



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS DE LOS CASCOS DE MOTOCICLETAS MEDIANTE
ELEMENTOS FINITOS PARA LA VERIFICACIÓN DE SUS PROPIEDADES
MECÁNICAS**

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

AUTORES: ARIEL ALEXANDER MEDINA GONZÁLEZ
JOSÉ FERNANDO ROJAS BARRERA
TUTOR: ING. MARCO ESTEBAN AMAYA PINOS, MSc.

Cuenca - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Ariel Alexander Medina González con documento de identificación N° 1900854397 y José Fernando Rojas Barrera con documento de identificación N° 0106148281; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo, autorizamos que la Universidad Politécnica Salesiana sin fines de lucro proceda a; difundir, usar o publicar de manera parcial o total el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 15 de febrero del 2024

Atentamente,



Ariel Alexander Medina González
1900854397



José Fernando Rojas Barrera
0106148281

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Ariel Alexander Medina González con documento de identificación N° 1900854397 y José Fernando Rojas Barrera con documento de identificación N° 0106148281, manifestamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Análisis de los cascos de motocicletas mediante elementos finitos para la verificación de sus propiedades mecánicas”, 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 concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de febrero del 2024

Atentamente,



Ariel Alexander Medina González

1900854397



José Fernando Rojas Barrera

0106148281

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Marco Esteban Amaya Pinos con documento de identificación N° 0102263480, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DE LOS CASCOS DE MOTOCICLETAS MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS PARA LA VERIFICACIÓN DE SUS PROPIEDADES MECÁNICAS, realizado por Ariel Alexander Medina González con documento de identificación N° 1900854397 y por José Fernando Rojas Barrera con documento de identificación N° 0106148281, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Marco Esteban Amaya Pinos, MsC.

0102263480

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi familia, especialmente mis padres Nely y Antonio, por brindarme esa oportunidad de lograr alcanzar una más de mis metas que me he propuesto, objetivo que sin ellos me hubiese sido difícil lograrlo. Ustedes fueron y serán un pilar fundamental, en todo mi trayecto de vida, gracias por su constancia y el amor que me brinda en cada momento.

José Fernando Rojas Barrera

Este proyecto de titulación quiero dedicar a Dios por darme esa energía y derramar sabiduría e inteligencia para alcanzar mis objetivos propuestos desde un principio y finiquitar esta hermosa carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. De la misma manera a mis Padres y Abuelos, ya que, sin su apoyo incondicional, no lo hubiese logrado a completaron mis metas, es el detalle y regalo más grande que me pudieron obsequiar en mi vida, y así poder seguir saliendo adelante como persona y un gran profesional ante la sociedad.

Ariel Alexander Medina González

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bríndame la vida y permitirme culminar mi objetivo en los estudios de Ingeniero Automotriz, a mis padres por ser la fortaleza que me apoyan en cada momento, a cada uno de los docentes que formaron parte de mi trayecto universitario y a la Universidad Politécnica Salesiana por permitirme este logro.

José Fernando Rojas Barrera

Primeramente, agradezco a Dios por darme la vida, la oportunidad de estudiar y de culminar a su vez mi Estudio de Ingeniería Mecánica Automotriz, de la misma manera a mis Padres Juan Medina y Glenda González por todo el esfuerzo y apoyo, así mismo a mis Abuelos Alonso González, Carmen Bueno, fueron fuente importante en todos mis estudios, mis Hermanos Cristóbal Medina, Jhoel Medina, mi Esposa e Hija siempre me alentaron y motivaron para salir adelante, por otra parte, agradezco al Ing. Marco Amaya por ser parte y encaminar con nosotros en este proyecto como tutor, guiándonos. Para finalizar, agradezco a todos quienes conformamos la familia UPS enseñándome todos sus conocimientos y formándome un profesional en el País y el Mundo.

Ariel Alexander Medina González

RESUMEN

Este proyecto está realizado en base al análisis de los cascos para motocicletas mediante elementos finitos para la verificación de sus propiedades mecánicas con el propósito de comprobar la efectividad del material que están elaborados dichos cascos, el proyecto está compuesto por tres capítulos, que se definen a continuación.

En el capítulo 1 se realizara un investigación acerca del estado del arte relacionada con los cascos de motocicletas como es sus partes y clasificación, obteniendo una mayor perspectiva relacionada a sus diferentes diseños que estos poseen, posterior a ello se buscara información de los diferentes materiales que pueden ser elaborados, por otra parte se revisara su normativa y homologaciones respectivas que estos deben de cumplir para ingresar al país y poder ser comercializados, por consiguiente se obtendrá dos cascos de los cuales se podrá llevar a cabo a la extracción de las probetas que nos ayudaran a encontrar sus propiedades mecánicas mediante la aplicación de un ensayo de tracción.

En el capítulo 2 se procederá a detallar las características que poseen los dos cascos obtenidos anteriormente, para después llevarlos al proceso de modelado de los mismos, donde se empleara el uso de una maquina scanner en 3D, finalmente se lo exportara al software de diseño en el que realizaremos las respectivas simulaciones, en el cual se reemplazara el tipo de material que están compuestos y así poder obtener el comportamiento de los mismos.

Por último, en el capítulo 3 se obtendrá los resultados del comportamiento de las propiedades mecánicas de la simulación que fue llevada a cabo por elementos finitos, después se realizará ensayos destructivos de los dos cascos logrando tener la información necesaria para poder efectuar una comparación de los dos procesos antes mencionados, de esta forma se llegará a una conclusión en base a los resultados finales.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	11
PROBLEMA	12
IMPORTANCIA Y ALCANCES	12
DELIMITACION	13
OBJETIVOS	13
ESTADO DEL ARTE	14
1.1 Cascos de Motocicletas	14
1.2 El casco como sistema de seguridad para motocicleta	14
1.3 Incremento de accidentabilidad en motocicletas.	15
1.4 Partes y clasificación de cascos para motocicletas	16
1.5 Tipos de materiales que componen un casco para motocicletas	19
1.6 Normativa Nacional 2669	20
1.7 Normativas internacionales	20
1.8 Homologaciones de normativas para el uso y certificación de casco de motocicletas por países	22
1.9 Elementos Finitos (FEA)	23
1.9.1 Funcionamiento del programa de elementos finitos	23
2. Procedimiento de Ensayos de Laboratorio	25
2.1 Normativa INEN 2043	25
2.2.1 Preparación de las probetas	25
2.2.2 Diseño de la Probeta	26
2.2.3 Corte por Chorro de Agua	26
2.3 Ensayo de Tracción para encontrar las propiedades mecánicas de los cascos 27	
2.3.1 Ensayos de Tracción de la Probeta	28
2.4 Modelado del Casco en el Software	29
2.4.1 Características de los Cascos para el Diseño Seleccionados	29
2.4.2 Modelado	33
2.4.3 Proceso del modelado	34
3. Resultados	37
3.1 Análisis de la deformación de las probetas	37
3.1.1 Probetas – Casco integral	37

3.1.2	Probetas – Casco Cross	38
3.2	Ensayo de validación	39
3.2.1	Primera Prueba – Casco Abierto	39
3.2.2	Segunda Prueba – Casco Cerrado	40
3.2.3	Formulas Aplicadas	41
3.3	Análisis por Elementos Finitos	42
3.3.1	Casco integral	42
3.3.1.1	Deformación	42
3.3.1.2	Esfuerzos de Von Misses	43
3.3.2	Casco Cross	45
3.3.2.1	Deformación	45
3.3.2.2	Esfuerzos de Von Misses	45
4.	Conclusiones	48
5.	Recomendaciones	49
6.	REFERENCIAS	50
	ANEXOS	53

Índice de Figuras

Figura 1:	Estadística de siniestros por tipo de vehículo	15
Figura 2:	Partes de un Casco para Motocicleta.	17
Figura 3:	Casco Abierto.	17
Figura 4:	<i>Casco Cerrado</i>	18
Figura 5:	Casco Mixto.	18
Figura 6:	Estructuras Termoplásticos	19
Figura 7:	Elementos finitos.	23
Figura 8:	Funcionamiento genérico de un programa de elementos finitos	24
Figura 9:	Probeta tipo A (Dimensiones en mm)	25
Figura 10:	<i>Diseño de probeta tipo A</i>	26
Figura 11:	<i>Corte de las probetas</i>	27
Figura 12:	Ensayo de Tracción	27
Figura 13:	Maquina Universal UPS	28
Figura 14:	Sujeción de las Probetas	29
Figura 15:	Posición del Scanner	34

Figura 16: Modelado del Casco Integral	35
Figura 17: Modelado Casco Cross	36
Figura 18: Modelado Casco Integral	36
Figura 19: Deformación de las probetas Casco Integral	37
Figura 20: Deformación de las probetas Casco Cross	38
Figura 21: Deformación de las probetas Casco Cross	39
Figura 22: Deformación de las probetas Casco Cross	40
Figura 23: Deformación del Casco Integral	43
Figura 24: Esfuerzos de Von Misses Casco Integral	43
Figura 25: Proyección de Energías en comparación al tiempo	44
Figura 26: Deformación del Casco Cross	45
Figura 27: Esfuerzos de Von Misses Casco Cross	45
Figura 28: Proyección de Energías en comparación al tiempo Casco Cross	46

Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Propiedades Mecánicas</i>	20
Tabla 2. Homologación por Países	22
Tabla 3. <i>Datos de Homologación</i>	22
Tabla 4. <i>Propiedades Casco Cerrado</i>	29
Tabla 5. <i>Propiedades casco Cross</i>	32
Tabla 6. <i>Deformación de las probetas Casco Integral</i>	38
Tabla 7. <i>Deformación de las probetas Casco Cross</i>	39
Tabla 8. <i>Ensayo de Validación Casco Abierto</i>	40
Tabla 9. <i>Ensayo de Validación Casco Cerrado</i>	41

índice de Anexos

ANEXO 1 Informe de Laboratorio de Control de Calidad Casco Integral	53
ANEXO 2 Informe de Laboratorio de Control de Calidad Casco de Cross.....	56

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Cuenca en estos últimos años debido a la alta presencia vehicular, las personas han optado por buscar otros medios de movilidad alternativos, de acuerdo a las estadísticas de la ANT, el número de motocicletas dentro y fuera de la ciudad, se ha visto incrementado de una forma considerable, llevando consigo a una mayor comercialización de los elementos de seguridad para sus ocupantes como son “Los Cascos”, mismo que de acuerdo al mercado están certificados y cumplen con la Normativa, durante un accidente el motociclista es quien posee la mayor desventaja de sufrir alguna lesión o incluso la muerte, razón importante de conocer el comportamiento del material que poseen estos cascos.

