la normativa ese valor no consta en el rango permitido.

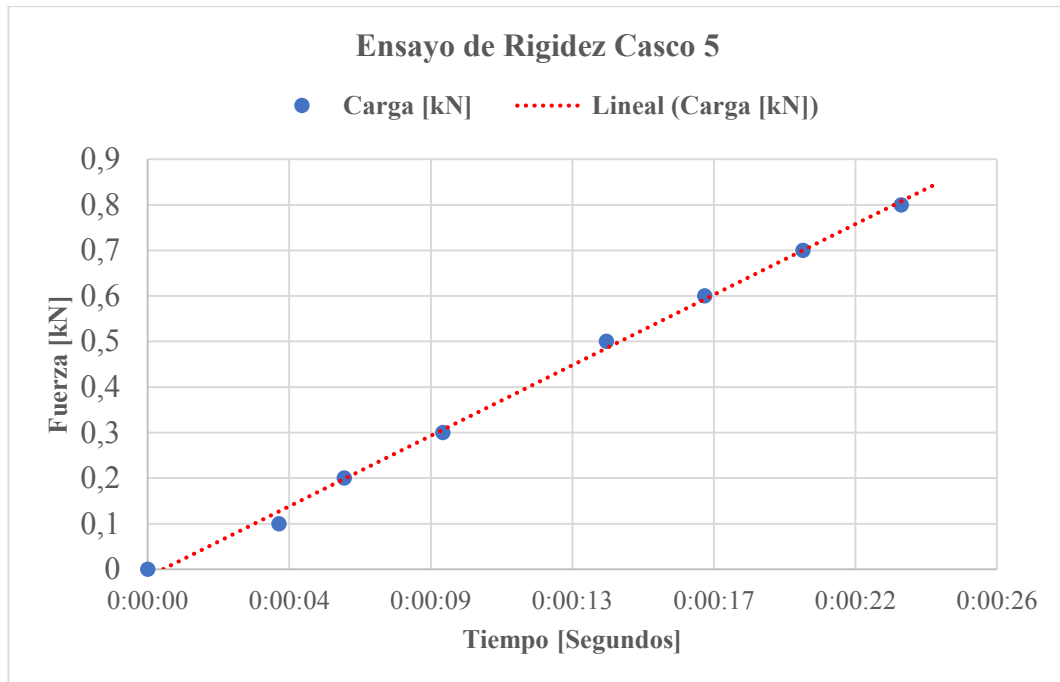


Figura 94. Grafica de la Prueba de Rigidez Casco 5.
Fuente: (Autores)

Finalmente, el Casco 5 supera la prueba de rigidez, es conveniente conservar la coraza al incrementar la carga, por otro lado, la curva es completamente lineal durante un periodo corto, además es importante destacar que soporta hasta 800N, lo cual es favorable ante un siniestro que puede provocar lesiones muy graves.

CONCLUSIONES

Por medio de la fundamentación teórica se determinó la información requerida para el presente estudio, por lo que se pudo conocer los tipos de homologación de cascos, la manera en la que cada homologación ejecuta la prueba y a su vez los requisitos que deben cumplir, de la misma forma se logró determinar los siniestros que se presentan en nuestro país, reflejan un índice significativo de consecuencias y lesiones a tal punto que es importante el uso del casco de motocicleta debidamente homologado.

Al realizar los ensayos destructivos se pudo apreciar de manera tanto visual como gráfica el comportamiento del casco frente a tres escenarios diferentes, logrando de esta manera generar una ficha de control que corrobore con la toma de muestras, así pues uno de los cascos a experimentar no supero ninguna de las tres pruebas, por lo tanto el conductor al portar un casco de esta índole tendría consecuencias severas frente a un siniestro, por otra parte tres de los cascos ensayados superaron las tres pruebas de manera satisfactoria que a su vez está reflejado en la alta exigencia de homologaciones internacionales.

