



Análisis de impacto de un robot de combate por el método de elemento finitos

Impact analysis of a combat robot by the finite element method

Análise de impacto de um robô de combate pelo método dos elementos finitos

Luis Santiago Choto Chariguaman ^I
lchoto@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0655-2503>

Sócrates Miguel Aquino Arroba ^{II}
saquino@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6393-9408>

Edwin Rodolfo Pozo Safla ^{III}
edwin.pozo@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8931-3577>

Campo Elías Morillo Robles ^{IV}
campo.morillo.@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9551-2599>

Correspondencia: lchoto@esPOCH.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de mayo de 2022 * **Aceptado:** 12 de junio de 2022 * **Publicado:** 18 de julio de 2022

- I. Magíster en Manufactura y Diseño Asistidos por Computador, Ingeniero Automotriz, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Riobamba, Ecuador.
- II. Magíster en Diseño, Producción y automatización industrial, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, Grupo de Investigación GIEBI, Chimborazo, Ecuador.
- III. Magíster en Diseño, Producción y Automatización Industrial, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Automotriz, Grupo de Investigación GIEBI, Chimborazo, Ecuador.
- IV. Magíster en Matemática Básica, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Macas, Ecuador.

Resumen

El presente artículo trata sobre la aplicación del Método de Elementos Finitos (FEM) dentro del estudio de los efectos dinámicos desarrollados por el impacto sobre un robot de combate. El proyecto está dividido en dos partes: el diseño mecánico realizado en SolidWorks y el análisis de impacto frontal y lateral realizado en ANSYS.

En el diseño mecánico aquí es en donde se calcula las piezas a utilizar, tal como el espesor y el material de la placa. El fuerte de estos diseños se basa en la mecánica de los mismos, se demuestra que, con una buena estructura, rodamientos y sujetadores se puede tener una buena máquina de competencia.

Luego de esta etapa se procedió con la fase experimental haciendo diferentes análisis de impacto, frontal y lateral, dando en la mayor parte de los casos buenos resultados.

Palabras Clave: FEM; Ansys; SolidWorks; Elementos finitos; Análisis de impacto; Robot de combate.

Abstract

This article deals with the application of the Finite Element Method (FEM) within the study of the dynamic effects developed by the impact on a combat robot. The project is divided into two parts: the mechanical design carried out in SolidWorks and the frontal and lateral impact analysis carried out in ANSYS.

In mechanical design this is where the parts to be used are calculated, such as the thickness and material of the plate. The strength of these designs is based on their mechanics, it is shown that, with a good structure, bearings and fasteners, you can have a good competition machine.

After this stage, the experimental phase was carried out, making different impact analyses, frontal and lateral, giving good results in most cases.

Keywords: FEM; Ansys; SolidWorks; Finite elements; impact analysis; combat robot.

Resumo

Este artigo trata da aplicação do Método dos Elementos Finitos (MEF) no estudo dos efeitos dinâmicos desenvolvidos pelo impacto em um robô de combate. O projeto está dividido em duas

partes: o projeto mecânico realizado em SolidWorks e a análise de impacto frontal e lateral realizada em ANSYS.

No projeto mecânico é onde são calculadas as peças a serem utilizadas, como a espessura e o material da chapa. A força desses projetos é baseada em sua mecânica, mostra-se que, com uma boa estrutura, rolamentos e fixadores, pode-se ter uma boa máquina de competição.

Após esta etapa, foi realizada a fase experimental, fazendo diferentes análises de impacto, frontal e lateral, dando bons resultados na maioria dos casos.

Palavras-chave: FEM; Ansys; SolidWorks; Elementos finitos; análise de impacto; robô de combate.

Introducción

La Batalla de Robots es una competencia que involucra robots controlados por radio y/o autónomos, que tienen por objetivo destruir o inmovilizar, al contrario. Los creadores de estos atletas mecánicos compiten uno contra otro utilizando una combinación de inteligencia, poder y habilidad. Para esto se usan armas de combate como sierras, martillos, cuchillas, mecanismos de presión, etc. [1]

Los robots de batalla tienen como objetivo primordial vencer a cada uno de los contrincantes que se le presente en el ring de lucha demostrando las capacidades del creador y piloto del mismo [1]

Robótica

La robótica es una ciencia o rama de la tecnología, que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano o que requieren del uso de inteligencia. Las ciencias y tecnologías de las que deriva podrían ser: el álgebra, los autómatas programables, las máquinas de estados, la mecánica o la informática. [2]

Robot

Un robot, es un agente artificial mecánico o virtual. Es una máquina usada para realizar un trabajo automáticamente y que es controlada por una computadora.

Si bien la palabra robot puede utilizarse para agentes físicos y agentes virtuales de software, estos últimos son llamados "bots" para diferenciarlos de los otros [3]

Materiales y métodos

Diseño y construcción del robot

Antes de empezar la elaboración del Robot de Batalla, se realizó un análisis a fondo de las participaciones en los concursos anteriores de Robótica, con el fin de conocer los problemas más comunes presentados en los prototipos.

Así de esta forma poder obtener un diseño que nos ofrezca flexibilidad, maniobrabilidad y confianza en su competencia mediante el uso de materiales afines a las necesidades y exigencias de los reglamentos que se constituyen en los concursos.

Manteniendo los conceptos presentes un robot fue diseñado con un sistema de transmisión mecánica directa para la transferencia eficaz de la potencia de los motores a las ruedas, y esto transferido a la estructura para facilitar la utilización de estrategias como investida, volcamiento e inmovilización, el robot fue dotado con un arma rotatoria que al momento de realizar la investida, es utilizada para destruir por debajo al robot contrario.