Razón por la cual el análisis que se llevara a cabo está enfocado a realizarse mediante el uso de elementos finitos y ensayos físicos para observar el comportamiento del material frente a un impacto, para realizar este proceso se utiliza como guía, los requisitos que deben de cumplir los casco de acuerdo a la normativa vigente para su comercialización a nivel nacional, se tomaron como muestra dos cascos de diferente diseño y marca, que de acuerdo a los locales comerciales son lo que más se comercializan.

Los métodos de ensayos que la Normativa Nacional exige es la absorción de impacto tanto en la parte superior y lateral del casco, mismo que serán llevados a cabo dentro del Software de ANSYS y la parte física se utilizara el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana.

PROBLEMA

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Al momento de transitar por las calles el vehículo más expuesto a sufrir un accidente grave es el de la motocicleta, llevando consigo consecuencias mortales del 33% de los 2.131 casos y tener lesiones de gravedad en el 31.6% de 17.532 accidentes registrados (ANT, 2022), Es importante indicar que la estadística en el Ecuador es muy pobre con respecto al análisis de la efectividad del casco de motocicletas durante un accidente de tránsito. De acuerdo a las investigaciones realizadas, actualmente se cuenta con un estudio realizado (Lema Guallpa & Morocho Fernández, 2020), la cual realizan diferentes pruebas de ensayos en cascos homologados, sin embargo, toda esa información no ha sido llevada a un software de diseño, motivo por el cual no se le ha dado la importancia requerida ya que dichos datos necesitan una validación de las propiedades mecánicas de los mismos, esto permitirá aplicar y analizar su comportamiento ante accidentes de tránsito.

IMPORTANCIA Y ALCANCES

El presente trabajo de investigación pretende analizar el comportamiento de los cascos de motociclistas basados en investigaciones previas, las mismas que permitirán simular comportamientos de deformación y esfuerzos producto de accidentes o colisiones de tránsito, esto mediante una metodología específica que pueda ser aplicada por medio de elementos finitos con la finalidad de realizar un análisis efectivo de este elemento considerando las propiedades mecánicas del material de cual está construido estos elementos de seguridad, además de servir como fuente de información para la sociedad logrando una concientización acerca del uso con respecto al tipo de casco que lo llevan utilizando ya que este accesorio cumple un papel importante al momento de circular por la calles, debido a que si en alguna situación llegase a sufrir un accidente, esté actuaría como un elemento de protección al conductor.

DELIMITACION

La delimitación del presente proyecto de investigación se circunscribe a todo el territorio de la República del Ecuador con un área de 283 561 km².

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Analizar los cascos de motocicletas mediante elementos finitos para la verificación de sus propiedades mecánicas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el estado del arte del análisis de las propiedades mecánicas de los cascos de motocicleta mediante una revisión bibliográfica.
- Estudiar por medio de elementos finitos el comportamiento de las propiedades mecánicas del casco de motocicleta durante un impacto y verificación por medio de ensayos físicos.
- Analizar los resultados de los ensayos y simulaciones obtenidos mediante graficas comparativas.

ESTADO DEL ARTE

1.1 Cascos de Motocicletas

El casco según el autor (Castillo, 2019, pág. 3) es “una envoltura protectora utilizada por los pilotos para reducir las consecuencias de eventuales golpes en la cabeza. El acolchado interno del casco debe ser de una materia que proteja la cabeza en caso de golpes, absorbiendo y repartiendo el impacto sobre la mayor superficie”.

Por otro lado, el autor (Suarez, 2022, pág. 2) en su sentido más común, el concepto de casco hace referencia al “objeto que suministra protección al ciudadano. Es una funda hecha con materiales sólidos, capaz de soportar golpes”.

Entonces, la manera de utilizar este equipo de protección es durante el uso de la motocicleta desde su montaje, recorrido y finalización de la trayectoria, con la intención de minimizar el impacto en la cabeza de ocurrir algún impacto o accidente.

1.2 El casco como sistema de seguridad para motocicleta

La motocicleta se ha convertido en un medio de transporte oportuno en zonas urbanas y rurales debido a su agilidad en la circulación contra el tráfico, al poco espacio que necesita para ocupar un aparcamiento y a su bajo costo de consumo y adquisición. Sin embargo, “las desventajas radican en la falta de protección y limitada estabilidad, sumadas a una cultura de irrespeto a los derechos y obligaciones que tienen los actores viales” (León Mera, 2023, pág. 4).

Debido al no uso adecuado de este equipo de protección para la conducción de las motos, y la falta en cierta forma de formalizar la escogencia del casco de motos correcto para las diferentes zonas de tránsito, “en Ecuador cuenta con una población porcentual alrededor del 65 y 70% de éstos usados en carreteras y vías no están certificados, por lo que no cumplen con los estándares de seguridad para el ocupante” (Castillo, 2019, pág. 18).

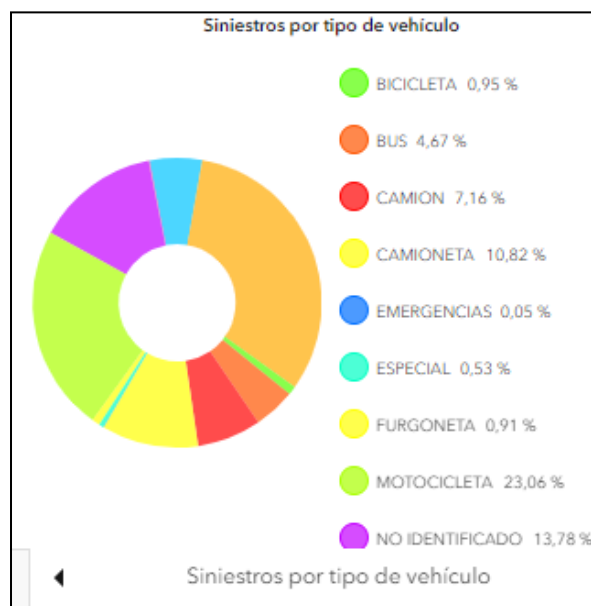
Al seleccionar un casco sin certificación es como no portar nada, ya que el mismo no te garantiza la suficiente protección, como en el caso de un casco con certificación,

entonces “si eliges esta opción podrás evitar las multas de tránsito, verte a la moda o ahorrar dinero, pero seguro podrías sumarte a las estadísticas de accidentes de tránsito vial”. (Medina, 2018)

1.3 Incremento de accidentabilidad en motocicletas.

Hoy en día los accidentes de tránsito van en aumento situación que preocupa a las autoridades nacionales ya que según la Organización Mundial de la Salud (OMS), a nivel mundial la causa principal de muerte se ve involucrado a los jóvenes entre los 15 a 29 años, la OMS señala que los accidentes de este tipo afectan el 3% del PIB en la mayor parte de los países como se muestra en la figura 1 (Santillán, 2021).

Figura 1: Estadística de siniestros por tipo de vehículo



Nota: ANT (2023).

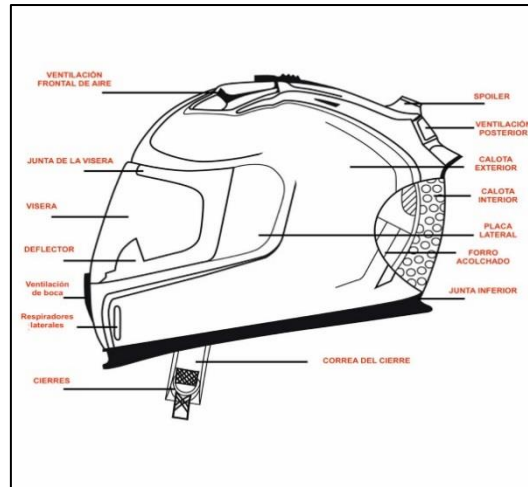
1.4 Partes y clasificación de cascos para motocicletas

El uso apropiado de los cascos de motos es sumamente importante para salvarnos la vida, en la mayoría de las personas llevar puesto el casco puede librarnos de sufrir lesiones de consideración, como se muestra en la figura 2. (INEN, 2013)

a. Partes de un Casco para Motocicletas

- **Carcasa.** Material duro y liso, que da forma exterior del casco, diseñado con el objetivo de disipar la energía del impacto para reducir la fuerza antes que llegue a tu cabeza.
- **Correas de sujeción.** Correas que pasan por la parte inferior de la mandíbula del ocupante motociclista y/o acompañante que detiene el casco sobre la cabeza.
- **Visor.** Protección transparente situada delante de los ojos y que cubre una parte del rostro.
- **Visera.** Prolongación del casco por encima de los ojos.
- **Protección maxilar.** Extensión del casco que cubre la parte inferior de la cara.
- **Relleno Protector.** Material de relleno usado para absorber el impacto.
- **Relleno de confort.** Material usado para proporcionar comodidad al ocupante.
- **El sistema de retención.** Es todo el conjunto por el cual se retiene el casco en posición sobre la cabeza durante el uso.
- **Protección de nuca.** Elemento del casco destinado a proteger y evitar lesiones.

Figura 2: Partes de un Casco para Motocicleta.



Nota: Harley-Clásica, s.f. (s.f.)

b. Clasificación de Cascos

Los cascos se clasifican en 3 tipos como son:

- **Cascos abiertos**

Como podemos observar en la figura 3, estos cascos no cubren totalmente la cara, aunque si la cabeza, los ocupantes cuando utilizan este tipo de cascos están más expuestos a sufrir golpes en un accidente a diferencia de usar los cascos cerrados. (Moriwoki, 2022)

Figura 3: Casco Abierto.



Nota: Moriwoki (2022)

- **Cascos Cerrados**

Los cascos cerrados son los más completos y seguros. Son cascos de una pieza que están cerrados por completo, como podemos apreciar en la figura 4, portando la mayor seguridad posible (BLOG, 2018).

Figura 4: *Casco Cerrado*



Nota: BLOG (2018)

- **Cascos Mixtos**

Podríamos decir que son varios cascos en uno. Se componen de múltiples piezas, montando y desmontando, es decir, un todo en uno, como se visualiza en la figura 5. Ten en cuenta que cuantas más piezas tenga un casco menos seguro será en caso de impacto, por lo que los cascos mixtos no son los más recomendables (MotoIpro, 2019).