Al analizar las gráficas de los ensayos realizados, se puede observar que los materiales para la parte del visor no son los adecuados ya que en sus características específicas del casco dicen lo contrario respecto a rayaduras, seguidamente las gráficas para el segundo ensayo demuestran que cuatro de los cascos experimentados cuentan con un porcentaje aceptable de Acrilonitrilo Butadieno Estireno en la coraza debido a una dureza superior a 75 HD lo que significa que durante el impacto ante un accidente las lesiones son leves, finalmente, las gráficas del tercer ensayo nos demuestran que las cargas aplicadas cuatro de los cascos ensayados soportan los 630N en menor tiempo que otros, lo que indica que la calidad del material poliuretano o poliestireno es alta en la parte interna, logrando de esta manera reducir las enfermedades cervicales o la muerte, mientras mayor número de homologaciones tenga, la curva es completamente lineal, por tanto se concluye que, de los cinco cascos experimentados dos no son recomendables debido a la resistencia del material de fabricación.

El análisis de la comercialización de cascos, está basada en la Normativa Nacional 2669 y las homologaciones NTC, DOT, ECE y JIS, tomando en cuenta que en nuestro país existe la normativa, pero no existe un centro que homologue Cascos, además la NTE 2669 tiene un menor número de ensayos comparado con normativas internacionales, de manera que es necesario aumentar la cantidad de pruebas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al Instituto de Normalización Ecuatoriana, realizar una segunda revisión de la normativa, con la finalidad de incrementar el número de ensayos y las especificaciones técnicas para salvaguardar la vida de las personas que utilizan este medio de transporte.

Se recomienda a la ciudadanía obtener la información necesaria del casco antes de ser adquirido, de tal modo que el usuario tenga la confianza necesaria para poder transitar por las calles, es necesario que el casco cuente como mínimo dos homologaciones ya que de ese modo reduce las lesiones severas ante un siniestro.

Finalmente, se recomienda a las personas que expenden cascos para motocicletas tomar conciencia del producto que están comercializando, que sea debidamente homologado ya que no solo es el precio del mismo, sino que es una vida que se puede salvar o perder.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ ANT. (2019a, enero 22). *Descargables—Siniestros Diciembre 2018—Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador—ANT [CORPORATIVAS]. AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO.*
<https://www.ant.gob.ec/index.php/descargable/file/6096-siniestros-diciembre-2018>
- ✓ ANT. (2019b, enero 22). *Ley de Transparencia 2020—Siniestros Diciembre 2018—Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador—ANT.*

- <https://www.ant.gob.ec/index.php/ley-de-transparencia/ley-de-transparencia-2020/file/6096-siniestros-diciembre-2018>
- ✓ ANT. (2019c, noviembre 13). *Descargables—Reporte Nacional de Siniestros de Tránsito Octubre 2019—Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador—ANT [CORPORATIVAS]. AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO.*
<https://www.ant.gob.ec/index.php/descargable/file/6893-reporte-de-siniestros-de-transito-octubre-2019>
 - ✓ Authenticated U.S. Government Information. (2011). *49 CFR § 571.218—Standard No. 218; Motorcycle helmets.* LII / Legal Information Institute.
<https://www.law.cornell.edu/cfr/text/49/571.218>
 - ✓ AVAE. (2014, octubre 24). *Tipos de cascos para moto. Abiertos, integrales, modulares. - Escuela de Conductores—AVAE. CORPORATIVA.*
<https://www.escueladeconductores.es/ver/138/cascos-moto-tipos.html>
 - ✓ Caberg Freeride My15 con calota exterior pequeña en Mototrafic. (s. f.). *Mototrafic.* Recuperado 29 de noviembre de 2019, de <https://www.mototrafic.com/es/magasin/cascos/caberg-freeride-calota-exterior-pequena/>
 - ✓ Calisto, M. G. (2015). *Diego Xavier Román Matamoros.* 165.
 - ✓ Carlos Andrés Ramírez B. (2017). *Normativa de Cascos homologados FIM – FIM Latin America.* <http://fim-latinamerica.com/w/normativa-de-cascos-homologados-fim-fim-latin-america/>
 - ✓ Carrión, L., Ochoa, D., & Valverde, J. A. (s. f.). *SENSOR DE FUERZA RESISTIVO (FSR).* 9.
 - ✓ *Casco Integral Shoei Casco Qwest Blanco.* (2017). Moto Fusión.
<https://motofusion.es/casco-integral-shoei-casco-qwest-blanco/>

