



*Análisis de simulación de absorción de impactos, resistencia a la penetración y térmica de un casco de seguridad industrial bajo la norma EN 397*

*Simulation analysis of impact absorption, resistance to penetration and thermal of an industrial safety helmet under the EN 397 standard*

*Análise de simulação de absorção de impacto, resistência à penetração e térmica de um capacete de segurança industrial sob a norma EN 397*

Diana Paola Lalaleo-Castillo <sup>I</sup>  
[paola.lalaleo@gmail.com](mailto:paola.lalaleo@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-4090-1500>

Francisco Stalin Quindigalle-Vega <sup>II</sup>  
[stalinquindigalle1h@gmail.com](mailto:stalinquindigalle1h@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-0155-3099>

Eugenia Mercedes Naranjo-Vargas <sup>III</sup>  
[eugenia.naranjo@epoch.edu.ec](mailto:eugenia.naranjo@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-9658-6311>

**Correspondencia:** [paola.lalaleo@gmail.com](mailto:paola.lalaleo@gmail.com)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\***Recibido:** 04 de enero de 2022 \***Aceptado:** 30 de enero de 2022 \* **Publicado:** 21 de febrero de 2022

- I. Investigador independiente
- II. Investigador independiente
- III. Ingeniera Mecánica, Magíster en Diseño Mecánico, Grupo de Investigación ENAMPROD; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

## Resumen

El casco es uno de los elementos de seguridad industrial más importantes como EPP (equipo de protección personal) para proteger la integridad de una persona, en ese sentido el objetivo de este trabajo fue simular en el SolidWorks Académico el elemento para estudiar el análisis estático lineal y térmico de los requisitos obligatorios de la norma EN 397, en esta investigación descriptiva se consideró: absorción de impactos, resistencia a la penetración y térmica, a partir de los resultados obtenidos con el material ABS expuestos por la simulación arrojan sus valores mínimos y máximos de tensiones, desplazamientos y deformaciones unitarias, lo que determina que mediante una esfera de acero galvanizado a una velocidad de 20m/s no causa gran impacto, al aplicar una fuerza equivalente a 250N se obtiene una fuerza resultante de 230,408 N y manteniendo su coeficiente de convección de  $2,55\text{W/m}^2\cdot\text{k}$  siendo  $150^\circ\text{C}$  su temperatura máxima el flujo de calor no debe ser mayor a  $0,35\text{W/m}^2$ , los resultados obtenidos mediante la simulación concuerdan con los rangos establecidos por la norma.

**Palabras clave:** Casco; norma EN 397; análisis; SolidWorks; resistencia.

## Abstract

The helmet is one of the most important industrial safety elements such as PPE (personal protective equipment) to protect the integrity of a person, in this sense the objective of this work was to simulate the element in SolidWorks Academic to study linear static analysis. and thermal of the mandatory requirements of the EN 397 standard, in this descriptive investigation it was considered: shock absorption, resistance to penetration and thermal, from the results obtained with the ABS material exposed by the simulation they show their minimum and maximum values of tensions, displacements and unitary deformations, which determines that by means of a galvanized steel sphere at a speed of 20m/s it does not cause a great impact, when applying a force equivalent to 250N a resulting force of 230.408 N is obtained and maintaining its coefficient of convection of  $2.55\text{W/m}^2\cdot\text{k}$  being  $150^\circ\text{C}$  its maximum temperature, the heat flux must not be greater than  $0.35\text{W/m}^2$ , the results obtained through the simulation agree with the ranges established by the standard.

**Keywords:** Helmet; EN 397 standard; analysis; SolidWorks; resistance

## Resumo

O capacete é um dos elementos de segurança industrial mais importantes como o EPI (equipamento de proteção individual) para proteger a integridade de uma pessoa, nesse sentido o objetivo deste trabalho foi simular o elemento no SolidWorks Academic para estudar análise estática linear. térmico dos requisitos obrigatórios da norma EN 397, nesta investigação descritiva foram considerados: absorção de choque, resistência à penetração e térmica, a partir dos resultados obtidos com o material ABS exposto pela simulação mostram seus valores mínimos e máximos de tensões, deslocamentos e deformações unitárias, o que determina que por meio de uma esfera de aço galvanizado a uma velocidade de 20m/s não cause grande impacto, ao aplicar uma força equivalente a 250N obtém-se uma força resultante de 230,408N e mantendo seu coeficiente de convecção de  $2,55\text{W/m}^2\cdot\text{k}$  sendo  $150^\circ\text{C}$  sua temperatura máxima, o fluxo de calor não deve ser superior a  $0,35\text{W/m}^2$ , os resultados obtidos através da simulação estão de acordo com os intervalos estabelecidos pela norma.

**Palavras-chave:** Capacete; norma EN 397; análise; SolidWorks; resistência.

## Introducción

En año de 1992 el profesor Peter Drucker es quién con criterios propios desarrolló el primer casco de seguridad mientras analizaba los accidentes de los trabajadores para el Reino de Bohemia. (“Orígenes de los cascos de seguridad”, 2019, párr. 2) A medida que el tiempo se vio la necesidad de fabricar bajo parámetros y estándares ya que, con el material que éstos se fabricaban no era el adecuado. Se tenía que someter a pruebas y ensayos para verificar si soportaba las cargas o esfuerzos. Es por esto que muchos fabricantes con en día verifican la calidad del casco ocupando la norma europea EN 397 que especifica los requisitos físicos y de rendimiento (incluidas las pruebas) de los cascos de seguridad industriales. Incluye pruebas obligatorias y opcionales.