Figura 5: *Casco Mixto.*



Nota: MotoIpro (2019)

1.5 Tipos de materiales que componen un casco para motocicletas

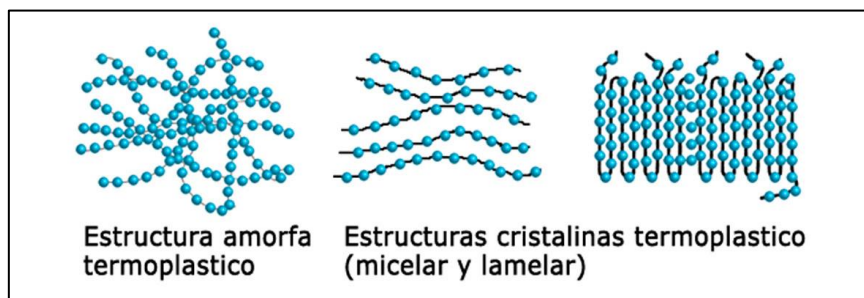
Dependiendo del tipo de casco que se quiera adquirir este va a depender mucho su costo de acuerdo con el material que este compuesto, entre los materiales más comunes tenemos:

- **Termoplástico**

Este material es un plástico, en la mayoría policarbonato o resina termoplástica, durante su fabricación posee un menor costo debido a que se utiliza un molde para inyectar el material, se debe de tener en cuenta que este tipo de material posee un deterioro más rápido (Motocard, 2018).

Los termoestables toman una forma permanente una vez que hayan sido moldeadas a altas temperaturas como nos muestra en la figura 6, su desventaja es que no se pueden volver a fundir debido a que se queman.

Figura 6: Estructuras Termoplásticos



Nota: Maquinaria (2020)

- **Fibra de vidrio**

Es un material que está compuesto por filamentos de vidrio y que podría tomar varias formas como tejidos, mallas, etc. Se trata de un material que se caracteriza por ser ligero estable, resistente y actúa como un buen aislante térmico, de acuerdo a los datos expuestos en la tabla 1. (Motorex, 2020).

Tabla 1. Propiedades Mecánicas

Tipo de fibra	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la compresión (MPa)	Densidad (g/cm ³)	Expansión térmica $\mu\text{m}/(\text{m}^\circ\text{C})$	Temperatura de ablandamiento ($^\circ\text{C}$)	Precio (u\$s/Kg)
Vidrio E	3445	1080	2,58	5,4	846	± 2
Vidrio S2	4890	1600	2,46	2,9	1056	± 20

Nota: Mariano (2011)

- **Fibra de carbono**

Este material es considerado como el mejor material y aún más si es mezclado con Aramida o con fibra, proporcionándolo características únicas que ningún otro material lo posee (Motocard, 2018). Pero una desventaja es que este tipo de cascos solo lo encontramos en alta gama por lo cual su costo es elevado, dificultando así su adquisición para los motociclistas.

Las propiedades que posee este material son: alta resistencia, bajo peso, alta flexibilidad, tolerancia a altas temperaturas y una expansión térmica.

1.6 Normativa Nacional 2669

En el estado ecuatoriano, INEN (Instituto ecuatoriano de Normalización) la cual se basa a **“Esta norma establece los requisitos y métodos de ensayo que deben cumplir los cascos para la protección de la cabeza de motociclistas y pasajero”** Esta norma establece los requisitos y métodos de ensayo que deben cumplir los cascos para la protección de la cabeza de motociclistas y pasajero. (INEN, 2013).

1.7 Normativas internacionales

Las normativas para cascos de motocicletas a nivel internacional son tomadas en referencia para anexo en la normativa nacional de este país, las cuales validan y certifican su uso y garantía al momento de ser utilizarlas en las vías; entre las más destacadas para este estudio son: ECE 2205 y NTC 4533.

- **ECE 2205**

Esta es desarrollada por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, ha llegado a tener una gran acogida por el resto de los países en el mundo, incluso es utilizada para los cascos dentro de las competencias de federaciones como son: AMA, FIM, etc. Para que un casco pueda constar como certificado por esta normativa, debe de cumplir con los diferentes estándares dentro de un laboratorio, éstos varían dependiendo del tipo de casco y sus características.

Para este estudio se basa en el Reglamento N° 22 (22R) para garantizar que, si compras un casco de protección para ir en moto, ofrece al menos un nivel mínimo de protección. El Reglamento 22 hace referencia a los fabricantes lo que tienen que hacer para producir un casco de motocicleta eficaz y cómo proveer que han cumplido la normativa (mediante pruebas y etiquetado). También da a los compradores/usuarios la confianza de que es seguro un casco que ofrecen cierta protección.

- **NTC 4533**

Esta norma es una adopción modificada (MOD) con respecto a su documento de referencia la regulación 22: 2002 de las Naciones Unidas, Addendum 21, Regulation No. 22. E-EC 324: 2002. Se aplica a cascos protectores para conductores y acompañantes de motocicletas con o sin vehículo lateral (sidecar1), motociclos y motocarros no cabinados, y a los visores ajustados en tales cascos o aquellos que son destinados para ser agregados a ellos.

Los requisitos de los diferentes tipos de cascos que se deben de tomar en cuenta para llevar a cabo los diferentes ensayos o pruebas son: deben estar acondicionados a una temperatura baja, calor, solventes, radiación ultravioleta y temperatura ambiente, de igual forma los ensayos a los que son sometidos es: de rigidez, absorción de impactos y sistema de retención. (Wallace, 2022, pág. 9).

1.8 Homologaciones de normativas para el uso y certificación de casco de motocicletas por países

Es posible adquirir un producto de este tipo en cualquier parte o sitio en diversos precios, pero se trata del tema de las homologaciones que deben cumplir los cascos para ser legales en cualquier país que se comercialicen, saber su origen de fabricación, y a su vez salvaguarde la seguridad e integridad del ocupante, ya que es la único que garantiza la vida y bienestar del usuario. A continuación, se puede observar en la tabla 2, indicando el país y su certificación (Murillo, 2015, pág. 7).


Tabla 2. Homologación por Países

USA	DOT
Europa	ECE/ONU R22
Brasil	NBR 7471
Taiwán	CNS
Australia	AS 1698 – 2006
Japón	SG o JIS
Nueva Zelanda	NZ 5430
Corea	KS G 7001
Malasia	SIRIM
Tailandia	TIS
India	4151
Singapur	PSB
Canadá	CSA CAN3-D230-M85
México	NOM-S-17-1978

Nota: Murillo (2015)

Se puede visualizar dentro del casco aparece una etiqueta con la información suministrada de la fabricante parecida a la tabla 3. La cual es de suma importancia y donde se debe conocer que significa cada uno de esos parámetros para realizar una mejor elección de este.

Tabla 3. Datos de Homologación

	Letra E	Hace referencia a Europa. El número que la acompaña significa el lugar de Europa donde se ha realizado la homologación. En el caso de España, es el 9.
	Norma	Norma europea que cumple. La más moderna es la 05.
	Numero	Número de homologación del casco.
	Tipo de seguridad	P: es la más segura. La tienen los cascos integrales y algunos modulares. NP: aparece en algunos cascos modulares que no protegen el mentón

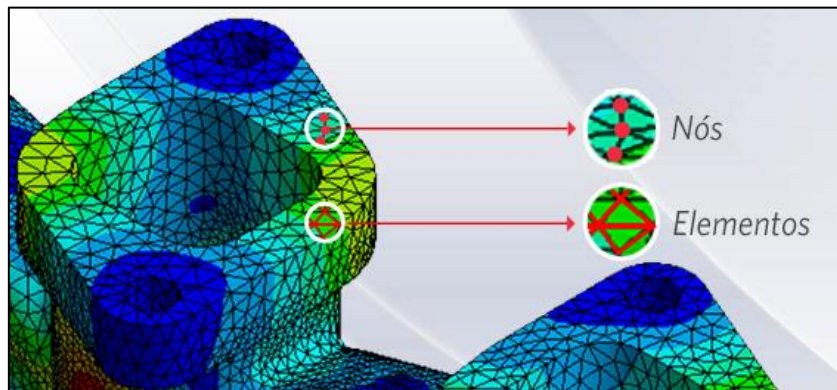
		J: tipo jet o cascos abiertos, los menos seguros.
	Número de serie de fabricación	Con él puedes consultar el resultado de las pruebas a las que ha sido sometido.

Nota: Murillo (2015)

1.9 Elementos Finitos (FEA)

El método de aproximaciones de problemas continuos, la cual se divide en un número de partes, “elementos”, cuyo comportamiento se especifica mediante un número finito de parámetros asociados a ciertos puntos característicos denominados “nodos”, como se muestra en la Figura 7, dichos nodos son los puntos de unión de cada elemento con sus adyacentes. El comportamiento en el interior de cada elemento queda definido a partir del comportamiento de los nodos mediante las adecuadas funciones de interpolación o función de forma. (Valero, 2004).

Figura 7: Elementos finitos.



Nota: Valero (2004)

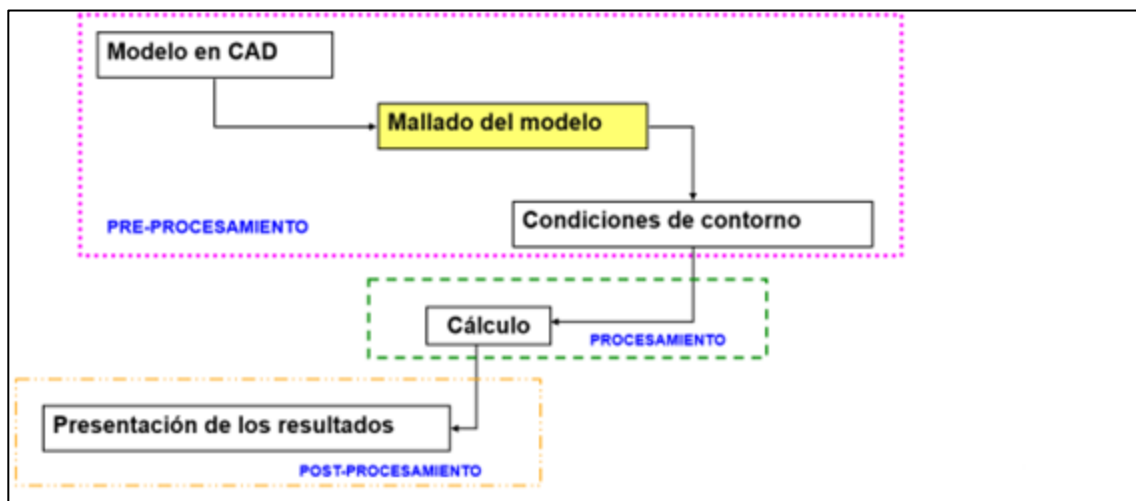
1.9.1 Funcionamiento del programa de elementos finitos

Los módulos de elementos finitos disponen de tres módulos de trabajo como podemos observar en la figura 8:

- a) **Pre-procesador:** Aquí se construye el modelo para el cálculo, donde se realizan diferentes operaciones.