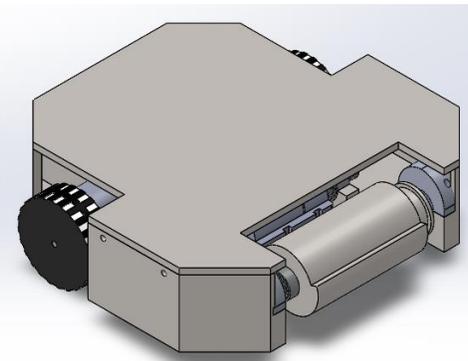


Figura 1. Diseño del Bot realizado en SolidWorks

Fuente: Autores

Diseño mecánico

Chasis

El peso y el material del chasis fueron dados por el software SolidWorks. La constante del material a utilizar es el acero estructural, el espesor de la placa es de 5mm para dar rigidez y resistencia al momento de los impactos.

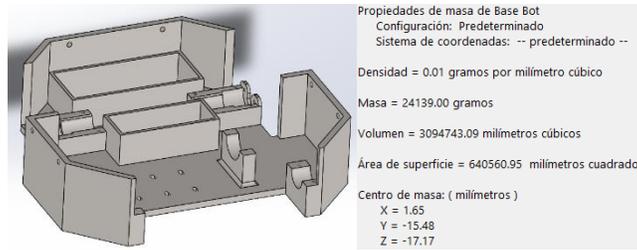


Figura 2. Chasis del Bot diseñado.

Fuente: Autores

TAMBOR (ARMA DE ATAQUE)

Se pueden utilizar arpones. En caso de utilizarlos, estos deberán contar con un sistema de retracción que detendrá al arpón, dicho sistema no permitirá el arpón rebase a los 2 metros.

El sistema de encendido deberá contar con un control remoto que permita apagar y desactivar dicha arma.

En nuestro caso se trata de un eje rotatorio con cuchillas extruidas en los extremos, capas de girar hasta 3500 rpm, con una longitud de 180 mm y sujeta por rodamientos.



Figura 3. Tambor (arma especial del Bot).

Fuente: Autores

RODAMIENTO RÍGIDO DE BOLAS

Son utilizados en varias aplicaciones mecánicas. Son capaces de operar en altas velocidades, requieren de poca atención y no son separables. Estos rodamientos en los diseños son utilizados como ruedas locas conjunto con un eje de transmisión que hace de base. [12]

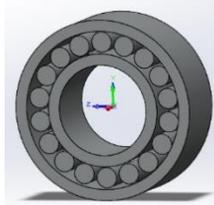


Figura 4. Rodamiento utilizado para el montaje del tambor.

Fuente: Autores

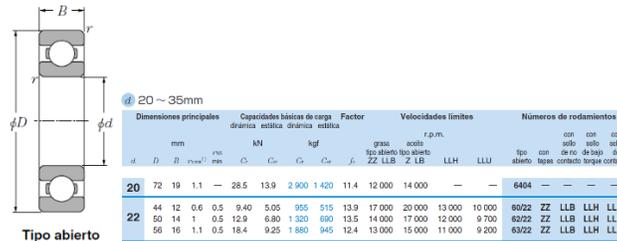


Figura 5. Medidas del rodamiento.

Fuente: Catalogo NTN - rodamientos de bolas y rodillos

LLANTAS

Es una pieza normalmente metálica, que se asienta en un neumático, forma parte de la rueda.

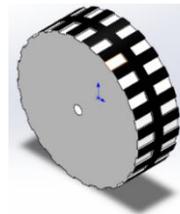


Figura 5. Neumático utilizado en Bot

Fuente: Autores

Motor DC

Los motores de corriente continua y de corriente alterna se basan en un principio de funcionamiento el cual establece que si la corriente eléctrica circula por un conductor este genera un campo magnético, este tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas que crea el campo magnético.

Cuando en un conductor pasa energía eléctrica es sometido a un campo magnético, el conductor es expuesto a una fuerza perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente, siguiendo la regla de la mano derecha, [5]



Figura 6. Motor de arranque utilizado en Castigador.

Fuente: <http://www.cbmotocenter.com.ar/repuestos2.php>

CARACTERISTICAS

Un artefacto de corriente continua se divide en dos partes, el rotor y el estator. El estator brinda soporte mecánico al motor, tiene un hueco en la parte central generalmente de forma cilíndrica. En el estator se encuentran los polos que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre un núcleo de hierro. El rotor es de forma cilíndrica, también formado por devanado y con núcleo, al que llega corriente eléctrica mediante dos escobillas. [5]

VENTAJAS

Las ventajas de usar motores de corriente continua son:

- Su tamaño y dimensiones son reducidas.
- La contaminación ambiental es en menor escala en comparación a los motores de combustión.
- Su rendimiento llega a un 75% de trabajo.
- Se pueden construir de diferentes tamaños a menor costo.
- Son de trabajo constante.

Pre proceso en ANSYS

SELECCIÓN DE MATERIALES

El apartado describe cada una de las selecciones de los materiales adecuados que se utilizan para el respectivo desarrollo de la simulación, para que con ello se logre obtener las distintitas reacciones que surgen en las geometrías con sus materiales. La selección se describe a continuación:

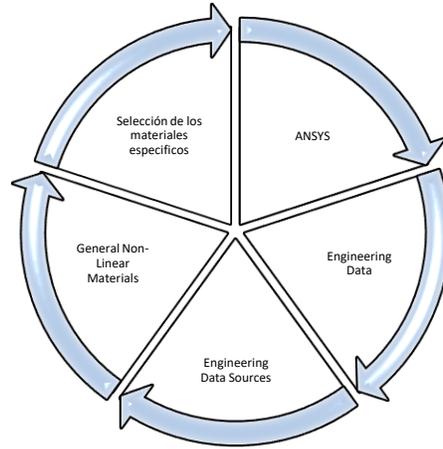


Figura 7. Flujograma de selección de materiales

Fuente: Autores

La asignación de materiales busca que en el análisis se pueda identificar los fenómenos relacionados con las distintas propiedades específicas que contiene el material, dentro del cual este fue seleccionado dentro de los paquetes de materiales, los que tienen las propiedades completas para continuar con el análisis.