El principal objetivo del casco de seguridad es proteger la cabeza de quien lo usa de peligros y golpes mecánicos. También puede proteger frente a otros riesgos de naturaleza mecánica, térmica o eléctrica. Los cascos industriales más conocidos, conformes con la norma EN 397, están diseñados para proteger al usuario contra la caída de objetos que impacten en el área de la cresta del casco y las consecuentes lesiones cerebrales y fracturas de cráneo, disponiendo además de

propiedades de resistencia a la perforación, al ligero contacto con la llama y otras prestaciones opcionales.

Este elemento de seguridad industrial debe cumplir con las pruebas de desempeño por lo que se aplican a todos los tipos de cascos, sea cual sea el uso al que estén destinadas: capacidad de absorción de golpes, resistencia a la perforación y resistencia a la llama, normas como la europea también señala que se deben cumplir las pruebas opcionales: se aplican a cascos de seguridad diseñados para grupos de usuarios especiales: resistencia dieléctrica, resistencia a la deformación lateral y resistencia a bajas temperaturas. (Balear, 2010, párr. 14)

La mayoría de los cascos están hechos de polietileno de alta densidad (HDPE), que es un plástico TIPO 2 que permite su reciclaje. Actualmente, la mayoría de las carcasas se fabrican en acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), sus almohadillas interiores se fabrican principalmente en espuma de poliestireno expandido de alta densidad, y las cintas son de poliéster, las hebillas están fabricadas en poliamida de alta tenacidad o en POM (polioximetileno). (INTEC,2021)

Según la norma EN 397 los cascos de seguridad industrial están diseñados para proteger contra impactos de objetos que caen en la parte superior de éste, sin embargo, no fueron diseñados para proteger contra impactos frontales, laterales ni posteriores. La base del equipo debe ser monolítica y lo suficientemente grande como para ofrecer una completa resistencia al efecto del golpe. (Normas INEN, 2013, p. 10) Debe tener una masa mínima de 500 g y debe instalarse convenientemente para evitar el retorno de la onda de compresión. La cabeza de ensayo debe montarse rígidamente en una posición vertical sobre la base. Por encima de la cabeza de ensayo se debe colocar un percutor, con una masa de 5,0 kg + 0,1 kg -0 kg y una superficie de percusión hemisférica de 50 mm ± 1 mm de radio, de forma que su eje coincida con el eje vertical de la cabeza de ensayo y que se pueda dejar caer en caída libre o guiada. En caso de caída guiada, la velocidad del percutor, medida a una distancia máxima de 60 mm del punto de impacto, no debe variar más del 0,5 % de la velocidad que se obtendría en caso de caída libre. (Normas INEN,2013, p. 13)

La absorción de impactos se lo realiza mediante la aplicación directa de una fuerza máxima transmitida al casco de ensayo montada rígidamente, sobre una cabeza, donde el valor de la fuerza no debe exceder los 5 kN, por ende, no deben presentar señales de desprendimientos o fractura de la suspensión. La fuerza del impacto será medida por un transductor de fuerza no inercial fijado sólidamente a la base. Éste debe estar colocado de forma que su eje coincida con la

trayectoria del percutor. El transductor de fuerza debe ser capaz de soportar fuerzas de hasta 40 kN sin dañarse. (Morales, 2019)

Cuando se realiza ensayos de resistencia a la penetración el punto del percutor no debe entrar en contacto con la superficie de la cabeza de ensayo. Se deja caer un percutor de ensayo sobre una horma de ensayo montada rígidamente y sobre la que está colocado el casco. Se verifica si hay o no contacto entre el percutor y la cabeza de ensayo

La base del equipo debe ser monolítica y lo suficientemente grande como para ofrecer una completa resistencia al efecto del golpe. La horma de ensayo debe montarse sobre la base rígidamente y en posición vertical. La parte de la superficie de la horma de ensayo que pueda entrar en contacto con el percutor debe ser de un metal que permita la detección fácil del contacto en caso de que éste se produzca, y que pueda restaurarse después del contacto si fuese necesario. El percutor debe colocarse por encima de la horma de ensayo, de forma que su eje coincida con el eje vertical de la misma y que su caída pueda ser libre o guiada. En caso de caída guiada, la velocidad del percutor, medida a una distancia máxima de 60 mm del punto de impacto, no debe variar más del 0,5% de la velocidad que se obtendría en caso de caída libre.

La profundidad de la penetración no debe exceder de 10mm incluyendo el espesor del casco, además los cascos no necesitan ninguna perforación ya que el excelente diseño asegura una perfecta ventilación al permitir la circulación del aire por todo el perímetro del casco.

El uso de materiales termo endurecibles y polímeros termoplásticos reforzados con una alta resistencia térmica permite obtener un casco con una gran estabilidad térmica y una variación limitada en sus propiedades mecánicas tanto a altas como a bajas temperaturas. (Gallegos,2020)

Las variables que determinan la reacción a la llama incluyen el espesor de las muestras y la coloración del material, de hecho, puede haber diferencias entre materiales con su color natural y aquellos con un color artificial y diferencias en función de la variación de espesor de la muestra con el mismo color (Elesa, 2020). Tarjeta amarilla: este es un documento emitido por Underwriters Laboratories que certifica la reacción de un plástico a las llamas, luego de las pruebas respectivas. Esto constituye un reconocimiento oficial de la resistencia al fuego del producto.