- b) **Calculador:** Es la parte del programa donde se realiza todo el cálculo del MEF y genera las soluciones.
- c) **Post-procesador:** Herramienta importante, donde se representan visualmente los resultados de una forma sencilla la interpretación de los resultados. (Antonio, 2014)

Figura 8: Funcionamiento genérico de un programa de elementos finitos



Nota: Botello (2018)

2. Procedimiento de Ensayos de Laboratorio

2.1 Normativa INEN 2043

La presente norma instituye el método para comprobar la resistencia a la rotura por la tracción en plásticos en forma de probetas normalizadas bajo condiciones definidas de pretratamiento, temperatura, humedad y velocidad de ensayo (INEN, 2013).

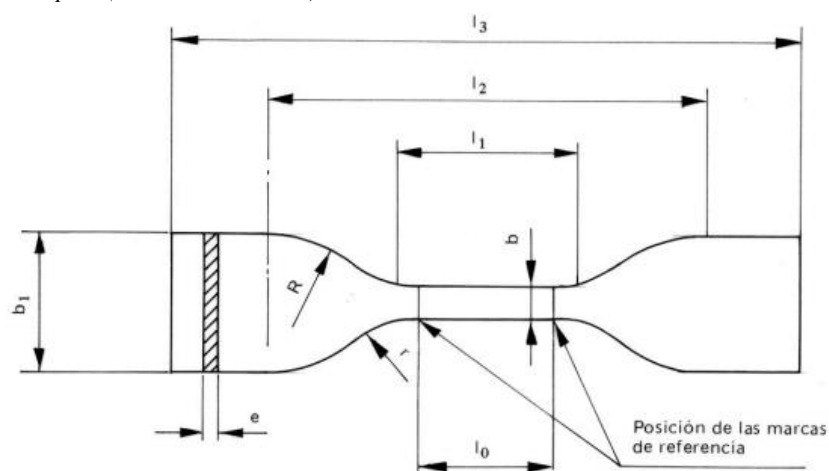
2.2 Método de Ensayo

Dicho ensayo radica en la deformación de la probeta en todo el largo de su eje mayor, con una velocidad constante empleando un determinado esfuerzo llegando hasta el punto de ruptura de la probeta (INEN, 2013).

2.2.1 Preparación de las probetas

El tipo de probeta utilizado como guía para este estudio, la cual, se encuentra detallada en la norma mencionada anteriormente en el punto 4.3 de la misma, así como, sus medidas y tolerancias que se indican en la figura 9:

Figura 9: Probeta tipo A (Dimensiones en mm)



Nota: (INEN, 2013)

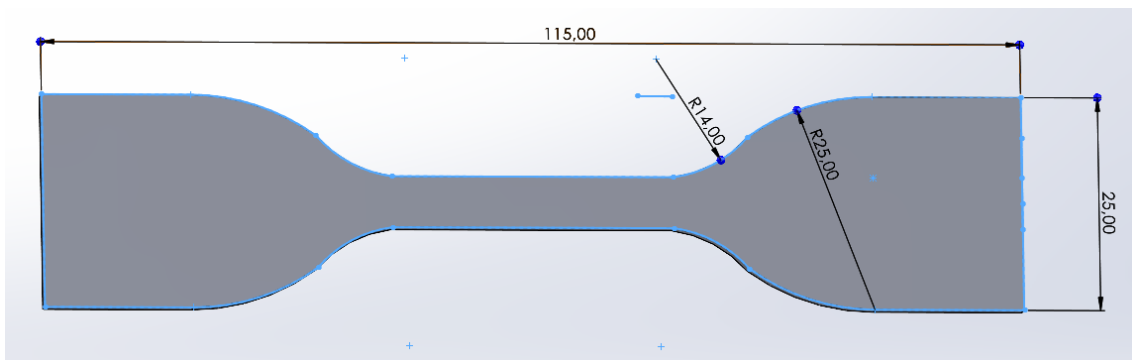
l_3 = Longitud total mínima 115

b_1 = Anchura en los extremos 25 ± 1
 l_1 = Longitud de la parte calibrada 33 ± 2
 b = Anchura de la parte calibrada $6 \pm 0,4$
 r = Radio menor 14 ± 1
 R = Radio mayor 25 ± 2
 l_0 = Longitud de referencia $25 \pm 0,25$
 l_2 = Distancia inicial entre mordazas 80 ± 5
 e = Espesor: mínimo véase apartado 2.1.7
 máximo = 3
 mínimo = 2

2.2.2 Diseño de la Probeta

De acuerdo a los datos proporcionados por la normativa se realiza la probeta a ensayar, ver figura 10, utilizando un software CAD teniendo en cuenta las medidas que se especifica en la figura 9.

Figura 10: *Diseño de probeta tipo A*



2.2.3 Corte por Chorro de Agua

Después de obtener el diseño de la probeta, se dirige a la máquina de corte con chorro de agua, donde se ingresa el diseño para que la máquina pueda procesarlo y realizar el corte con precisión, como se muestra en la figura 11.

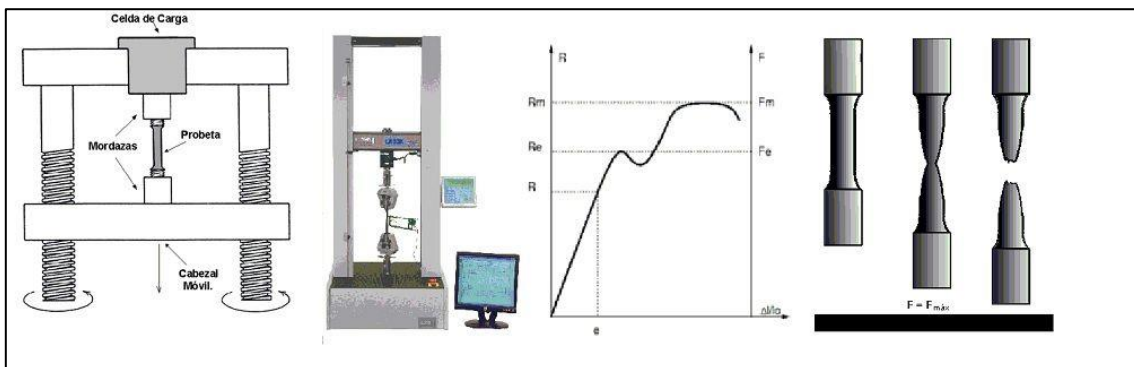
Figura 11: Corte de las probetas



2.3 Ensayo de Tracción para encontrar las propiedades mecánicas de los cascos

Las propiedades mecánicas de los materiales revelan el comportamiento de un material cuando se somete a fuerzas externas. El ensayo de tracción es esencial y uno de los más fundamentales en las pruebas mecánicas, ya que es simple y estandarizado. Al aplicar fuerza de tracción al material, se puede rápidamente determinar cómo reaccionará ante estas fuerzas, como se ilustra en la figura 12. Es importante señalar que estos ensayos emplean cortes de material conocidos como "probetas" (CANAILFDET, 2011).

Figura 12: Ensayo de Tracción



Nota: CANAILFDET (2011)

2.3.1 Ensayos de Tracción de la Probeta

Para poder encontrar las propiedades mecánicas de las probetas obtenidas a partir de los cascos de motocicletas, se efectúa ensayos destructivos de tracción utilizando una maquina universal de tracción, figura 13, la cual contiene accesorios e instrumentos de medición como son extensómetros axiales, biaxiales y video extensómetro, lo cual garantiza los resultados obtenidos.

Figura 13: *Maquina Universal UPS*



2.3.1.1 Proceso de ensayo

Para poder obtener los diferentes datos de las probetas, se procedió a preparar la máquina universal y las probetas de cada casco, en su proceso se tomaron algunos puntos a consideración como es la correcta sujeción de las mismas y la medición de sus dimensiones correspondientes, ver figura 14.

Figura 14: Sujeción de las Probetas



2.4 Modelado del Casco en el Software

2.4.1 Características de los Cascos para el Diseño Seleccionados

Los cascos seleccionados para poder llevar a cabo el diseño son: el casco Integral y de Cross, ya que estos son los más comunes, uno para la parte del transporte diario y el otro está dirigido a la práctica del deporte.

- **Cascos Integral**



Los cascos proporcionan una seguridad integral al cubrir completamente la cabeza, brindando una protección sólida tanto para la cara como para la barbilla. Sin embargo, estos cascos tienden a ser un poco más pesados en comparación con otros, lo cual varía según el nivel de calidad. A pesar de esto, es crucial destacar que, al sufrir un impacto, tienen menos puntos de ruptura (Roc_Motos, 2023).

A continuación, en la tabla 4 se detallan algunas propiedades del mismo.

Tabla 4. *Propiedades Casco Cerrado*

Propiedades de los cascos	
Casco Cerrado	
Modelo/ Marca	MTR HF - 118

Imagen	
Talla (cm)	<p style="text-align: center;">L (59-60)</p> 
Tipo de Casco	<p style="text-align: center;">Integral</p> 
Material de superficie	<p style="text-align: center;">Acrilonitrilo butadieno estireno. Poliestireno expandido. Tela sin tejer.</p>
Peso (gramos)	
	DOT FMVSS 218




Certificación	
País de Origen	China
Precio (dólares)	\$60.00
Interior desmontable	NO
Ventilación	SI
	



- **Cascos de Cross**

Estos cascos fueron diseñados para la práctica de deportes extremos, como enduro o motocross, por lo contrario, los mismo son muy ligeros ah comparación de otros, tienen una excelente ventilación, la seguridad de estos cascos son mucho más fiables en campos de tierra o lastre, ya que en carreteras o asfaltos no son muy recomendados para esos territorios (Roc_Motos, 2023).

A continuación, en la tabla 5 se detallan algunas propiedades del mismo.

Tabla 5. *Propiedades casco Cross*

Propiedades de los cascos	
Casco Abierto	
Modelo/ Marca	MOXAL MX3 – (WLT166)
Imagen	
Talla (cm)	M (57-58)
	
Tipo de Casco	Cross
	
Material de superficie	Acrilonitrilo butaniano estireno (ABS): 40%. Poliestireno expandido (EPS): 30% Policarbonato (PC): 10% Poliuratanato (PU): 5% Poliester: 15% Tela sin tejer.
Peso (gramos)	
Certificación	DOT FMVSS 218

	
País de Origen	China
Precio (dólares)	\$75.00
Interior desmontable	NO
Ventilación	SI
	
Fabricado	Año 2020
Norma técnica	NTE INEN 2669

2.4.2 Modelado

En el proceso de modelado de los cascos de motocicleta, se utiliza el escaneo 3D como método de captura de datos. Esta elección resultó ser acertada, ya que proporcionó una precisión excepcional en la obtención de las dimensiones reales de los cascos. El escaneo 3D garantiza que el modelo resultante sea fiel a la geometría de los cascos, lo que fue esencial para llevar a cabo análisis de corte y otras evaluaciones.