La figura 7, permite visualizar los pasos que se deben realizar para la selección específica de materiales que se trabajaran en la simulación. Selección del material denominado como acero estructural no lineal el mismo que es aplicado en la estructura, mientras que el acero estructural es asignado a los cuerpos con los que se va impactar el robot. [7]

Outline of Solution: A2: Engineering Data					
	A	B	C	D	E
	Contents of Engineering Data		Source		Description
1	Material				
2	Concrete		General_Materials.vnt		
3	Concrete NL		General_Materials Non-line		
4	Stainless Steel		General_Materials.vnt		
5	Stainless Steel NL		General_Materials Non-line		
6	Structural Steel		General_Materials.vnt		Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5 -100.1
7	Structural Steel NL		General_Materials Non-line		Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5 -100.1
8	Click here to add a new material				

Figura 8. Engineering Data para choque frontal

Fuente: Autores

PREPROCESO EN LS-DYNA

El análisis en LS-DYNA necesita la asignación de los respectivos materiales, los mismo que son primordiales, para obtener las reacciones y comportamientos de cada uno en sus geometrías correspondientes. Lo que se consigue con:

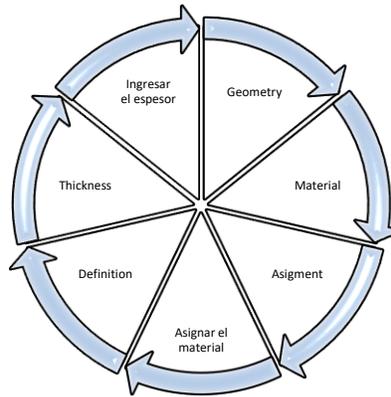


Figura 9. Flujograma para ingresar datos del material y espesor de la geometría

Fuente: Autores

La figura 9, indica los pasos que se deben proseguir para conseguir la asignación de los materiales y su correspondiente espesor, la asignación de cada uno de estos datos se los realiza de uno en uno las superficies surgidas en el árbol de diseño, en el caso de la superficie rectangular se ingresa el material y el espesor. [8]

CONTACTOS

La generación de contactos viene por defecto, debido a que las superficies provienen de un diseño previo, el que ya contiene ciertas restricciones, las que aparecen en el grupo de contactos.

Los contactos empleados en el análisis es el de tipo Bounded el mismo que posee la similitud de la unión de un elemento soldado; además de la interacción entre cuerpos.

La mayoría de diseños exportados contienen ciertas restricciones pertenecientes a las uniones únicas de cada ensamble, dentro del cual también se importa al paquete LS-DYNA y se los encuentra en la pestaña de Conecctions, específicamente dentro de la subcarpeta de Contacts.

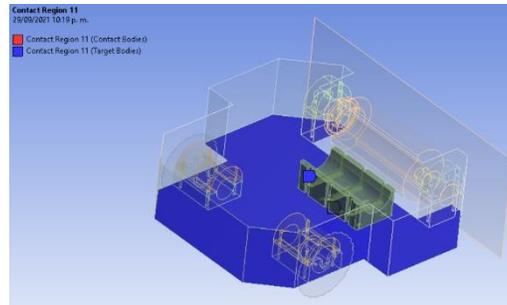


Figura 10. Contacto tipo Bounded entre la placa base y el soporte del motor de accionamiento

Fuente: Autores

La figura 10, nos indica el contacto que mantienen dos elementos que componen el chasis, estos contactos se incrementaran mientras más elementos contenga el diseño, en este caso se debe tener en cuenta que entre los elementos de la estructura se mantendrá contactos de tipo Bounded el mismo que hace que se replique la acción de una soldadura.

MALLA

La generación de las mallas es una parte primordial para el análisis, debido a que la misma debe ser lo más fina posible, ya que si la misma es fina la visualización de su deformación se evidenciara de forma más real, es decir se verificara la distorsión de cada una de sus partículas.

En la etapa de mallado se busca obtener estadísticas considerables, esto es recomendable para que la misma contenga como resultados datos de mayor confiabilidad, la misma que se suele analizar por el método Element Quality.

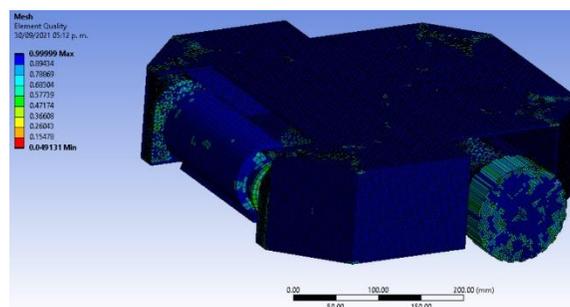


Figura 11. Mallado del Bot tipo solido-Shell

Fuente: Autores

En la figura. Se puede visualizar el display style por element Quality, arrojando una malla muy eficiente, y dándonos así seguridad para cualquier tipo de calculo que se vaya a realizar.

Para obtener esta malla debemos partir con un modelo de diseño combinado solido-shell, de esta manera obtendremos una malla cuadrilátera en la mayoría del cuerpo, después de ello con ayuda de algunos controladores refinaremos aún más la malla.