- ✓ *CASCO MODULAR LS2 FF 370 BLANCO*. (s. f.). TODO PARA TI Y TU MOTO. Recuperado 29 de noviembre de 2019, de https://centromotobiedma.com/index.php?id_product=879&controller=product&id_lang=3&id_lang=3
- ✓ CTE. (2018). *Biblioteca – Comisión de Tránsito del Ecuador*. <https://www.comisiontransito.gob.ec/biblioteca/>
- ✓ ElenaB. (2014, febrero 18). Accidentes de motos, lesiones más frecuentes. *BlogdelaMoto.com*. <http://blogdelamoto.com/accidentes-motos-lesiones-frecuentes/>
- ✓ EnjoyTheRide. (2018). *ELEGIR EL CASCO DE MOTO* archivos. EnjoyTheRide. <https://www.motoblouz.es/enjoytheride/guias-compras/elegir-casco-de-moto/cascos-de-moto-composicion-materiales?uid=49>
- ✓ FIA Foundation for the Automobile and Society, Global Road Safety Partnership, World Bank, & World Health Organization. (2006). *Helmets: A road safety manual for decision-makers and practitioners*. World Health Organization.
- ✓ Gavinelli, V. (2020, febrero 26). *Practicas Resistencia 2011 -2012*. Pdfslide.Net. <https://pdfslide.net/documents/practicas-resistencia-2011-2012.html>
- ✓ INEN. (2013, mayo 5). *NTE INEN 2669—Servicio Ecuatoriano de Normalización*. studylib.es. <https://studylib.es/doc/5868290/nte-inen-2669---servicio-ecuatoriano-de-normalización>
- ✓ *INEN, 2013*. (s. f.). Recuperado 26 de noviembre de 2019, de <https://canfacecuador.com/normas/2669.pdf>

- ✓ Introducción al Durómetro. (2015). Introducción al Durómetro. *De Máquinas y Herramientas*. <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/durometro-tipos>
- ✓ JIS T 8133. (2015). *JIS T 8133:2015 乗車用ヘルメット*. <https://kikakurui.com/t8/T8133-2015-01.html>
- ✓ KOQ. (2018, junio 12). Movilizarse en moto implica un peligro constante. *Diario El Mercurio*. <https://ww2.elmercurio.com.ec/2018/06/12/constantes-accidentes-implican-a-motociclistas/>
- ✓ Motobuykers. (2018, octubre 20). ¿Cómo saber si mi casco de moto está homologado? *Blog Motobuykers*. <https://www.motobuykers.es/weride/como-saber-si-mi-casco-de-moto-esta-homologado/>
- ✓ ONU. (2018). *Accidentes de tránsito*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- ✓ Ortiz Sara. (s. f.). *El tipo de casco que usa un motociclista es su seguro en un accidente | El Comercio*. Recuperado 14 de febrero de 2020, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/transito-casco-motociclista-seguro-accidente.html>
- ✓ Rex Gauge Durometers. (2018). *Model 1600 Dial Durometer*. Rex Gauge Durometers. <https://www.durometer.com/product/model-1600-dial-durometer/>
- ✓ Robotic & Microcontroller Educational. (2013). *Robotic & Microcontroller Educational Knowledgepage*. https://home.roboticlab.eu/_detail/en/examples/sensor/force_sensing_resistor.png?id=en%3Aexamples%3Asensor%3Aforce

- ✓ Sas, D., & Pereira, D. (s. f.). *ACCEMOTOS AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL (ANSV) AGV COLOMBIA SAS AKT ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA (ANDI)—CÁMARA AUTOMOTRIZ AUTEKO SAS CASCOS LAR S.A. CASCOS MOLMO CASCOS TEO CASCOS Y PARTES COMERCIALIZADORA EUROPEA DE MOTOS Y ACCESORIOS SAS COMERCIALIZADORA INDUCASCOS S.A. CORBETA DISMOTOS PM EU. 90.*
- ✓ *The Motorcycle Helmet Parts.* (s. f.). Recuperado 29 de noviembre de 2019, de <https://motorcycleroom.com/the-motorcycle-helmet-parts/>
- ✓ TodoCircuito. (2019). *Cómo se fabrica un casco.* <https://www.todocircuito.com/reportajes/29-como-se-fabrica-un-casco.html/pagina-1>

APÉNDICES

Apéndice A. Propiedades de los Cascos.