El proceso de escaneo 3D incluyó varias etapas cruciales que se llevaron a cabo con precisión. En primer lugar, se prepararon los cascos para el escaneo, lo que incluyó la limpieza de la superficie y la eliminación de cualquier elemento que pudiera obstruir la captura de datos, como etiquetas o elementos decorativos. Luego, se utilizó

un escáner 3D, que empleó tecnología láser o fotogrametría, para capturar una nube de puntos que representaba la superficie de los cascos. Este proceso se realizó con cuidado para garantizar que todos los detalles se capturaran con la máxima precisión.

El casco integral y el de tipo Cross son dos de los tipos comunes de cascos en el mundo de las motocicletas, su diseño y geometría variaron significativamente. Por lo tanto, se escanearon por separado para asegurarse de que los modelos resultantes fueran específicos y representativos de cada tipo. Esto permitió un análisis más preciso y detallado de las diferencias y similitudes entre estos dos tipos de cascos en términos de resistencia al corte y otros parámetros.

2.4.3 Proceso del modelado

En el proceso de escaneo de los cascos de motocicleta, se siguieron una serie de pasos cuidadosamente planificados para garantizar la captura de datos precisa y completa. A continuación, se detalla el proceso:

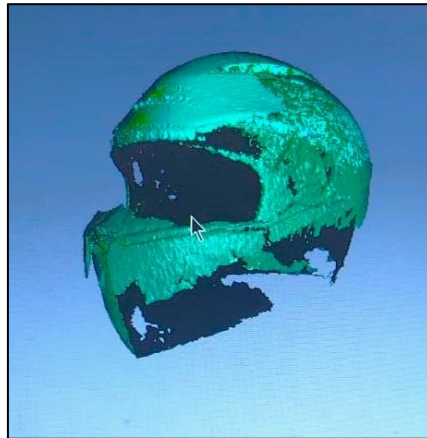
En primer lugar, se mantuvo la máquina portátil del escáner en una posición fija, como se muestra en la figura 15, esto proporciona una base estable para llevar a cabo el escaneo. A continuación, se inició un movimiento rotativo en cada uno de los cascos. El objetivo de este movimiento rotativo era permitir que el escáner capturara todos los puntos de las superficies de los cascos, esta técnica garantizó que se obtuvieran datos precisos de todas las áreas del casco.

Figura 15: *Posición del Scanner*



Para obtener un modelado completo de cada casco, se realizó el escaneo en varias secciones, es decir, se adquirió información una vez por cada rotación completa del casco. Estos datos fueron visualizados en el programa vinculado a la máquina del escáner, como se muestra en la figura 16. En esta fase inicial, el diseño del casco aún no estaba completo. Para lograr la forma integral del casco en el programa, se repitió el proceso de escaneo, y los datos recién capturados se alinearon con la primera superficie ya procesada. Esto aseguró que el casco adquiriera su forma correcta en el programa, garantizando precisión en el modelado.

Figura 16: Modelado del Casco Integral



Finalmente, se realizó un pos proceso para perfeccionar el escaneo, durante esta etapa se corrigieron algunas imperfecciones que pudieron haberse producido debido a la presencia de ruido o luz en el entorno donde se llevó a cabo el proceso de escaneo. El resultado final fue un modelo tridimensional preciso de los cascos, como se muestran en las figuras 17 y 18.

Figura 17: *Modelado Casco Cross*

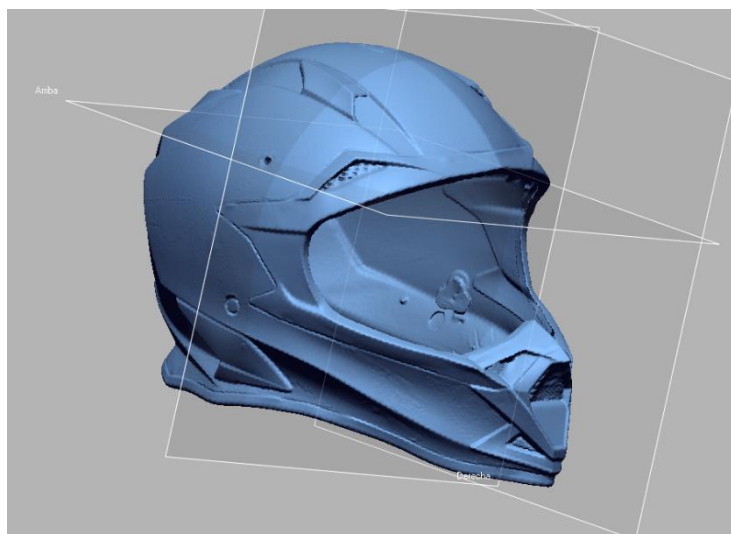
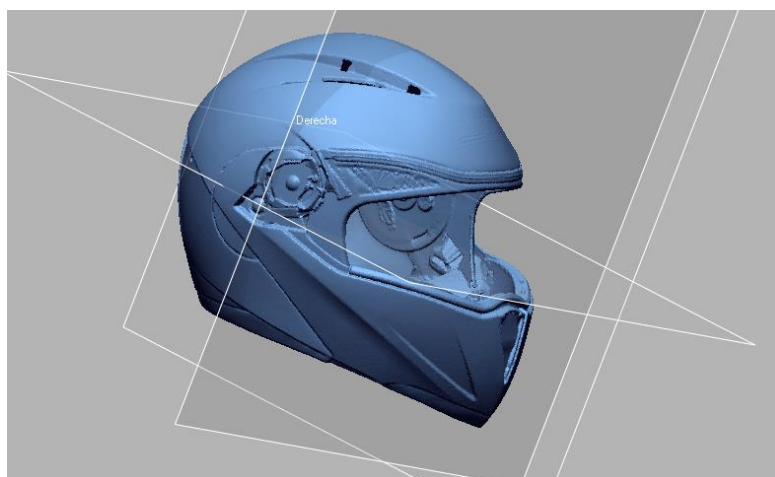


Figura 18: *Modelado Casco Integral*



3. Resultados

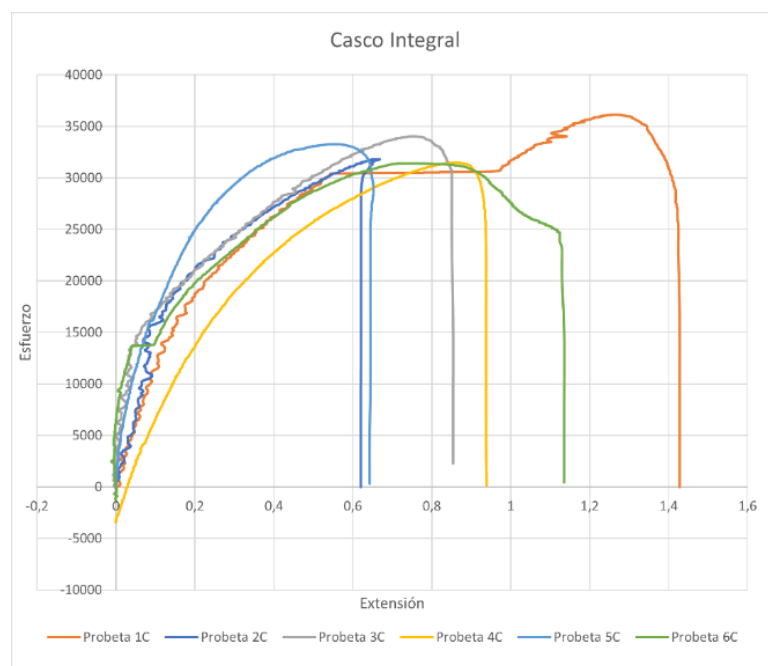
3.1 Análisis de la deformación de las probetas

3.1.1 Probetas – Casco integral

Después de realizar todos los ensayos en las diferentes probetas, se representaron sus resultados en una única gráfica, como se muestra en la figura 19.

Para este análisis, se recopilaron datos de 6 probetas obtenidas del mismo casco en diferentes áreas. Se les asignó una codificación relacionada con el tipo de casco, utilizando la letra "C". Cada unidad fue numerada como 1C, 2C, 3C, 4C, 5C y 6C.

Figura 19: Deformación de las probetas Casco Integral



En la tabla 6 se indican los datos obtenidos a partir de la gráfica anterior, se observa que las probetas 3C y 5C tienen valores cercanos de σ_{ult} , alrededor de 33 KPa. La probeta 1C presenta un σ_{ult} de 36 KPa, mientras que las probetas 4C y 6C muestran valores de σ_{ult} de aproximadamente 31 KPa. Por último, la probeta 2C tiene un σ_{ult} de alrededor de 31,5 KPa. Es importante señalar que las ligeras variaciones en los resultados pueden atribuirse a la sección en la que se realizaron los cortes, que se vio afectada por el proceso de corte por chorro de agua. Este procedimiento se llevó

a cabo en diferentes puntos del casco, lo que podría haber generado una mínima variación en las áreas.

Tabla 6. Deformación de las probetas Casco Integral

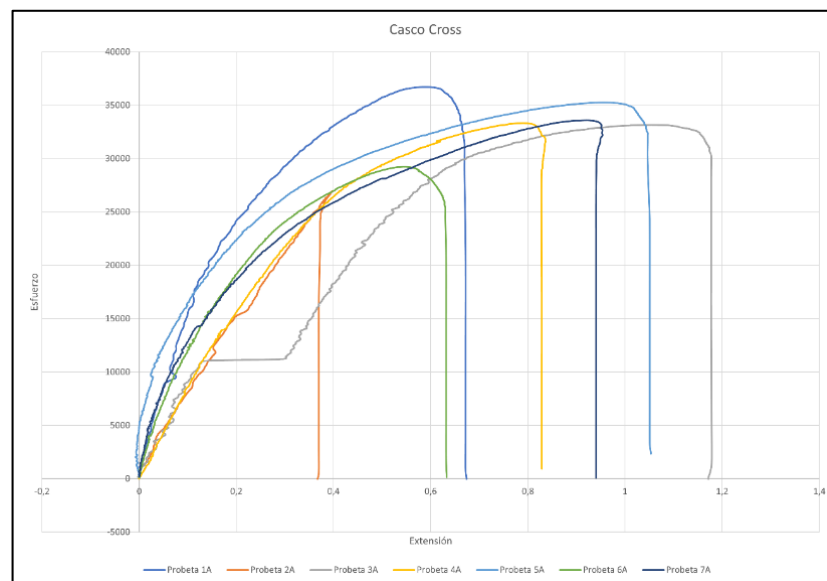
Probetas	Esfuerzo Ultimo (σ_{ult})	Unidad
1C	36	KPa
2C	31.5	KPa
3C	33	KPa
4C	31	KPa
5C	33	KPa
6C	31	KPa

3.1.2 Probetas – Casco Cross

De igual manera todos los resultados de las probetas se han representado en una sola gráfica, como se puede apreciar en la figura 20.