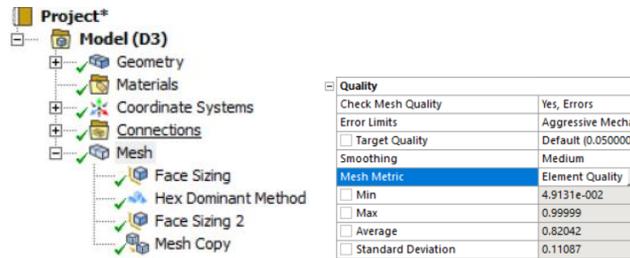


Figura 12. Controladores globales y locales para el refinamiento la malla

Fuente: Autores

CONDICIONES DE BORDE

Las condiciones de borde son las variables de las que dependerá el comportamiento del material, es decir de ellas son las encargadas de producir la deformación en lugares determinados con respecto a su lugar de aplicación. Lo que se consigue con:

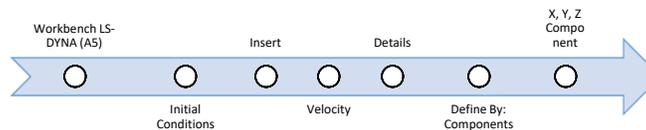


Figura 13. Pasos para ingresar la velocidad

Fuente: Autores

La condición primordial en este tipo de análisis es con las variables de velocidad, y fijación de ciertos elementos constituyentes dentro del análisis de choque.

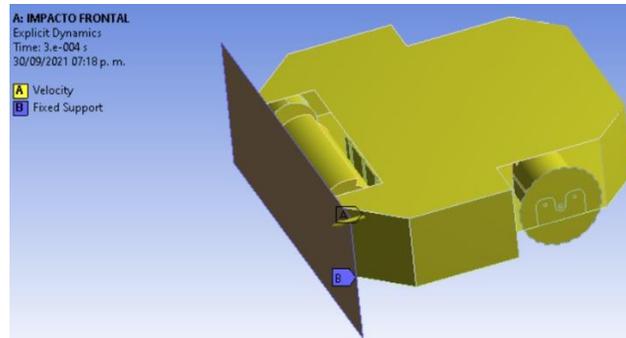


Figura 14. Condiciones de borde para impacto frontal

Fuente: Autores

La figura 14. Indica las condiciones de borde que se aplica en el análisis de choque frontal. La aplicación de los parámetros de velocidad en donde se aplica una velocidad equivalente a 20 km/h, esta se encuentra ubicada en dirección perpendicular al plano de la pared, la misma se la aplica en toda la estructura. La fijación de la superficie que simulara como una pared, esta se obtiene mediante la herramienta denominada Fixed support, la misma que no permite movimiento alguno en las distintas orientaciones.

De la misma manera se aplica las condiciones para el análisis de choque lateral, en donde solo cambia la orientación de la velocidad, es decir en el eje x, la magnitud de esta será la misma que se evalúa en el choque frontal. En este caso el robot lo haremos impactar contra un poste de acero estructural.

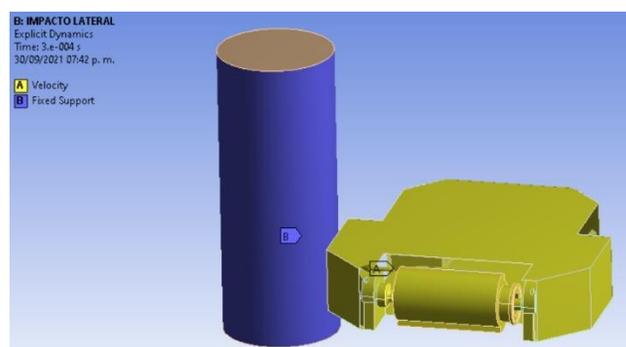


Figura 15. Condiciones de borde para impacto lateral

Fuente: Autores

En el caso del análisis de choque superior se coloca una esfera la cual actuaría similar al impacto de un martillo, en este caso la velocidad será insertada a la esfera en la orientación negativa del eje y con una magnitud equivalente a 30 Km/h y el robot quedaría estático utilizando Fixed support.

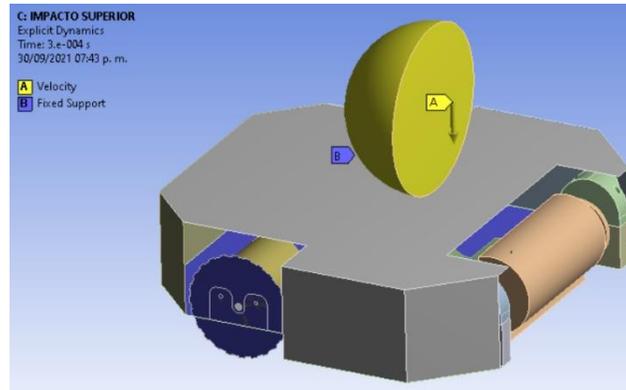


Figura 16. Condiciones de borde para impacto superior

Fuente: Autores

Resultados y discusión

Postproceso ls-dyna

En este apartado se analizará el choque frontal en el que interviene la estructura del chasis y la superficie que representara una pared. La simulación contendrá una velocidad, un objeto fijo. La cual se obtendrá como resultados la deformación direccional, total, esfuerzos y velocidad en un elemento.

La aplicación de las variables que son velocidad y empotramiento de la superficie, en donde se busca determinar los resultados ante la aplicación de las variables mencionadas, el valor computacional tiene una gran importancia, debido a que de ellos dependen la capacidad de resolver este tipo de análisis, para el caso de este análisis se tomó como referencia un tiempo de 1 hora en que tomaba el resolver el análisis de la estructura, mientras que este lapso de tiempo puede variar, dependiendo a las capacidades computacionales que el usuario posea.