La “Tarjeta amarilla” indica el nombre comercial del producto, el fabricante y el número de identificación relacionado, conocido como Número de archivo UL. La resistencia a la llama está certificada para espesores y colores específicos del material. Algunos fabricantes de materiales

llevan a cabo pruebas de resistencia al fuego en laboratorios independientes, utilizando los mismos métodos de prueba que los Underwriters Laboratories. En tales casos, el fabricante emite una declaración de conformidad, pero no una “tarjeta amarilla” (Giraldo, 2015).

La superficie exterior del casco se expone a una llama normalizada y los materiales que componen el casco no deben arder con emisión de llama después de un tiempo de 5 segundos desde que se retira la llama. Otra forma de reconocimiento térmico es la salpicadura de metal fundido, en donde, sobre el casco se vierte metal fundido (calentado a 1400 °C), el cual no debe penetrar el casco más de 10 mm, y cualquier llama se debe auto extinguir en el mismo lapso de tiempo. (Centurion, 2019)

### **Metodología**

Esta metodología se realiza con una investigación descriptiva debido a que se especifica de manera detallada el proceso de simulación que se llevará a cabo.

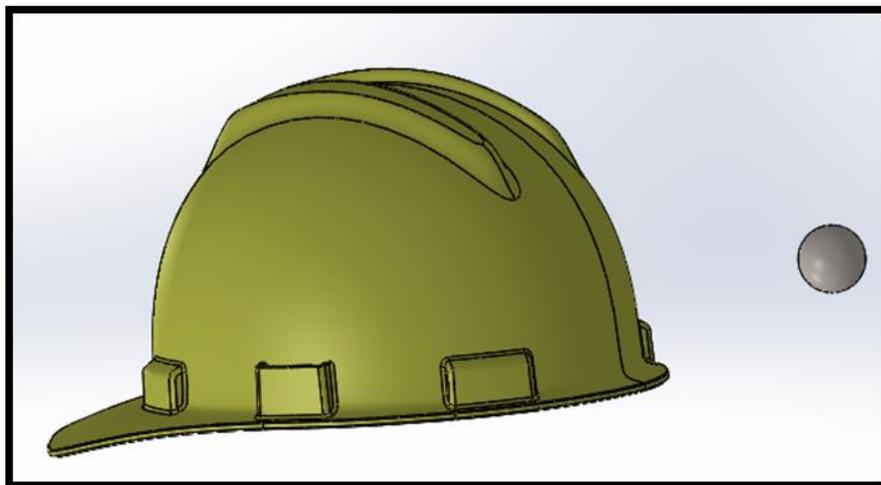
El material del casco a analizar es el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) por lo general, aunque también se encuentran aleaciones del ABS y policarbonato (PC), el cual es un termoplástico amorfo, ya que es un plástico cuya elaboración y procesamiento es más complejo que los plásticos comunes.

### **Simulación de absorción de impactos**

En la norma EN 397 no especifica la velocidad del impacto por lo que se realizará un test de impacto en SolidWorks, para ello nos ubicamos en nuevo estudio y seleccionamos estudio no lineal y posterior análisis dinámico. Ajustamos los parámetros para que la esfera se dirija hacia el casco golpeando y muestre la deformación.

En análisis escogeremos que sólidos vamos analizar por lo que se seleccionará los 2 objetos, la esfera que tiene un material de acero galvanizado y el casco. En sujeciones, seleccionamos la opción fija, para simular que el casco está sujeto a una cabeza. Figura 1.

**Figura 1.** El caso con el plástico ABS y la esfera de acero galvanizado



**Fuente:** Autores, Ecuador, 2022

En condición inicial, configuraremos una velocidad inicial de 20 m/s el cual impactará el casco dependiendo la masa de la esfera a una distancia de 80 cm. de manera horizontal. Como los modelos son separados se debe aplicar control de mallado y escogemos el primer objeto que es el casco. Corremos y ejecutamos el mallado de cada objeto por separado, ya que, está configurado el contacto sin penetración y cuando la esfera se desplace y toque la superficie del casco evitará la penetración del mismo, es decir la esfera va golpear y rebotar inmediatamente por la sujeción

### **Simulación de resistencia a la penetración**

Para realizar el análisis de penetración se va a escoger un análisis estático debido que éste se utiliza para determinar el estado de un mecanismo cuando está sujeto a fuerzas conocidas, ya que busca una configuración en la que todas las cargas y fuerzas queden equilibradas y la energía potencial sea cero.

Mediante este análisis se pretende observar como el material se comporta al aplicar una fuerza equivalente de 250N siendo la fuerza máxima de acuerdo con el análisis de penetración en la norma, ya que, en este análisis se permite aplicar desde 150N a 250N en la deformación vertical y para la prueba se escogerá una fuerza que se acople al intervalo establecido.

En la simulación, para éste análisis en el casco se aplicará una fuerza en la parte superior debido a que es donde va a recibir la carga, por ejemplo si algún objeto cae desde la parte superior ésta es la que recibiría el impacto entonces es por eso que la carga de 250N solo debe distribuirse en

una parte específica superior del casco, poniendo una sujeción fija por la parte interna del casco en este caso no se toma en cuenta el arnés debido a que en la simulación se complicará tanto en los cálculos como en el diseño del mallado del casco.