Los datos proporcionados provienen de 6 probetas extraídas del mismo casco en distintas áreas, codificadas según el tipo de casco. En este caso, se les asignó la letra "A" para indicar casco abierto, y cada unidad se numeró como 1A, 3A, 4A, 5A, 6A y 7A.

Figura 20: Deformación de las probetas Casco Cross



En la tabla 7, se observa que la probeta 1A tiene un valor cercano de σ_{ult} de 37 KPa. Posteriormente, las probetas 3A, 4A y 7A presentan un σ_{ult} de aproximadamente 33 KPa, mientras que la probeta 5A muestra un σ_{ult} de 35 KPa. Finalmente, la probeta 6A alcanza un σ_{ult} cercano a los 30 KPa. La disparidad en los valores puede atribuirse a la no uniformidad en la estructura del casco debido a su diseño, con áreas de menor grosor de material que afectan a las probetas y sus resultados. Además, el corte en chorro de agua, mencionado previamente en la figura 19, podría haber influido en estas variaciones.

Tabla 7. Deformación de las probetas Casco Cross

Probetas	Esfuerzo Ultimo (σ_{ult})	Unidad
1A	37	KPa
3A	33	KPa
4A	33	KPa
5A	35	KPa
6A	30	KPa
7A	33	KPa

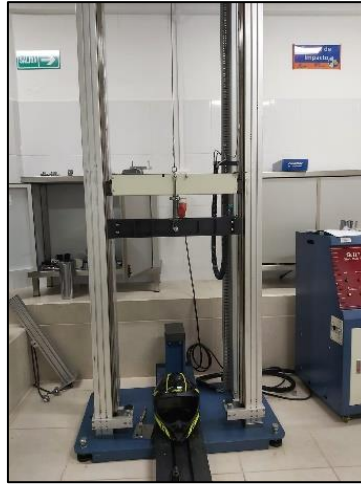
3.2 Ensayo de validación

Para realizar este análisis de validación de los cascos, se utiliza los mismos datos que se emplea durante la simulación mediante el uso de elementos finitos. La práctica se llevó a cabo en el laboratorio CITUPS de la Universidad Politécnica Salesiana, donde se contó con una máquina universal de impacto.

3.2.1 Primera Prueba – Casco Abierto

En la máquina, se utilizó un impactador metálico con una masa de 8 kg. Antes de llevar a cabo el ensayo, se colocó el casco en una posición fija sobre una superficie plana, como se muestra en la figura 21.

Figura 21: Deformación de las probetas Casco Cross



Se realizaron 2 pruebas, como se puede apreciar en la tabla 8, donde la masa utilizada es la misma para ambos casos, variando únicamente la distancia entre cada ensayo realizado. Con el primer impacto, el material del casco no sufre ningún tipo de daño aparente. Con el segundo impacto, que se realizó a simple vista, no se puede visualizar ningún daño evidente. Sin embargo, podría mencionarse que el material sufre algún grado de daño en cada impacto que soporta, por mínimo que sea.

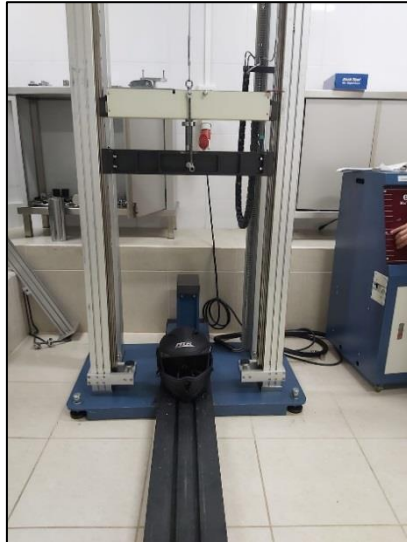
Tabla 8. *Ensayo de Validación Casco Abierto.*

Ensayo	Descripción del Ensayo	Altura	Resultado	Temp. Ambiente (°C)
1	Impacto con masa 8 kg	500 mm	Sin Falla	19.5°
2	Impacto con masa 8 kg	1000 mm	Sin Falla	19.5°

3.2.2 Segunda Prueba – Casco Cerrado

Para el segundo ensayo, se lleva a cabo el mismo procedimiento que para el casco anteriormente mencionado, como se muestra en la figura 22.

Figura 22. *Deformación de las probetas Casco Cross*



En la tabla 9 se presentan los resultados de las pruebas realizadas en el casco cerrado, utilizando la misma masa de 8 kg, pero variando la altura en cada prueba. El comportamiento del material en este tipo de casco parece ser similar al caso anterior: no se observan fallos en el primer impacto, al igual que en el segundo impacto realizado.

Tabla 9. *Ensayo de Validación Casco Cerrado*

Ensayo	Descripción del Ensayo	Altura	Resultado	Temp. Ambiente (°C)
1	Impacto con masa 8 kg	500 mm	Sin Falla	19.5°
2	Impacto con masa 8 kg	1000 mm	Sin Falla	19.5°

3.2.3 Formulas Aplicadas

Una vez obtenidos los resultados del ensayo de validación realizado en los dos cascos en los que se está trabajando, es necesario aplicar algunas fórmulas para obtener los datos necesarios que se deben ingresar en el programa y así poder llevar a cabo la simulación mediante elementos finitos.

Dichas formulas son las siguientes:

- Fuerza de impacto

$$F = m * a$$

- Donde:

$$F = N = Kg * m/s^2$$

$$m = masa = kg$$

$$a = cte = 9,8 m/s^2$$

- Velocidad Final

$$vf = \sqrt{2} * a * h$$

$$h = altura$$

- Fuerza Generado al Momento del Impacto

$$FI = (1/2) * m * v^2/d$$

$$d = distancia$$

3.3 Análisis por Elementos Finitos

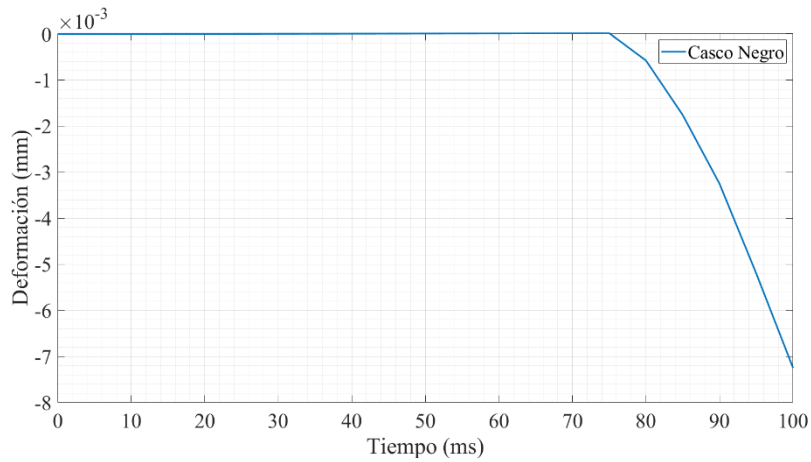
Los parámetros que se tomaron en cuenta para llevar a cabo la simulación son: una masa de 8 Kg a una distancia del casco de 500 mm

3.3.1 Casco integral

3.3.1.1 Deformación

En el análisis computacional del casco, se aprecia que durante el impacto experimenta una deformación aproximada de 7×10^{-3} mm en un tiempo de 0,1 segundos, como se muestra en la figura 23. Esta mínima deformación del material del casco confirma que no afecta de manera significativa el espacio interior del mismo sin embargo la deformación que sufre el material ya es de un orden plástico es decir que dicho material ya no recupera su forma inicial después de haber retirado la carga aplicada.

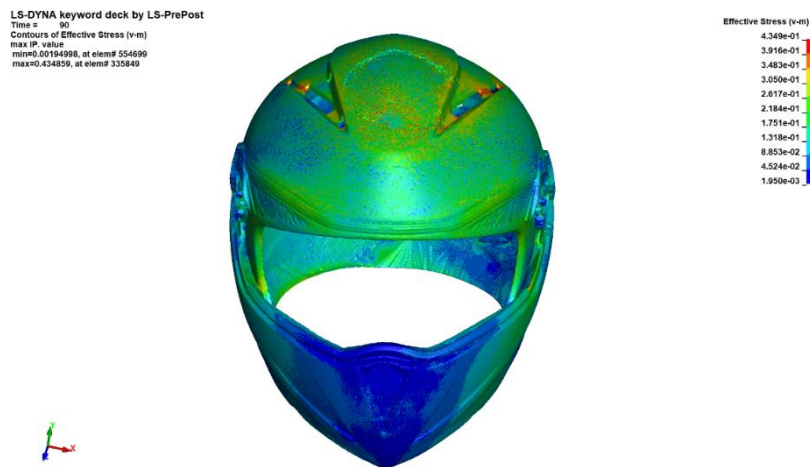
Figura 23: Deformación del Casco Integral



3.3.1.2 Esfuerzos de Von Misses

En la figura 24, se representa la influencia en la parte superior del casco bajo investigación al aplicar una masa de 8 kg. Se puede observar que los esfuerzos generados después de simular el impacto se sitúan en un mínimo de 1.950×10^{-1} MPa, mientras que en su punto más crítico alcanzan los 4.349×10^{-1} MPa. La simulación señala un impacto en el casco, el cual no repercute directamente en el ocupante.