Impacto frontal

Deformación total choque frontal

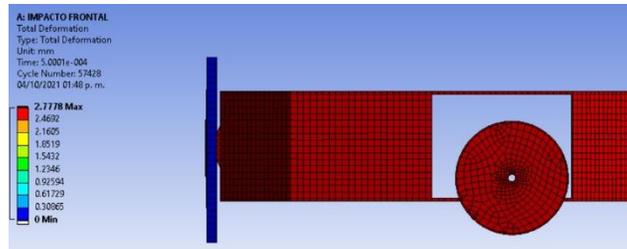


Figura 17. Deformación total impacto frontal

Fuente: Autores

En la figura 17, indica la deformación total de los elementos, como se observa en el gráfico se evidencia que la deformación se realiza tanto el robot y la pared, se puede visualizar que la deformación máxima es de 2.7778 mm en un tiempo de análisis de 0.0005 s.

Tabular Data				
	Time [s]	✓ Minimum [mm]	✓ Maximum [mm]	✓ Average [mm]
1	1.1755e-038	0.	0.	0.
2	2.5008e-005	0.	0.13893	0.13648
3	5.0006e-005	0.	0.27781	0.27291
4	7.5004e-005	0.	0.41669	0.40933
5	1.e-004	0.	0.55556	0.54575
6	1.2501e-004	0.	0.69449	0.68222
7	1.5001e-004	0.	0.83336	0.81865
8	1.75e-004	0.	0.97224	0.95507
9	2.e-004	0.	1.1111	1.0915
10	2.2501e-004	0.	1.25	1.2284
11	2.5e-004	0.	1.3889	1.3654
12	2.75e-004	0.	1.5278	1.5027
13	3.0001e-004	0.	1.6667	1.6402
14	3.2501e-004	0.	1.8056	1.7776
15	3.5e-004	0.	1.9445	1.9149
16	3.75e-004	0.	2.0833	2.052
17	4.0001e-004	0.	2.2223	2.1891
18	4.2501e-004	0.	2.3611	2.3262
19	4.5e-004	0.	2.5	2.4634
20	4.75e-004	0.	2.6389	2.6006
21	5.0001e-004	0.	2.7778	2.7378

Figura 18. Datos tabulados de la deformación total con respecto al tiempo.

Fuente: Autores

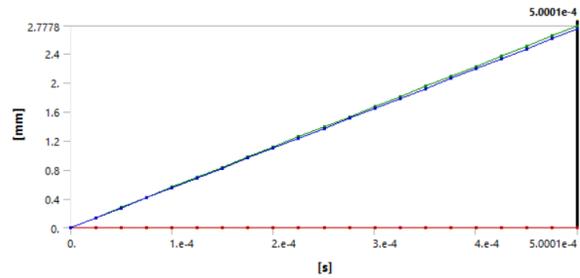


Figura 19. Grafica deformación vs tiempo

Fuente: Autores

ESFUERZOS CHOQUE FRONTAL

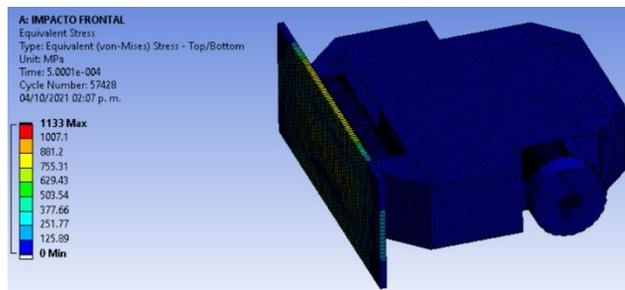


Figura 20. Esfuerzo equivalente (Von Mises) para impacto frontal.

Fuente: Autores

En la figura 20. se logra la visualización de la distribución de los esfuerzos al producirse el choque del bot con un objeto fijo como es el caso de la pared, donde la pared posee un esfuerzo uniforme, mientras que en la parte del tambor e inferior de la estructura se evidencia la presencia de esfuerzos variables. Debido a que el mayor esfuerzo es de 1133 MPa lo cual significa que ha sobrepasado el límite de fluencia el mismo que es de 210 MPa que corresponde al acero inoxidable, lo que evidencia la fractura del tambor, con una deformación permanente. [12]

	Time [s]	✓ Minimum [MPa]	✓ Maximum [MPa]	✓ Average [MPa]
1	1.1755e-038	0.	0.	0.
2	2.5008e-005	0.	5.6894e-006	5.5594e-008
3	5.0006e-005	0.	4.7608e-006	6.5094e-008
4	7.5004e-005	0.	3.7729e-006	6.1826e-008
5	1.e-004	0.	3.9456e-006	5.9606e-008
6	1.2501e-004	0.	6.3584e-006	5.7764e-008
7	1.5001e-004	0.	2.993e-006	5.3216e-008
8	1.75e-004	0.	3.6085e-006	5.0681e-008
9	2.e-004	0.	247.91	0.63394
10	2.2501e-004	0.	358.19	1.8979
11	2.5e-004	0.	415.55	2.6508
12	2.75e-004	0.	478.46	2.8797
13	3.0001e-004	0.	469.99	3.7646
14	3.2501e-004	0.	473.32	4.9084
15	3.5e-004	0.	619.06	5.4604
16	3.75e-004	0.	559.55	6.1569
17	4.0001e-004	0.	781.11	6.7051
18	4.2501e-004	0.	1023.6	7.4202
19	4.5e-004	0.	1011.5	8.5892
20	4.75e-004	0.	1030.4	9.3612
21	5.0001e-004	0.	1133.	9.7822

Figura 21. Datos tabulados del esfuerzo equivalente con respecto al tiempo.