### **Simulación de resistencia térmica**

Para el análisis térmico nos basamos en la norma ya estipulada anteriormente, la EN397, el cual nos indica que la temperatura pico a usar es de 150 °C con una variación de 5 °C., para lo cual se utilizará del software (SolidWorks Académico) para su respectiva simulación.

Primeramente, en el simulador, se direcciona a la parte de nuevo estudio en donde se selecciona específicamente el análisis térmico el mismo que se ejecutará automáticamente (debemos tener en cuenta, que se debe deshabilitar o excluir la parte de la esfera que correspondía al análisis de absorción de impacto), y por consiguiente solo nos quedará la representación del casco.

Para este análisis debemos tener en consideración el flujo de calor en sí, en donde, se simulará que en el interior del casco ingresará una cantidad de calor que se distribuirá por la superficie interna; y por fuera del mismo, se realizará un proceso de convección con su respectivo coeficiente (La convección, es el transporte de calor por medio del movimiento del fluido, requiere un material para la transferencia), porque el programa analiza la transferencia de calor como un continuo, es decir, si se ingresa calor por un lado debe salir por alguna otra parte sobrante de calor, por partes, o al ambiente, etc., por ello, es necesario que por dentro, una parte exista un flujo de calor (constante en este caso) y que por la superficie externa analicemos un proceso de convección hacia el área circundante, en este caso posiblemente se simulará con las condiciones del aire ya que es una convección natural.

Con las condiciones mencionadas anteriormente se ajustará un flujo o transferencia de calor manteniendo el coeficiente de convección, no existen datos en sí del fabricante sobre los coeficientes de convección, aquello se obtiene mediante un análisis experimental, por lo cual la ayuda del simulador nos facilitará variar con los coeficientes hasta lograr ajustar la temperatura máxima requerida para esta simulación.

Para este análisis se deberá tener en cuenta el rango especificado por el simulador que es en °K y el dato estipulado en la norma EN397 es en °C, por consiguiente, se transformará los 150 °C a °K, el cual nos da un resultado de 423,15 °K, el mismo que usaremos para nuestra respectiva simulación.

## Resultados

En la Tabla 1 se encuentra la información del modelado con y sin el acero galvanizado que se emplea para la simulación de absorción de impactos en la que se especifica su masa, volumen, densidad y peso, para el estudio de resistencia a la penetración y térmica se aplica los datos de: sin el acero galvanizado debido a que no se considera la esfera.

**Tabla1.** Información del modelado con y sin el acero galvanizado

Información del Modelo				
Referencia	Masa	Volumen	Densidad	Peso
Sin el acero galvanizado	0,245028 kg	0,000240105 m <sup>3</sup>	1.020,51 kg/m <sup>3</sup>	2,40128 N
Con el acero galvanizado	0,11126 kg	1,41372e-05 m <sup>3</sup>	7.870 kg/m <sup>3</sup>	1,09034 N

Fuente: Autores, Ecuador, 2022

En la Tabla 2 se ubican las propiedades del material ABS y el acero galvanizado que se disponen para la simulación de absorción de impactos en la que se especifica su tipo de modelo, criterio de error predeterminado, límite de tracción, módulo elástico, coeficiente de poisson, densidad, módulo cortante y límite elástico, al igual que para el estudio de resistencia a la penetración y térmica, se considera solo los datos con el ABS y la Tabla 3 muestra el sistema de unidades que en el simulador se considera para estos estudios.

**Tabla 2.** Propiedades del material del ABS y el acero galvanizado

Propiedades del Material		
Nombre	ABS	Acero galvanizado
Tipo de modelo	Isotrópico elástico lineal	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado	Desconocido	Tensión de von Mises máx.
Límite de tracción	3e+07 N/m <sup>2</sup>	3,56901e+08 N/m <sup>2</sup>
Módulo elástico	2e+09 N/m <sup>2</sup>	2e+11 N/m <sup>2</sup>
Coeficiente de poisson	0,394	0,29
Densidad	1.020 kg/m <sup>3</sup>	7.870 kg/m <sup>3</sup>
Módulo cortante	3,189e+08 N/m <sup>2</sup>	X
Límite elástico	X	2,03943e+08 N/m <sup>2</sup>

Fuente: Autores, Ecuador, 2022

**Tabla 3.** Sistemas de unidades

Sistema de Unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión y Tensión	N/m <sup>2</sup>

Fuente: Autores, Ecuador, 2022

### Resultados de la simulación de absorción de impactos y resistencia a la penetración

La absorción de impactos y resistencia a la penetración es un estudio lineal estático en la que se observan los mínimos y máximos en tensiones, desplazamientos y deformaciones unitarias que el simulador arroja a partir de la fuerza y carga externa sometidas en el simulador, por ende, los detalles de las Figuras 2 a la 7 se especifica en Tabla 4. El tipo de sujeciones y cargas se exponen en Tabla 5, en este estudio de resistencia a la penetración el entorno del modelo y las restricciones se definen en las caras seleccionadas, en este caso se expresa como función de tiempo. Las fuerzas resultantes en los componentes X, Y y Z se representadas en N, N.m para la fuerza de reacción y momento de reacción respectivamente, considerando que la fuerza de 230,408N es menor que 250N establecido por la norma con un momento de 0N.m esto valores se encuentran en la Tabla 6.