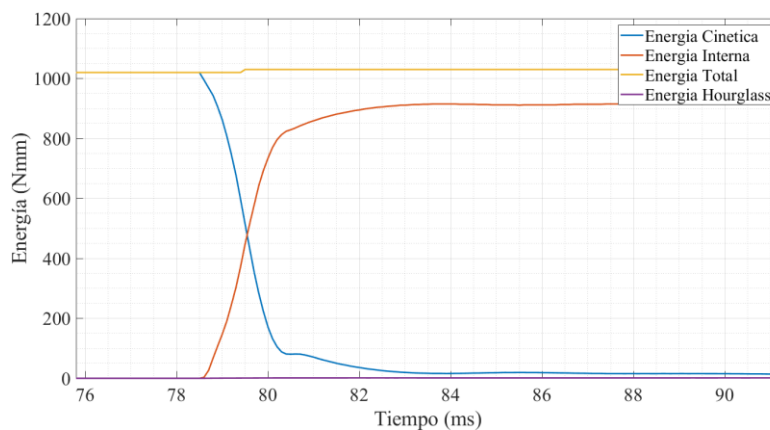
Figura 24: Esfuerzos de Von Misses Casco Integral



Es importante destacar que, según el Reglamento 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE/ONU), en el anexo 9 se establece que, en el proceso de modelado matemático de componentes energéticos no físicos, el porcentaje de la energía total no debe exceder el 5%.

La verificación del modelado del casco se lleva a cabo observando la proyección de la energía cinética, energía interna, energía total y la energía de Hourglass en función del tiempo, como se muestra en la figura 25.

Figura 25: Proyección de Energías en comparación al tiempo



Utilizando la fórmula (a), se verifica el porcentaje de error derivado de la simulación.

$$a) H_{\%} = \frac{Energía_{Hourglass}}{Energía_{Total}} \times 100$$

$$H_{\%} = \frac{1.1 \times 10^3}{4.75 \times 10^4} \times 100$$

$$H_{\%} = 2,3\%$$

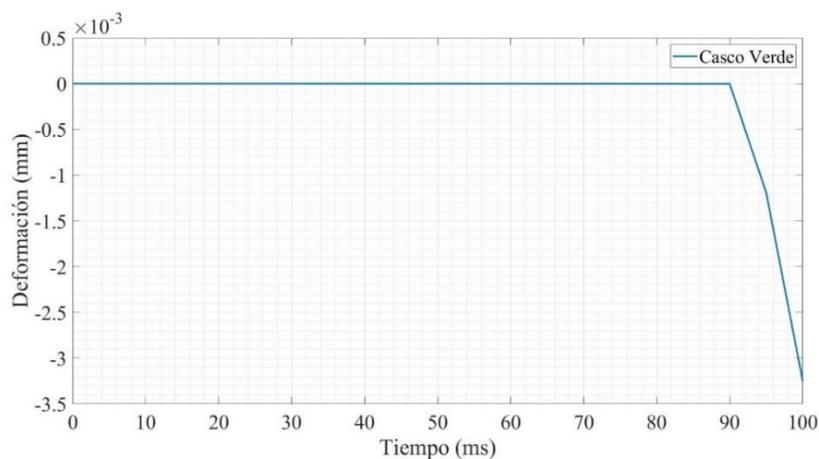
A través del análisis, se observa que el margen de error entre la energía de Hourglass y la energía total es del 2,3%, un valor que está por debajo del límite admisible.

3.3.2 Casco Cross

3.3.2.1 Deformación

En la modelación del casco, se observa que, durante el impacto, este experimenta una deformación de 3.2×10^{-3} mm en un lapso de 0.1 segundos, como se muestra en la figura 26. Al igual que el primer casco analizado, sufre una deformación mínima en el material, lo que tiene un impacto mínimo en el espacio interior del mismo. En consecuencia, el ocupante no sufrirá daños graves.

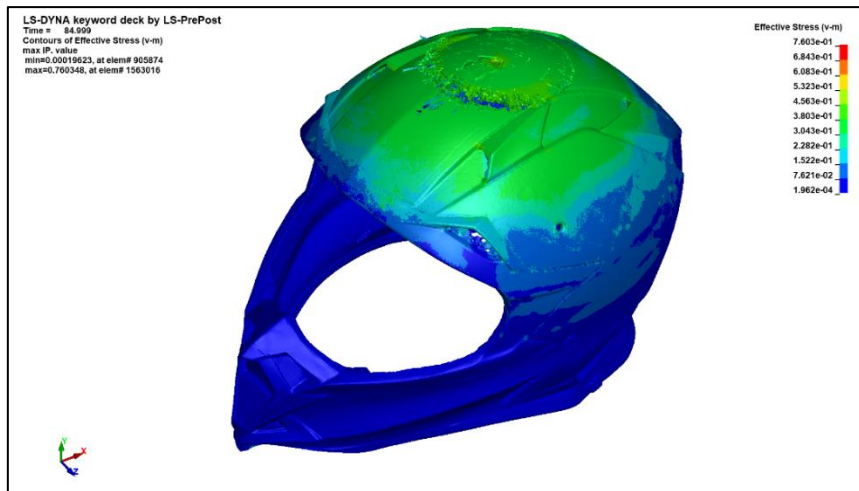
Figura 26: Deformación del Casco Cross



3.3.2.2 Esfuerzos de Von Mises

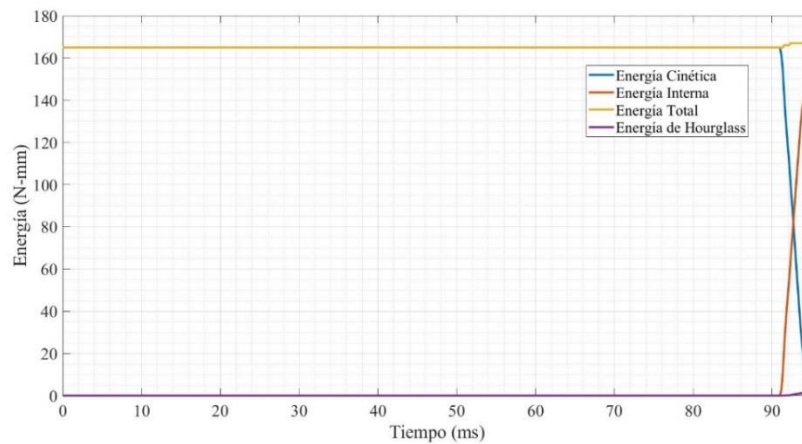
Asimismo, en la figura 27 se visualiza el impacto en la parte superior del casco de estudio al aplicar una masa de 8 kg. Durante la colisión, los esfuerzos de Von Mises fluctúan entre 0 MPa como el valor más bajo y 7.603×10^{-1} MPa representado en color rojo como el valor más alto registrado durante la simulación.

Figura 27: Esfuerzos de Von Mises Casco Cross



En la figura 28, se observa el comportamiento de la energía cinética, energía interna, energía total y la energía de Hourglass en función del tiempo durante la simulación del impacto en el casco.

Figura 28: Proyección de Energías en comparación al tiempo Casco Cross



La ecuación para encontrar el porcentaje de error de la energía de Hourglass y la energía total se representa de la siguiente manera:

$$H_{\%} = \frac{\text{Energía}_{\text{Hourglass}}}{\text{Energía}_{\text{Total}}} \times 100$$

$$H_{\%} = \frac{1.6 \times 10^3}{80 \times 10^3} \times 100$$

$$H_{\%} = 2\%$$

La energía de Hourglass y la energía total aplicados en el análisis, da un valor admisible del 2%.

4. Conclusiones

- Al utilizar el método de elementos finitos para evaluar las propiedades mecánicas de los cascos de motocicletas, se simplifica significativamente la tarea de analizar cómo se comportan las energías durante un impacto y cómo se deforma el material. Esto evita la necesidad de realizar pruebas físicas, aunque requiere una gran cantidad de datos y el uso de una computadora de alto rendimiento.
- Durante la validación del estudio sobre el modelado de cascos, se llevaron a cabo evaluaciones conforme a normativas nacionales e internacionales, como el reglamento 66, que establece un límite del 5% para el error en el cálculo de la energía total. Los resultados de la simulación mostraron valores del 2% y 2.3%, dentro de los límites aceptables, lo que valida la precisión del estudio.
- Al examinar las gráficas de esfuerzo de las probetas y el ensayo de validación, se observa que el material del casco experimenta fallos al alcanzar valores de 30 a 37 KPa. Sin embargo, en la simulación, se obtienen valores superiores que el material puede tolerar. A pesar de esto, se evidencia que, tras el impacto, el material experimenta una deformación plástica, llegando a un punto cercano a su ruptura. Esto se pudo observar durante el impacto físico en los cascos, donde no se evidenció ningún daño aparente.

5. Recomendaciones

- La venta de cascos de motocicletas en el mercado ecuatoriano requiere una regulación más estricta en cuanto a la calidad del material utilizado, ya que estos son cruciales para la seguridad del motociclista en caso de un accidente.
- Es importante considerar el tiempo y el estado en que se adquirió el casco. A menudo, los motociclistas llevan cascos que parecen estar en buenas condiciones, pero pueden haber sufrido daños debido a caídas, golpes o simplemente por el desgaste del tiempo. Estos factores no deben pasarse por alto, y sería recomendable adquirir un casco nuevo periódicamente para garantizar su eficacia y seguridad

6. REFERENCIAS

- AIRBAG, H. (29 de 04 de 2019). *HORUS AIRBAG*. Obtenido de HORUS AIRBAG:
<https://horusairbag.com/la-accidentalidad-de-los-usuarios-de-motos-en-ecuador/>
- Ansys. (17 de 11 de 2022). *Ansys Mechanical*. Obtenido de Google:
<https://www.ansys.com/products/structures/ansys-mechanical>
- Ansys. (17 de 11 de 2022). *Ansys Meshing*. Obtenido de Google:
<https://www.ansys.com/products/meshing#tab1-2>
- Ansys. (15 de 22 de 2022). *Software Ansys*. Obtenido de Google:
<https://www.esss.co/es/ansys-simulacion-computacional-1/analisis-estructural/>
- ANT. (15 de 3 de 2022). *Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador*. Obtenido de
https://www.ant.gob.ec/?page_id=2670
- Antonio, J. (13 de 07 de 2014). *El método de los elementos finitos*. Obtenido de El método de los elementos finitos:
<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/60222/fichero/02+-+Capitulo+2.+El+metodo+de+elementos+finitos.pdf>
- Barcelona, U. d. (s.f.). *MATERIALS*. Obtenido de MATERIALS:
<http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/acrilonitrilo-butadieno-estireno-abs>
- Blog de Motos*. (10 de Mayo de 2018). Obtenido de Blog de Motos:
<https://noticias.amv.com.ar/destacadas/casco-homologado-tips-y-consejos-para-motos-en-general/>
- BLOG, P. G. (30 de Abril de 2018). *PONGRUP*. Obtenido de
<https://www.pontgrup.com/blog/tipos-de-cascos-de-moto/>
- Botello, Y. M. (Julio de 2018). *ResearchGate*. Obtenido de ResearchGate:
https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Funcionamiento-generico-de-un-programa-de-elementos-finitos_fig2_337807359
- CANAILFDET. (27 de 09 de 2011). *AREA DE TECNOLOGIA*. Obtenido de AREA DE TECNOLOGIA: <https://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.html>
- D638, A. (6 de 06 de 2016). Obtenido de Propiedades de Tracción Plástico:
<https://www.zwickroell.com/es/sectores/plasticos/termoplasticos-y-materiales-termoendurecibles/propiedades-de-traccion-astm-d638/#:~:text=El%20ensayo%20de%20tracci%C3%B3n%20seg%C3%BAAn,y%20el%20coeficiente%20de%20Poisson>