Fuente: Autores

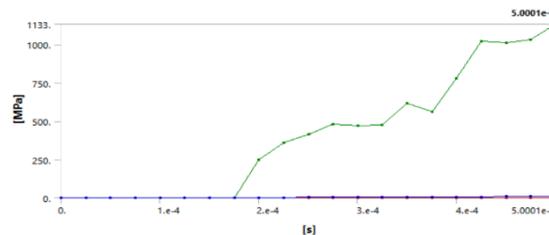


Figura 22. Grafica esfuerzo equivalente vs tiempo

Fuente: Autores

IMPACTO LATERAL

La aplicación de las variables como la velocidad y la fijación de una superficie, en donde se busca determinar los resultados ante la aplicación de las variables mencionadas, el valor computacional tiene una gran importancia, debido a que de ellos dependen la capacidad de resolver este tipo de análisis, para el caso de este análisis se tomó como referencia un tiempo de 1 hora en que tomaba el resolver el análisis de la estructura, mientras que este lapso de tiempo puede variar, dependiendo a las capacidades computacionales que el usuario posea.

DEFORMACIÓN DIRECCIONAL CHOQUE LATERAL

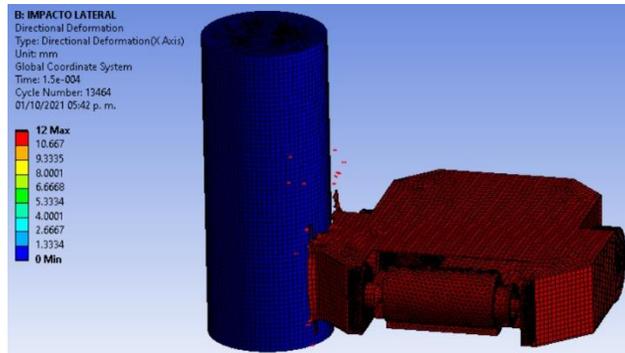


Figura 23. Deformación direccional Impacto lateral
Fuente: Autores

La figura 23, presenta la deformación direccional en el eje x, debido a que en ese eje se aplica la velocidad, dentro del cual se logra visualizar la deformación por medio de gráficos basados en niveles de colorimetría, evidenciando que en la superficie del poste se halla una deformación mínima, es decir la misma posee una deformación nula, mientras que en el resto de la estructura del robot sucede lo contrario, debido a la aplicación de la variable velocidad. Evidenciando que la deformación máxima hallada es de 12 mm, evaluando con una velocidad de 80 Km/h en un tiempo de 0.0003 s. [13]

Tabular Data				
	Time [s]	✓ Minimum [mm]	✓ Maximum [mm]	✓ Average [mm]
1	1.1755e-038	0.	0.	0.
2	1.501e-005	0.	1.2008	0.74741
3	3.0008e-005	0.	2.4007	1.4942
4	4.5006e-005	0.	3.6005	2.241
5	6.0004e-005	0.	4.8003	2.9878
6	7.5002e-005	0.	6.0001	3.7345
7	9.0011e-005	0.	7.2009	4.4819
8	1.0501e-004	0.	8.4007	5.2287
9	1.2001e-004	0.	9.6005	5.9754
10	1.35e-004	0.	10.8	6.7222
11	1.5e-004	0.	12.	7.469

Figura 24. Datos tabulados de la deformación direccional con respecto al tiempo.
Fuente: Autores

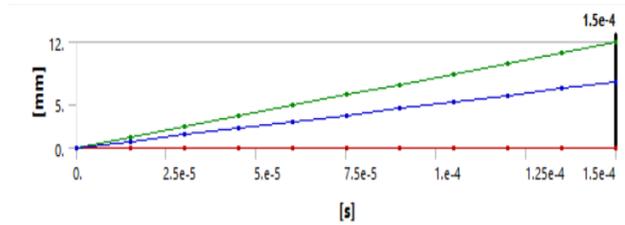


Figura 25. Grafica deformación direccional en el eje X vs tiempo

Fuente: Autores

ESFUERZO CHOQUE LATERAL

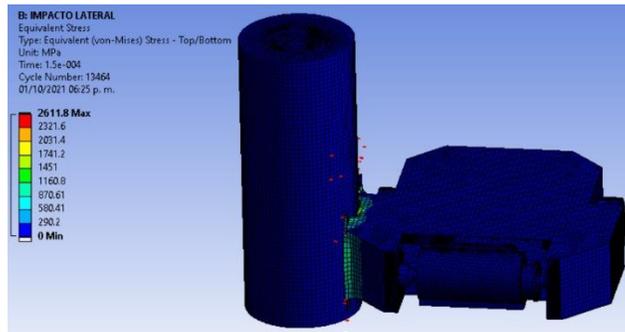


Figura 26. Esfuerzo equivalente (Von Mises) para impacto lateral.

Fuente: Autores

En la figura 25, se logra la visualización de la distribución de los esfuerzos al producirse el choque del robot con un objeto fijo como es el caso del poste, donde el poste posee un esfuerzo nulo, mientras que en la parte inferior de la estructura se evidencia la presencia de esfuerzos variables. El esfuerzo máximo evidenciado es de 2611.8 MPa, en donde el límite de fluencia es de 250 MPa, evidenciando que la estructura tendrá una deformación plástica, es decir la misma que no vuelve a recuperar la forma original, produciendo una deformación con significancia.

Tabular Data				
	Time [s]	Minimum [MPa]	Maximum [MPa]	Average [MPa]
1	1.1755e-038	0.	0.	0.
2	1.501e-005	0.	2.1893e-006	1.2765e-008
3	3.0008e-005	0.	2.2559e-006	1.1666e-008
4	4.5006e-005	0.	2357.7	2.5487
5	6.0004e-005	0.	2999.2	4.5382
6	7.5002e-005	0.	3317.1	6.8877
7	9.0011e-005	0.	1944.	7.4578
8	1.0501e-004	0.	2637.6	6.7087
9	1.2001e-004	0.	2186.6	7.3001
10	1.35e-004	0.	2719.	7.6869
11	1.5e-004	0.	2611.8	8.4648

Figura 27. Datos tabulados del esfuerzo equivalente con respecto al tiempo para impacto lateral.