**Tabla 4.** Resultados de Absorción de impactos y Resistencia a la penetración

Resultados de Absorción de Impactos y Resistencia a la Penetración						
Tipo de Análisis	Tensiones (VON)		Desplazamientos (URES)		Deformaciones Unitarias (ESTRN)	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Absorción de Impactos	0,000e+00 N/m <sup>2</sup>	2,010e+07 N/m <sup>2</sup>	1,000e-30 mm	6,187e+01 mm	0,00E+00	6,93E-05
Resistencia a la Penetración	9,899e-13 N/m <sup>2</sup>	6,892e+04 N/m <sup>2</sup>	1,000e-30 mm	3,247e-04 mm	3,02E-22	2,69E-05

Fuente: Autores, Ecuador, 2022

**Tabla 5.** Cargas y sujeciones en el estudio de resistencia a la penetración

Sujeciones y Cargas			
Nombre	Entidades	Tipo	Valor
Sujeción-Fijo 1	2 caras	Geometría fija	X
Carga- Fuerza 1	2 caras	Aplicar fuerza Normal	250N

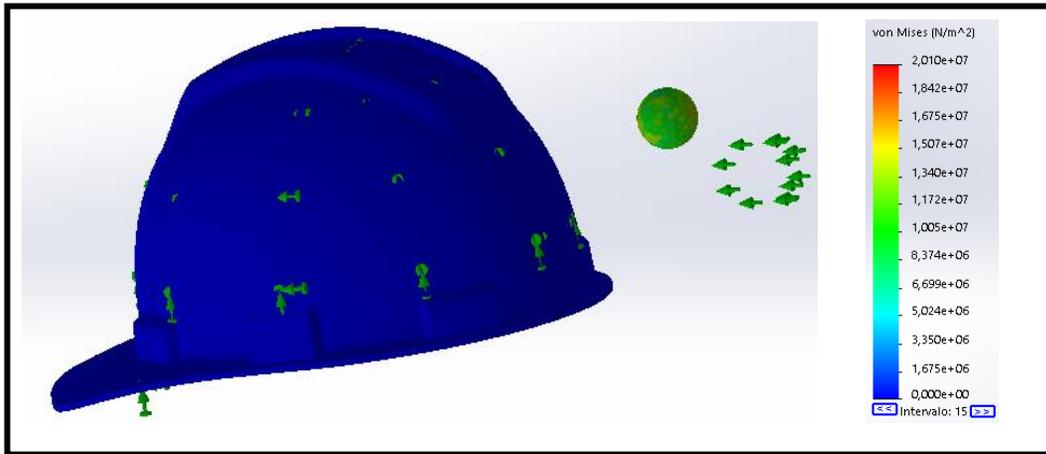
Fuente: Autores, Ecuador, 2022

**Tabla 6.** Fuerzas Resultantes en el estudio de resistencia a la penetración

Fuerzas Resultantes				
Componentes	x	y	z	Resultante
Fuerza de Reacción (N)	-0,131981	10,2649	230,179	230,408
Momento de Reacción (N.m)	0	0	0	0