Harley-Clásica. (s.f.). *PARTES DE UN CASCO*. Obtenido de PARTES DE UN CASCO: <https://www.harleyclasica.es/seguridad/cascos-fabricacion-sus-partes-homologacion/>

INEN. (2013). *INSTITUTO ECUATORIANO de NORMALIZACION*. Obtenido de NTE INEN 2669:2013: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2669.pdf>

Lema Gualpa, N. L., & Morocho Fernández, D. L. (23 de 10 de 2020). Obtenido de Análisis de los cascos para motocicletas mediante ensayos destructivos para la verificación del cumplimiento de la homologación que se comercializan en la ciudad de Cuenca: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19354/1/UPS-CT008850.pdf>

Maquinaria, A. (20 de 1 de 2020). *Google*. Obtenido de Los Termoplásticos: <https://www.aristegui.info/que-son-los-termoplasticos/>

Mariano. (6 de 10 de 2011). *Tecnología de los Plásticos*. Obtenido de Fibra de vidrio: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>

Medina, F. (24 de Agosto de 2018). *Revista 400*. Obtenido de Revista 400: <http://revista400.cc/index.php/2018/08/24/por-que-no-es-bueno-usar-casco-sin-certificacion/>

Moriwoki. (13 de Abril de 2022). *Moriwoki*. Obtenido de <https://www.moriwoki.com/cascos-de-moto/abiertos/>

Moto1pro. (14 de Agosto de 2019). *MOTO1PRO*. Obtenido de <https://www.moto1pro.com/reportajes-motos/tipos-de-cascos-de-moto-caracteristicas-y-cualidades>

Motocard. (25 de 2 de 2018). *Google*. Obtenido de Materiales mas comunes de un casco: <https://www.motocard.com/blog/guias-de-compra/cascos/de-que-esta-hecho-un-casco-de-moto-materiales-mas-comunes/>

Motorex. (31 de 8 de 2020). *Motorex*. Obtenido de Propiedades y uso de la fibra de vidrio: <https://www.motorex.com.pe/blog/propiedades-usos-fibra-vidrio/>

MURILLO. (27 de Febrero de 2015). *motorpasión*. Obtenido de MOTO: <https://www.motorpasionmoto.com/seguridad/cual-es-la-homologacion-que-debe-cumplir-un-casco-de-motocicleta-para-ser-seguro-y-legal>

Santillán, M. (12 de 03 de 2021). *Google*. Obtenido de Accidentes en motocicleta aumentan durante la pandemia: <https://elmercurio.com.ec/2021/11/27/en-2021-registran-118-accidentes-en-motos-en->

ANEXOS

ANEXO 1 Informe de Laboratorio de Control de Calidad Casco Integral



INFORME DE RESULTADOS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Página: /

Nº.

aa	mm	dd
2023	6	15

DATOS DEL CLIENTE

Nombre:	<u>JOSE ROJAS</u>	Empresa:	<u>Estudiante UPS</u>
Dirección:	<u>Calle vieja 12-30 y Elia Liut</u>		
Teléfono:	<u>0986763201</u>		
Correo:	<u>ioserojas199432@gmail.com</u>		
Fecha de recepción:	<u>29 de mayo de 2023</u>		
Fecha tentativa de entrega de resultados:	<u>15 de junio de 2023</u>		

DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM A ENSAYAR

Peso (kg):	<u>1.400</u>
Altura (mm):	<u>270</u>
País de origen:	<u>CHINA</u>
Fabricante:	<u>MOXAL</u>
Tipo:	<u>CROSS</u>
Codificación de ensayo:	<u>MOT001MOX</u>

CITUPS-RE-22
V 003

CITUPS CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CIA. LTDA.

Carretas s/n y Calle Vieja (Universidad Politécnica Salesiana)
PBX: (593) 4135250 Ext. 1365
info@citups.com

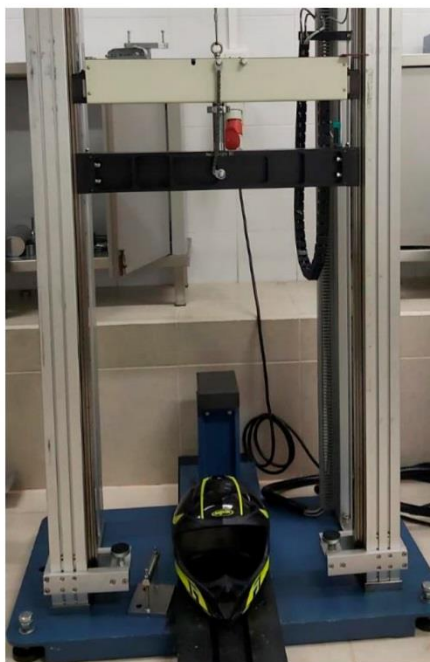
Cuenca - Ecuador

ENSAYO	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	ALTURA	RESULTADO OBTENIDO		Temp. Ambiente (°C)	DOC. ADICIONAL	INCERTIDUMBRE
			STD	RESULTADO			
1	IMPACTO CON MASA 8KG	500 mm	SIN FALLA	SIN FALLA	19,5°	N/A	k=2
2	IMPACTO CON MASA 8KG	1000 mm	SIN FALLA	SIN FALLA	19,5°	N/A	k=2
3	IMPACTO CON MASA 8KG Y PUNZON	500 mm	SIN DAÑO	SIN DAÑO	19,5°	N/A	k=2
4	IMPACTO CON MASA 8KG Y PUNZON	1000 mm	SIN DAÑO	CON DAÑO, FISURAS	19,5°	N/A	k=2

Notas y comentarios:

- Los resultados mencionados o enunciados solo aplican para el elemento ensayado.
- Para el informe entregado no se ha aplicado ningún tipo de muestreo.
- Es prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la debida autorización del laboratorio.
- La incertidumbre mencionada corresponde a la suma de la incertidumbres de los equipos determinada en los certificados de calibración con un nivel de confianza de 2 que es equivalente al 95% (k=2)

FOTOGRAFÍAS:



Técnico de laboratorio

Nombre: Ing. Vinicio Astudillo

Dirección:
Carretas y Calle Vieja.
Cuenca - Ecuador
Telf.: (593) 74135250 ext.
1365



Dirección de laboratorio

Nombre: Ing. Nelson Jara Ph.D.



INFORME DE RESULTADOS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Página:

Nº.

aa	mm	dd
2023	6	15

DATOS DEL CLIENTE	
Nombre:	<u>JOSE ROJAS</u> Empresa: <u>Estudiante UPS</u>
Dirección:	<u>Calle vieja 12-30 y Elia Liut</u>
Teléfono:	<u>0986763201</u>
Correo:	<u>joserojas199432@gmail.com</u>
Fecha de recepción:	<u>29 de mayo de 2023</u>
Fecha tentativa de entrega de resultados:	<u>15 de junio de 2023</u>

DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM A ENSAYAR	
Peso (kg):	<u>1.400</u>
Altura (mm):	<u>270</u>
País de origen:	<u>CHINA</u>
Fabricante:	<u>MOXAL</u>
Tipo:	<u>CROSS</u>
Codificación de ensayo:	<u>MOT002MOX</u>

CITUPS-RE-22
V 003

CITUPS CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CIA. LTDA.

Carretas s/n y Calle Vieja (Universidad Politécnica Salesiana)
PBX: (593) 4135250 Ext. 1365
info@citups.com

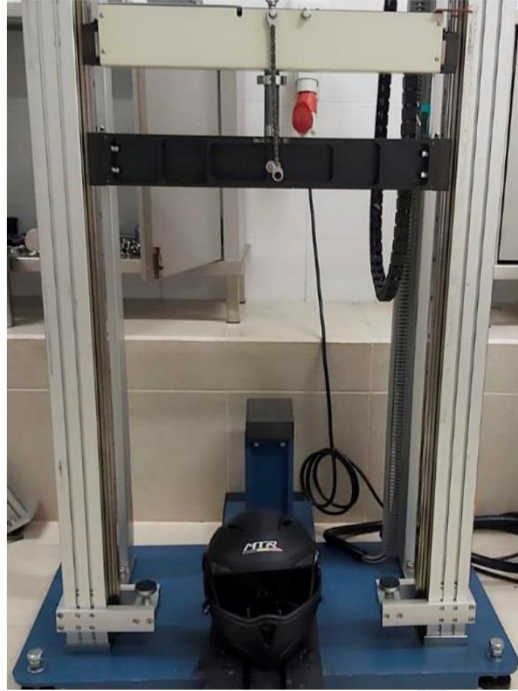
Cuenca - Ecuador

ENSAYO	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	ALTURA	RESULTADO OBTENIDO		Temp. Ambiente (°C)	DOC. ADICIONAL	INCERTIDUMBRE
			STD	RESULTADO			
1	IMPACTO CON MASA 8KG	500 mm	SIN FALLA	SIN FALLA	19,5°	N/A	k=2
2	IMPACTO CON MASA 8KG	1000 mm	SIN FALLA	SIN FALLA	19,5°	N/A	k=2
3	IMPACTO CON MASA 8KG Y PUNZON	500 mm	SIN DAÑO	CON DAÑO, FISURA	19,5°	N/A	k=2
4	IMPACTO CON MASA 8KG Y PUNZON	1000 mm	SIN DAÑO	NO REALIZADO AL PRESENTAR FISURA	19,5°	N/A	k=2

Notas y comentarios:

- Los resultados mencionados o enunciados solo aplican para el elemento ensayado.
- Para el informe entregado no se ha aplicado ningún tipo de muestreo.
- Es prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la debida autorización del laboratorio.
- La incertidumbre mencionada corresponde a la suma de la incertidumbres de los equipos determinada en los certificados de calibración con un nivel de confianza de 2 que es equivalente al 95% (k=2)

FOTOGRAFÍAS:



Técnico de laboratorio

Nombre: Ing. Vinicio Astudillo

Dirección:
Carretas y Calle Vieja.
Cuenca - Ecuador
Telf.: (593) 74135250 ext.
1365



Dirección de laboratorio

Nombre: Ing. Nelson Jara Ph.D.

CITUPS-RE-22 V 003