Fuente: Autores

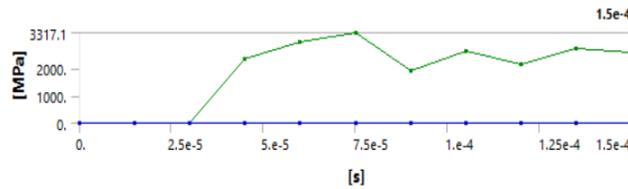


Figura 28. Grafica esfuerzo equivalente vs tiempo para impacto lateral

Fuente: Autores

Impacto superior

DEFORMACIÓN TOTAL IMPACTO SUPERIOR

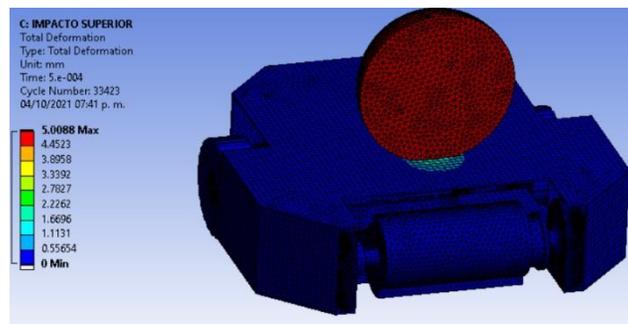


Figura 29. Deformación total impacto superior

Fuente: Autores

En la figura 29, indica la deformación total de la tapa superior del robot, como se observa en el grafico se evidencia que la deformación se da en la parte superior de la carcasa, se puede visualizar que la deformación máxima es de 5.0088 mm en un tiempo de análisis de 0.0005 s y con una velocidad dada a la esfera de 30 Km/h en dirección Y negativa.

Tabular Data				
	Time [s]	Minimum [mm]	Maximum [mm]	Average [mm]
1	1.1755e-038	0.	0.	0.
2	2.5003e-005	0.	0.30775	1.958e-002
3	5.0002e-005	0.	0.54234	3.728e-002
4	7.5001e-005	0.	0.81071	5.5996e-002
5	1.e-004	0.	1.0067	7.3566e-002
6	1.2501e-004	0.	1.3202	9.4521e-002
7	1.5001e-004	0.	1.5157	0.1108
8	1.7501e-004	0.	1.8166	0.131
9	2.0001e-004	0.	2.0028	0.14724
10	2.2501e-004	0.	2.3796	0.16908
11	2.5001e-004	0.	2.5282	0.18509
12	2.7501e-004	0.	2.8488	0.20579
13	3.0001e-004	0.	3.0007	0.22134
14	3.2501e-004	0.	3.3362	0.24365
15	3.5001e-004	0.	3.5262	0.2597
16	3.7501e-004	0.	3.8201	0.28029
17	4.0001e-004	0.	4.0093	0.29654
18	4.2501e-004	0.	4.3328	0.31818
19	4.5001e-004	0.	4.5195	0.33569
20	4.75e-004	0.	4.8007	0.35559
21	5.e-004	0.	5.0088	0.37259

Figura 30. Datos tabulados de la deformación total con respecto al tiempo para impacto superior.

Fuente: Autores

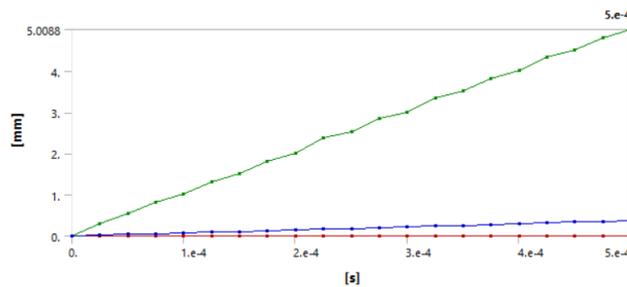


Figura 31. Grafica deformación vs tiempo para impacto superior

Fuente: Autores

ESFUERZO EQUIVALENTE IMPACTO SUPERIOR

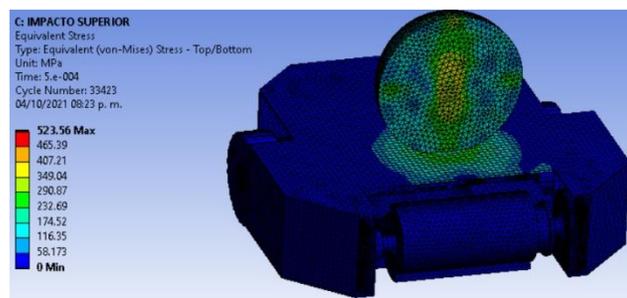


Figura 32. Esfuerzo equivalente (Von Mises) para impacto superior.