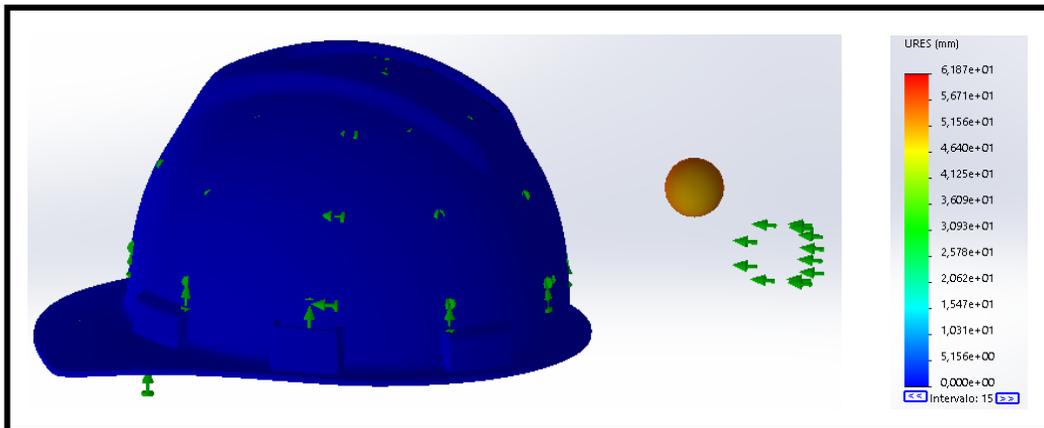
Fuente: Autores, Ecuador, 2022

**Figura 2.** Simulación de absorción de impactos – Tensiones



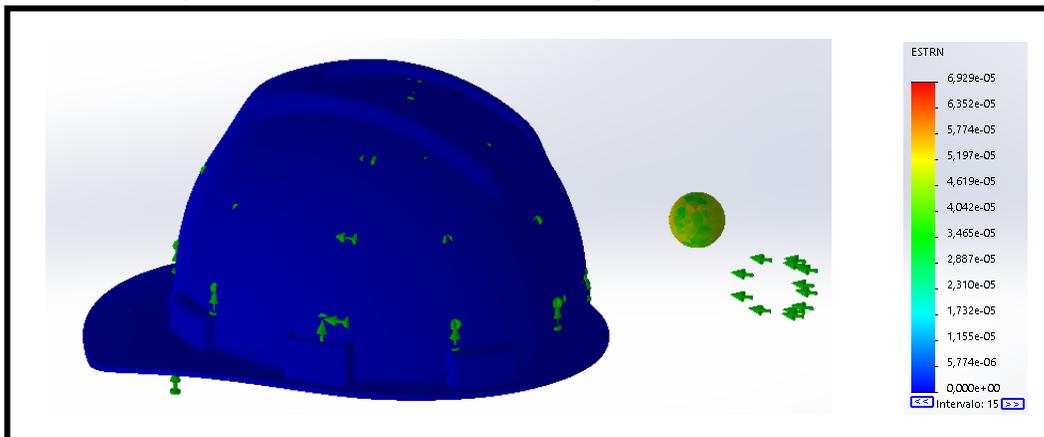
Fuente: Autores, Ecuador, 2022

**Figura 3.** Simulación de absorción de impactos – Desplazamientos



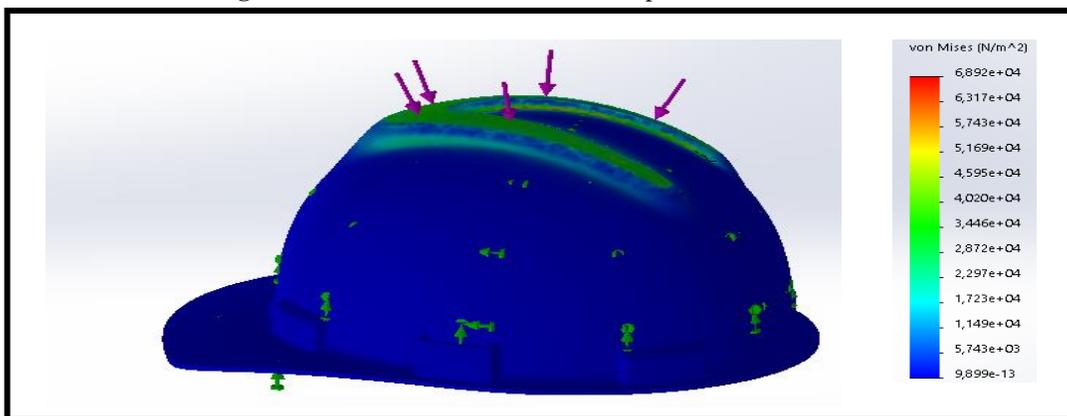
Fuente: Autores, Ecuador, 2022

**Figura 4.** Simulación de absorción de impactos – Deformaciones Unitarias



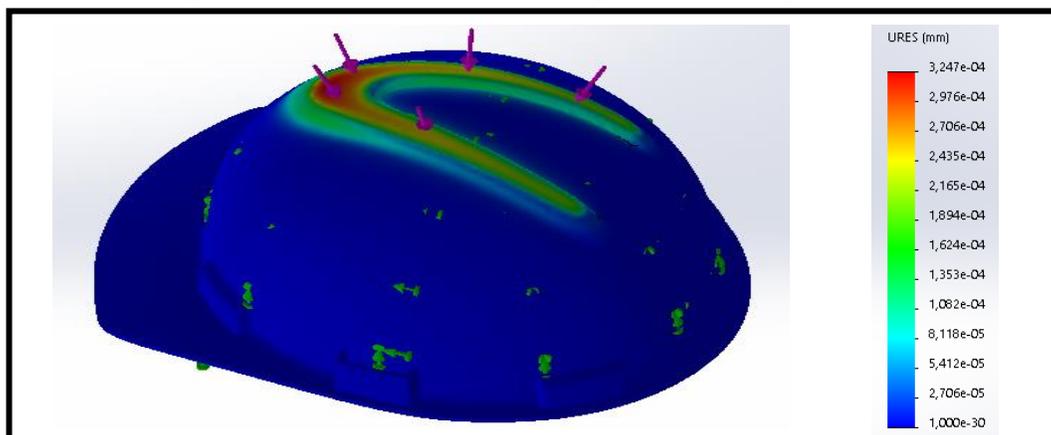
Fuente: Autores, Ecuador, 2022

**Figura 5.** Simulación de resistencia a la penetración – Tensiones



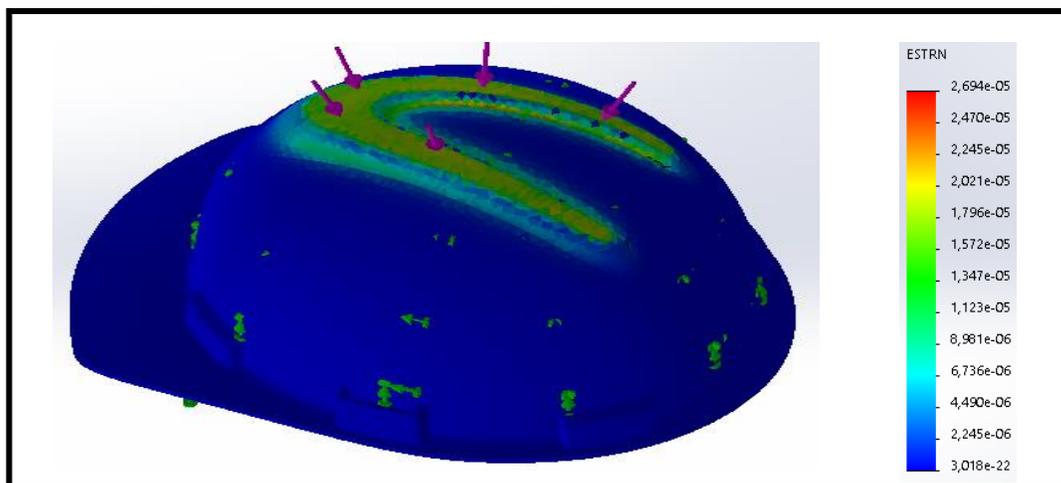
Fuente: Autores, Ecuador, 2022

**Figura 6.** Simulación de resistencia a la penetración - Desplazamientos



Fuente: Autores, Ecuador, 2022

**Figura 7.** Simulación de resistencia a la penetración –Deformaciones Unitarias



Fuente: Autores, Ecuador, 2022

### Resultados de la simulación de resistencia térmica

Las propiedades del material para la simulación de resistencia térmica están en la siguiente tabla, en la considera el ABS isotrópico elástico lineal el tipo además se considera el valor de la conductividad térmica, calor específico y densidad.

**Tabla 7.** Propiedades del material en el estudio de análisis térmico

Propiedades del Material para Análisis térmico	
Nombre	ABS
Tipo de modelo	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado	Desconocido
Conductividad térmica	0,2256 W/ (m.K)
Calor específico	1.386 J/ (kg. K)
Densidad	1.020 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Autores, Ecuador, 2022

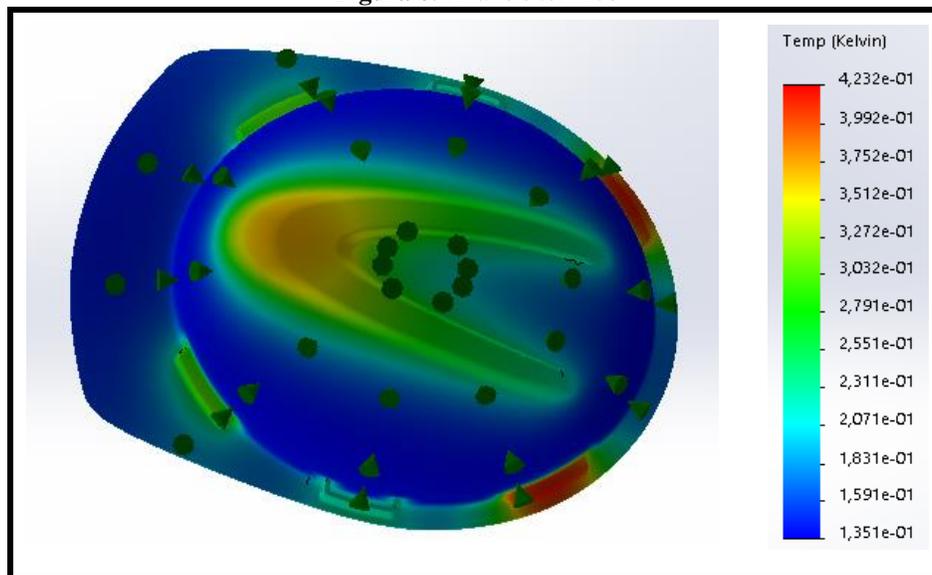
Este es un estudio térmico en la que se observa el flujo térmico que hace básicamente, que la transferencia de energía térmica se base en la difusión de electrones libres y la convección es importante en el flujo de calor, ya que la transferencia térmica aumenta a medida que el movimiento se mueve más rápido los detalles de la Figura 8. Se especifica en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Resultados de flujo de calor y convección en el estudio de análisis térmico