PROPIEDADES DE LOS CASCOS PARA EL ENSAYO DESTRUCTIVO	
Casco 1	
Marca/Modelo	
Imagen	
Talla [Centímetros]	
Tipo de Casco	
Material de Superficie	
Peso [Gramos]	
Certificación	
País de Origen	
Precio [Dólares]	
Interior Desmontable	
Ventilación	
Lugar de Compra	
Dirección	
Tipo de lugar	

Apéndice B. Protocolo de Pruebas para Realizar el Ensayo de los Cascos.

1. Adquisición de la Horma: Utilizar una de las tallas establecidas en la Normativa Nacional.
2. Adquisición del Casco: para realizar esta prueba se utilizará 5 cascos de motocicletas comercializados en Cuenca.
3. Características de los Cascos: detallar mediante una tabla las propiedades técnicas, físicas del producto.
4. Almacenamiento de los Cascos y la Horma: guardar en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana a temperatura ambiente previo a realizar los ensayos.
5. Diseño y Construcción del Equipo de Prueba para Visor: realizar de acuerdo a las especificaciones de la Normativa Técnica Ecuatoriana (NTE 2669).
6. Registro Fotográfico de Pruebas: Para cada ensayo, se tomará fotografías para evidenciar el estado inicial y final del casco.
7. Registro y Adquisición de Datos: utilizar las herramientas necesarias durante las pruebas, a fin de no perder las muestras y aspectos relevantes.
8. Guardar todos los datos del estudio a fin de defender cualquier observación o inquietud.

Apéndice C. Ficha de Control-Ensayo de Visor.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE VISOR						
Responsable del ensayo						
Fecha		Normativa	NTE	ECE	NTC	JIS
<i>Casco 1</i>						
MODELO/MARCA	Punto de Impacto	OBSERVACIONES				
	1, 2, 3					
	Espesor de Visor:					
	Ancho de Correa:					

Apéndice D. Ficha de Control-Ensayo de Presión Longitudinal-Transversal.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO PRESIÓN LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL						
Responsable del Ensayo						
Fecha		Normativa	DOT	ECE	NTC	JIS
<i>Casco 1</i>						
Modelo/Marca	Punto de Medición [H _D]	Valor de la Fuerza [mN]	Valor de la Fuerza [N]	Valor Medio de la Fuerza [N]		
OBSERVACIONES						

Apéndice E. Ficha de Control-Ensayo de Rigidez.

FICHA DE CONTROL PARA EL ENSAYO DE RIGIDEZ						
Responsable del ensayo						
Fecha		Normativa	DOT	ECE	NTC	JIS
Casco 1						
<i>Marca/Modelo</i>	<i>Fuerza Aplicada [N]</i>	<i>Distancia Inicial [mm]</i>	<i>Distancia Final [mm]</i>			
<i>DEFORMACIÓN [mm]</i>						
<i>OBSERVACIONES</i>						

ANEXOS

Anexo 1. Masas para obtener la Curva Característica del Sensor FSR.



Anexo 2. Prueba de Visor Casco 1.



Anexo 3. Prueba de Visor Casco 2.



Anexo 4. Prueba de Visor Casco 3.



Anexo 5. Prueba de Visor Casco 4.



Anexo 6. Prueba de Visor Casco 6.



Anexo 7. Prueba de Presión longitudinal y Transversal Casco 1.**Anexo 8. Prueba de Presión longitudinal y Transversal Casco 2.**

Anexo 9. Prueba de Presión longitudinal y Transversal Casco 3.



Anexo 10. Prueba de Presión longitudinal y Transversal Casco 4.



Anexo 11. Prueba de Presión longitudinal y Transversal Casco 5.**Anexo 12. Prueba de Rigidez Casco 1.**

Anexo 13. Prueba de Rigidez Casco 2.



Anexo 14. Prueba de Rigidez Casco 3.



Anexo 15. Prueba de Rigidez Casco 4.



Anexo 16. Prueba de Rigidez Casco 5.