Fuente: Autores

En la figura 26. se logra la visualización de la distribución de los esfuerzos al producirse el choque de un objeto (esfera) la cual representa el golpe de un martillo o cualquier otra arma que el oponente utilice para hacer daño en la zona superior de la carcasa del bot, que en este caso nuestro robot estará fijo, donde la esfera posee un esfuerzo nulo, mientras que en la parte tapa superior de la estructura se evidencia la presencia de esfuerzos variables. Debido a que el mayor esfuerzo es de 523.56 MPa lo cual significa que ha sobrepasado el límite de fluencia el mismo que es de 250 MPa que corresponde al acero estructural no lineal, lo que evidencia la fractura de la parte superior de la carcasa del robot, con una deformación permanente. [12]

Tabular Data				
	Time [s]	✓ Minimum [MPa]	✓ Maximum [MPa]	✓ Average [MPa]
1	1.1755e-038	0.	0.	0.
2	2.5003e-005	0.	881.48	13.405
3	5.0002e-005	0.	662.96	11.342
4	7.5001e-005	0.	529.75	15.218
5	1.e-004	0.	511.92	12.039
6	1.2501e-004	0.	646.32	17.44
7	1.5001e-004	0.	579.54	15.558
8	1.7501e-004	0.	677.32	15.068
9	2.0001e-004	0.	527.99	16.028
10	2.2501e-004	0.	642.08	17.667
11	2.5001e-004	0.	525.58	17.811
12	2.7501e-004	0.	563.28	16.875
13	3.0001e-004	0.	595.37	18.618
14	3.2501e-004	0.	841.24	16.47
15	3.5001e-004	0.	754.06	17.843
16	3.7501e-004	0.	448.1	14.667
17	4.0001e-004	0.	578.13	17.756
18	4.2501e-004	0.	529.67	15.083
19	4.5001e-004	0.	534.8	15.107
20	4.75e-004	0.	477.3	12.673
21	5.e-004	0.	523.56	14.544

Figura 33. Datos tabulados del esfuerzo equivalente con respecto al tiempo para impacto superior.

Fuente: Autores

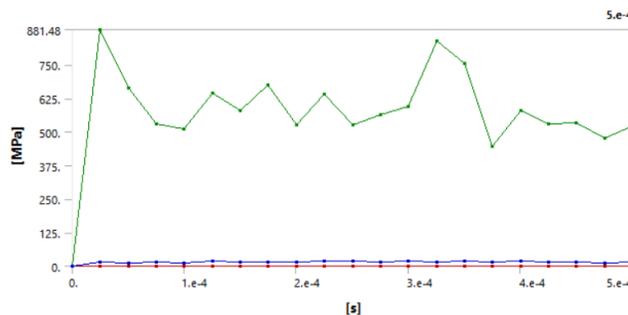


Figura 34. Grafica esfuerzo equivalente vs tiempo

Fuente: Autores

Conclusiones

1. El diseño en SolidWorks para el modelo real del robot se realizó en solido 3D, pero para evaluar en Ansys se realizó un modelo combinado tipo solido- Shell, creando superficies desde el croquis donde se requiera un espesor constante.
2. Para la selección de materiales, se plasmó que toda la estructura del robot sea de acero estructural, pero para el tambor (arma del bot) se colocó acero inoxidable. En ansys para realizar el análisis de impacto se debe dar a la zona afectada un material no lineal ya que esta va estar en contacto con el sólido rígido.
3. En el impacto lateral es similar al posterior y también podemos decir que las reacciones son respectivamente bajas a pesar de utilizar la misma configuración y misma fuerza.

Analizando las tres etapas de impacto se concluye que la zona más afectada es la superior con esta es afectada por una esfera (similar al golpe de un martillo o arma del robot rival).

Referencias

1. ESPOCH. (2008). Reglamento batalla de robots. Recuperado el 12 de febrero de 2012, de http://www.espoch.edu.ec/Descargas/eventos/8e0988_Reglamento_Batalla_d e_Robots_FIE_2008.
2. UNSAAC. (2007). Robótica. Recuperado el 13 de febrero de 2012, de <http://robotica.wordpress.com/about/>
3. ALEGSA. (2009). Robot. Recuperado el 15 de febrero de 2013, de <http://www.alegsa.com.ar/Dic/robot.php>
4. DSPACE. (2005). Diseño e implementación de un robot tele manipulado puesto a prueba en el campeonato ecuatoriano de robots 2005, recuperado el 20 de febrero del 2013, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/594/1/1094.pdf>
5. Hughes, Austin, (1993), Electric Motors and Drives: Fundamentals, types and applications, editorial Newnes. Butterworth-Heinemann, Boston.
6. Rolando Palermo. (2012). Puente H con relés. Recuperado el 12 de febrero del 2013, de <http://blog.rolandopalermo.com/2012/03/puenteh-motor- dc.html>.
7. Elías, Libro de electricidad, México, 2000.

8. The robot market place. (2011). Futaba 4YF 4-channel 2.4GHz FHSS sport radio system. Recuperado el 20 de marzo de 2012, de <http://www.robotmarketplace.com/products/0-FUTK4200.html>
9. Dimension Engineering. (2011). Sabertooth 2x60 User's Guide.
10. Recuperado el 20 de marzo del 2013, de <http://www.dimensionengineering.com/products/sabertooth2x60>
11. Hobby King. (2013). Turnigy nano-tech 800mAh 6S 25~50C LIPO Pack (USA warehouse). Recuperado el 12 de marzo del 2012, de http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewItem.asp?idProduct=21431
12. MCI Electronics. (2005). Tutorial Xbee. Recuperado el 16 de marzo del 2013, de http://www.olimex.cl/tutorials.php?page=tut_xbee
13. Aguirre, Jose, (2004), *Sistemas Mecánicos*, Editorial Horacio Escarbajal, Murcia- España.
14. W. Rafferty, "Ground antennas in NASA's deep space telecommunications," Proc. IEEE vol. 82, pp. 636-640, 1994.
15. J.J. Kavanagh, R.S. Barrett, S. Morrison "Upper body accelerations during walking in healthy young and elderly men" Gait Posture vol. 20, pp. 291-298. 2004
16. J. Riess, J. J. Abbas, "Adaptive control of cyclic movements as muscles fatigue using functional neuromuscular stimulation". IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng vol. 9, pp.326-330, 2001.

© 2022 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/>).