Resultados del Estudio de Análisis Térmico					
Análisis Térmico	Flujo de Calor		Convección		
	Entidades	Flujo de calor valor	Entidades	Coficiente de convección	de Temperatura ambiente
	2 caras	0.35 W/m <sup>2</sup>	2 caras	2,55 W/ (m <sup>2</sup> .K)	0 kelvin

Fuente: Autores, Ecuador, 2022

Figura 8. Análisis térmico



Fuente: Autores, Ecuador, 2022

## Conclusiones

El análisis de absorción de impactos se realizó con una esfera de acero galvanizado de 30mm diámetro a una velocidad de 20 m/s, fabricado con el plástico ABS en un tiempo de 0.00041seg soporta una tensión mínima de  $0N/m^2$  y una tensión máxima de  $2010e^{07} N/m^2$ , en desplazamiento tiene como mínimo de 0 mm y máximo de 6 187 mm y para las deformaciones unitarias tiene como valor como máximo de 0,06929, ésta velocidad evita que tenga mayor intensidad en el golpe y afecte o destruya el material por ende al sobrepasar el límite llega a sufrir deformación en la parte del impacto.

Para la resistencia a la penetración con una carga externa de 250N se puede estimar que las deformaciones tanto en la tensión mínima y máximas son de  $9899e^{-13} N/m^2$  en el punto inferior y  $6892e^{-04} N/m^2$  en el punto superior respectivamente, para el desplazamiento como mínimo va desde  $1000e^{-30} mm$  a su máximo de  $3247e^{-04} mm$  y en las deformaciones unitarias su valor máximo es de  $2694e^{-05}$  obteniendo una fuerza resultante de 230,408N y un momento de 0N.m

En el análisis térmico manteniendo en la parte externa un coeficiente de convección natural de  $2,55W/m^2 \cdot k$  siendo  $150^{\circ}C$  su temperatura máxima el flujo de calor no debe ser mayor a

0,35W/m<sup>2</sup>, debido a que el software analiza la transferencia de calor como continuo es decir si se ingresa calor por un lado debe salir por alguna otra parte.

## Referencias

1. **AITEX. 2021.** Evaluación de Cascos. [En línea] 25 de noviembre de 2021. [Citado el: 17 de diciembre de 2021.] <https://www.aitex.es/laboratorio-evaluacion-cascos/>.
2. **BALEAR, EPI. 2016.** *Profesionales de la seguridad laboral*. [En línea] 2016. [Citado el: 23 de Noviembre de 2021.] <http://www.epibaleaer.es/noticia.aspx?Noticia=4772>.
3. **Beber, Diana. 2019.** Cascos Industriales. [En línea] SCRIBD, 7 de octubre de 2019. [Citado el: 17 de diciembre de 2021.] <https://es.scribd.com/document/429068355/Cascos-Industriales>.
4. **Centurion. 2019.** Centurion Safety. [En línea] 16 de Abril de 2019. [Citado el: 23 de Noviembre de 2021.] <https://centurionsafety.eu/es/advice/introduction-to-en-397/>.
5. **Confederación Nacional de la Construcción. 2019.** [En línea] 2019. [Citado el: 004 de Enero de 2022.] <https://docplayer.es/77535646-Sistemas-de-proteccion-de-la-cabeza.html>.
6. **Duerto, S.L. 2015.** Duerto Protección Laboral. [En línea] 2015. [Citado el: 08 de Noviembre de 2021.] <https://www.duerto.com/normativa/cascos.php>.
7. **ELESA. 2020.** Elesa Corporation. [En línea] 2020. [Citado el: 23 de Noviembre de 2021.] <https://www.elesa.com/es/CatalogoDatiTecniciUS/16-flame-resistance>.
8. **Gallegos, Landerson. 2020.** UTEQ. [En línea] 2020. [Citado el: 23 de Noviembre de 2021.] <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5957/1/T-UTEQ-0063.pdf>.
9. **GIRALDO, Andrés. 2015.** *Seguridad Industrial Charlas*. Segunda. España : ECOE EDICIONES, 2015. pág. 40. Vol. II. ISBN.
10. **González, Leonel. 2020.** Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. [En línea] 20 de Agosto de 2020. [Citado el: 05 de Enero de 2022.] <https://www.igssgt.org/wp-content/uploads/2020/08/Guia-uso-y-limpieza-de-equipo-de-proteccion-personal-epp-IGSS-2020.pdf>.
11. **IBERTEST. 2021.** IBERTEST ADVANCED TESTING SOLUTIONS. [En línea] 2021. [Citado el: 28 de Noviembre de 2021.] <https://www.ibertest.es/products/dispositivos-de-ensayo-para-probetas-normalizadas/>.

12. **INEN. 2013.** *CASCOS DE SEGURIDAD PARA USO INDUSTRIAL*. Quito : La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad, 2013. NTE INEN 146.
13. **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. CASCOS DE SEGURIDAD PARA USO INDUSTRIAL.** Quito : SAFETY HELMETS FOR INDUSTRIAL USE. SPECIFICATIONS AND INSPECTION. . Vol. 1.
14. **INTEC. 2021.** Dpto. Técnico Suministros Intec. [En línea] 2021. [Citado el: 2021 de Noviembre de 23.] <https://suministrointec.com/blog/para-que-sirve-el-casco-de-seguridad/>.
15. **Interempresas. 2021.** Interempresas.net. [En línea] 21 de mayo de 2021. [Citado el: 17 de diciembre de 2021.] <https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/351782-Confort-y-estres-en-el-uso-del-casco.html>.
16. **López, Vicente. 2016.** TESIS. [En línea] Noviembre de 2016. [Citado el: 2021 de Diciembre de 07.] <file:///C:/Users/Dell/Downloads/TESIS%20MAESTRIA%20EDGAR%20VICENTE%20LOPEZ%20TELLEZ.pdf>.
17. **Morales, Marco. 2009.** *Diseño y Construcción de un prototipo didáctico de termofluencia*. México : s.n., 2009.
18. **Muñoz, Henry. 2016.** Casco Industrial. [En línea] 20 de Octubre de 2016. [Citado el: 17 de diciembre de 2021.] <https://es.scribd.com/document/328216145/Cascos-resistencia-pdf>.
19. **Portillo, Jesús. 2018.** Equipos de protección individual (EPI). [En línea] 2018. [Citado el: 06 de Enero de 2022.] <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Equipos+de+protecci%C3%B3n+individua+l+EPI/3ba80b3e-04f3-4d81-9866-771d3ef79273>. ISBN: 978-84-7425-767-0.
20. **RAY, C.** *Seguridad Industrial y Salud*. [trad.] Gabriel SÁNCHEZ. México : UNIVERSITY OF ARKANSAS. pág. 224. ISBN.
21. **s.n. 20.** Cormancol. [En línea] Zubiola, 17 de Febrero de 20. [Citado el: 23 de Noviembre de 2021.] <https://www.cormancol.com/wp-content/uploads>

© 2021 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons  
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)  
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).