



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA EMPACADORA, SELLADORA Y TRANSPORTADORA DE CHIPS FRITOS IMPULSADO MEDIANTE UN SISTEMA NEUMÁTICO AUTOMATIZADO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA DE CARMITA S.A.”

AUTOR:

**CRUZ BERMUDEZ, JEFFERSON MAURICIO
SORIA PUNGACHO, JORGE ANDRÉS**

DIRECTOR:

ING. TORRES VÁSQUEZ, KATYA MERCEDES



CONTENIDO

- Planteamiento del problema
- Justificación e importancia
- Objetivos
- Hipótesis
- Fundamentación Teórica
- Diagramas Funcionales
- Evaluación de Principios de Solución
- Diseño de Máquina Propuesta
- Resumen de Características Mecánicas
- Simulación Transferencia de Calor
- Simulación Dinámica Explícita Impacto
- Conclusiones
- Recomendaciones



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



La norma técnica ecuatoriana, menciona que lo que tenga contacto directo con el producto, deben ser inocuos y resistentes, de manera que garanticen la estabilidad de la vida útil del producto, conservando su integridad física, química y sanitaria, protegiendo al producto contra la degradación.




En particular, la microempresa De Carmita S.A. Ha identificado problemas operativos relacionados con la reubicación constante del producto empacado para realizar procesos como verificación de peso y estibación, que derivan a su vez en contaminación del mismo así como pérdidas de tiempo y productividad.




ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA


JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA



- Mejorar el ambiente de trabajo y las condiciones de seguridad de los trabajadores, incrementando la calidad y producción en la microempresa De Carmita S.A.



- Incrementar las condiciones de inocuidad del proceso de empacado disminuyendo el contacto entre los operadores y el producto final lo que garantiza el cumplimiento de normas de higiene en la industria de alimentos.



- Reducir los tiempos de operación lo que permite ampliar su oferta de productos y mejorar sus ganancias, a través de un trabajo eficiente, constante y adecuado para cumplir con todas las demandas de sus clientes.



OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar, construir e implementar un prototipo de máquina empacadora, selladora y transportadora de chips fritos impulsado mediante un sistema neumático automatizado para optimizar el proceso de producción en la empresa De Carmita S.A.

Objetivos Específicos

- Investigar técnicas adecuadas para el proceso de almacenamiento, empaclado y sellado.
- Diseñar y analizar los esfuerzos de los componentes de la estructura mecánica mediante software .
- Construir la parte mecánica del equipo, de forma que permita realizar los procesos de forma automatizada.
- Programar el PLC para el control de sensores y accionamientos de acuerdo con las condiciones del proceso.
- Diseñar e implementar una interfaz Máquina-Humano (HMI) que permita el control y coordinación de variables.
- Realizar pruebas de operación del equipo.



HIPÓTESIS

Con el diseño e implementación de un prototipo de máquina empacadora y selladora impulsado por un sistema neumático automatizado a través de un controlador lógico programable, se podrá dosificar el producto por medio de celdas de carga, lo que permitirá fortalecer la producción en la microempresa De Carmita S.A. Cumpliendo todas las normas de saneamiento establecidas.



FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

DISEÑO PARA LA CALIDAD

Requisitos del Cliente

Inocuidad del producto

Censado del producto

Garantizar el sellado del producto

Transportar producto

Procesar al menos 5 chips fritos

Fácil de mantener

No requiera supervisión

Eficiente

Económico

Estético

Requisitos funcionales

Material constructivo

Alto grado de precisión

Elementos mecánicos

Dosificación del producto

Energización de la máquina

Transferencia de calor

Banda transportadora

Productividad

Rígida y estable

Automatización

Reutilización y reciclaje

Sistema ergonómico

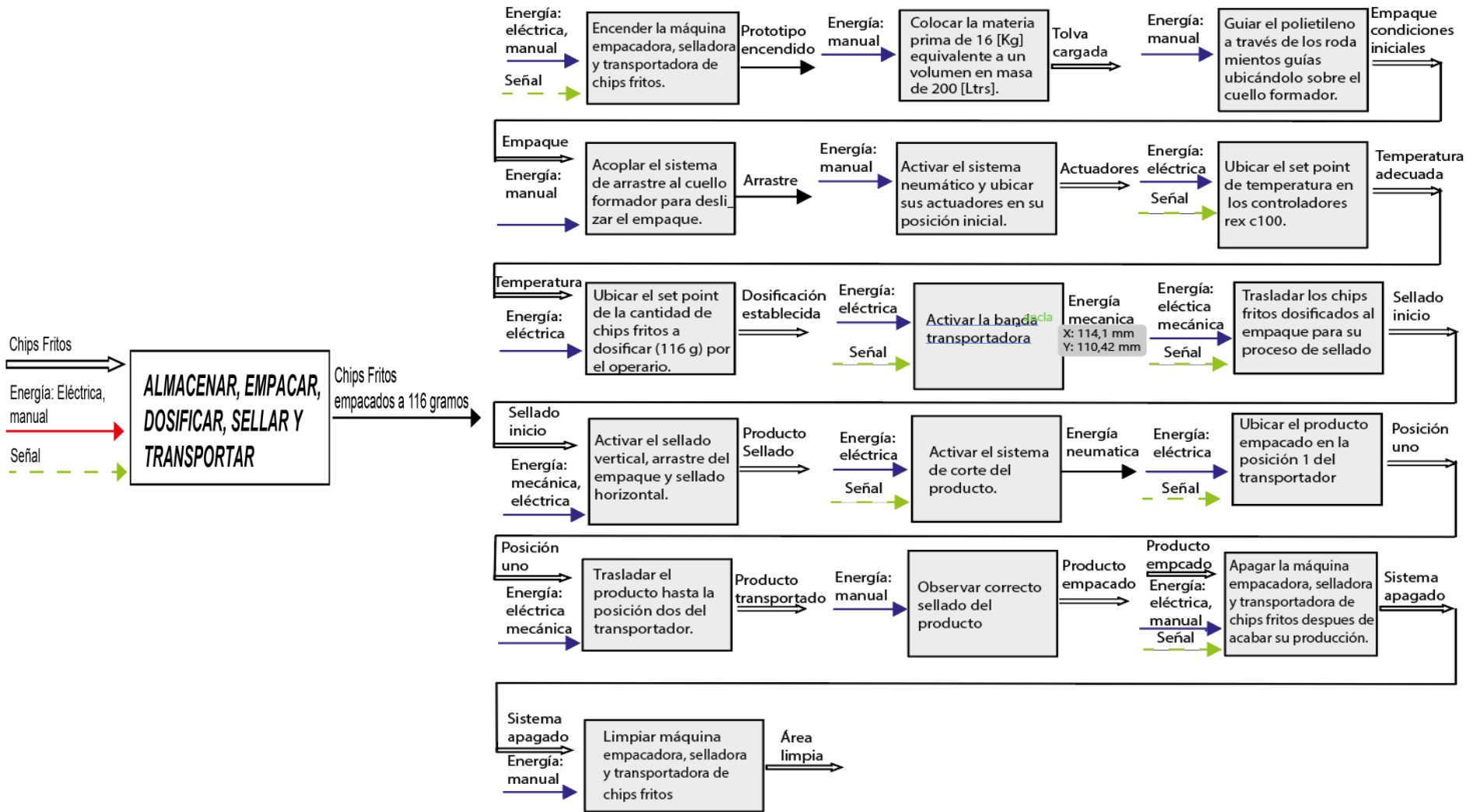
Factor de seguridad

Fiabilidad en el diseño

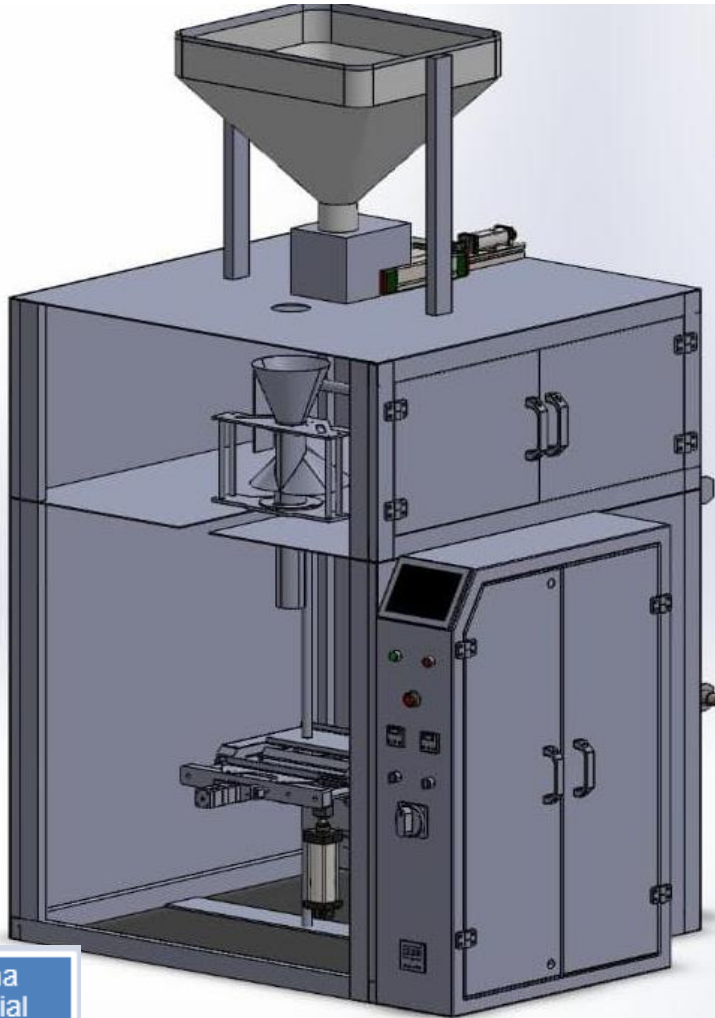
Trabajo Continuo



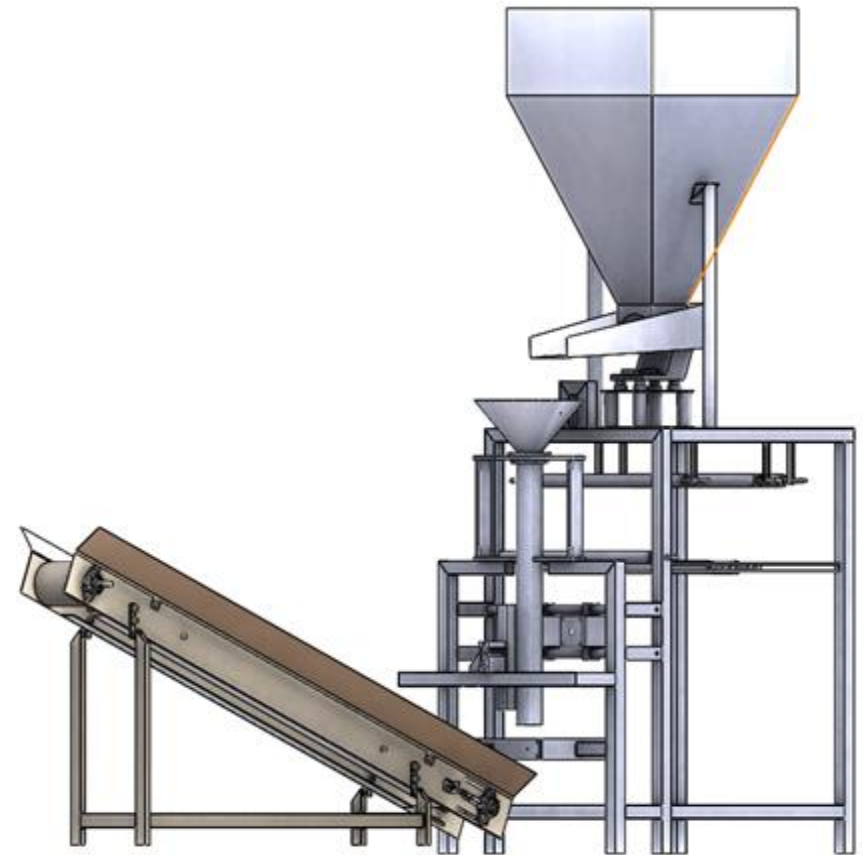
DIAGRAMAS FUNCIONALES



EVALUACIÓN DE PRINCIPIOS DE SOLUCIÓN



Máquina Comercial



Máquina Propuesta



DISEÑO DE MÁQUINA PROPUESTA



RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

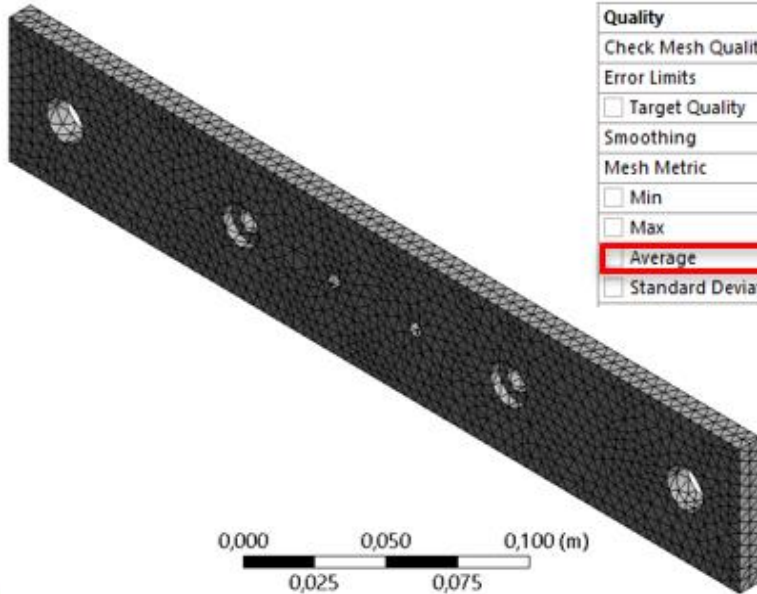
Placas de soporte

Material:

Aluminio 7075

Calidad de mallado:

0,7182



Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Orthogonal Quality
<input type="checkbox"/> Min	2,3407e-002
<input type="checkbox"/> Max	0,99
<input checked="" type="checkbox"/> Average	0,7182
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,13748

Orthogonal Quality

Inaceptable:

0 – 0,001

Mala:

0,001 – 0,14

Aceptable:

0,15 – 0,20

Buena:

0,20 – 0,69

Muy Buena:

0,70 – 0,95

Excelente:

0,95 – 1



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Placas de soporte

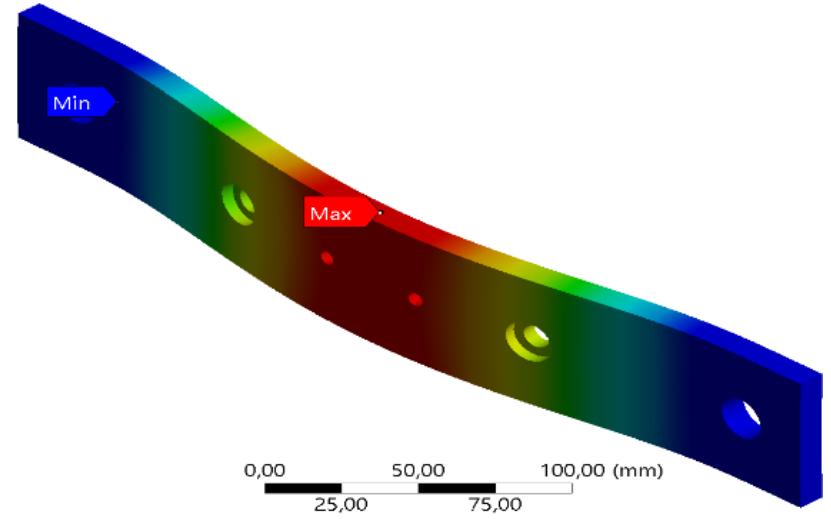
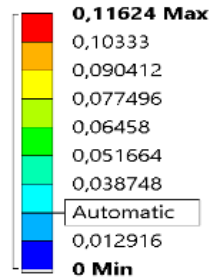
Deformación:

0,11624 mm

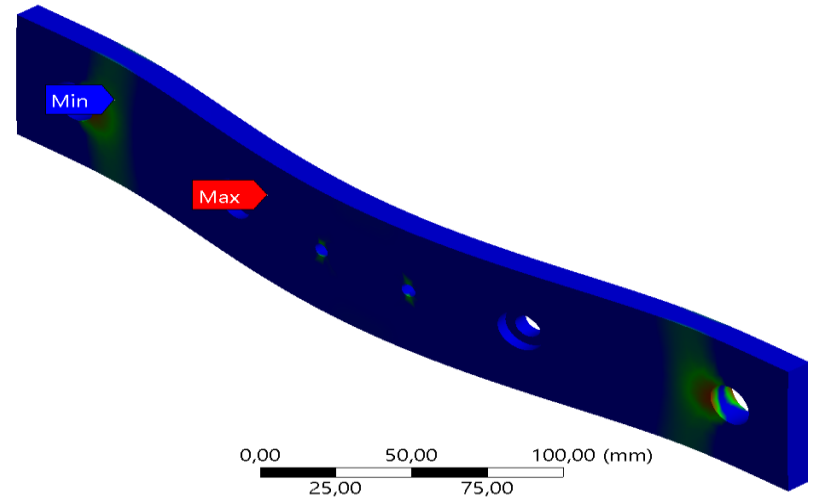
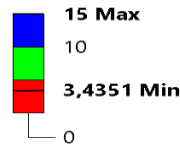
Factor de seguridad:

3,4351

G: Placa de Soporte
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
30/6/2021 0:15



G: Placa de Soporte
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
30/6/2021 0:16



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

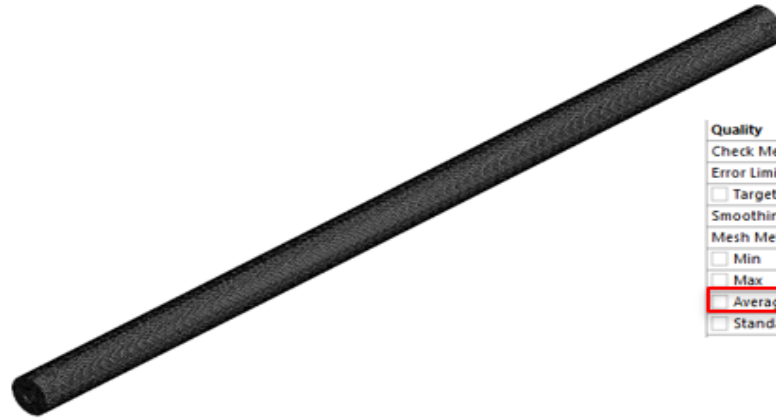
Ejes Guías

Calidad de mallado:

0,77691

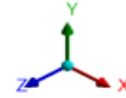
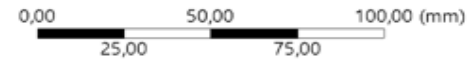
Deformación:

0,18057 mm



ANSYS
2020 R2

Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Orthogonal Quality
<input type="checkbox"/> Min	1,9096e-003
<input type="checkbox"/> Max	0,99312
<input checked="" type="checkbox"/> Average	0,77691
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,12328



H: eje

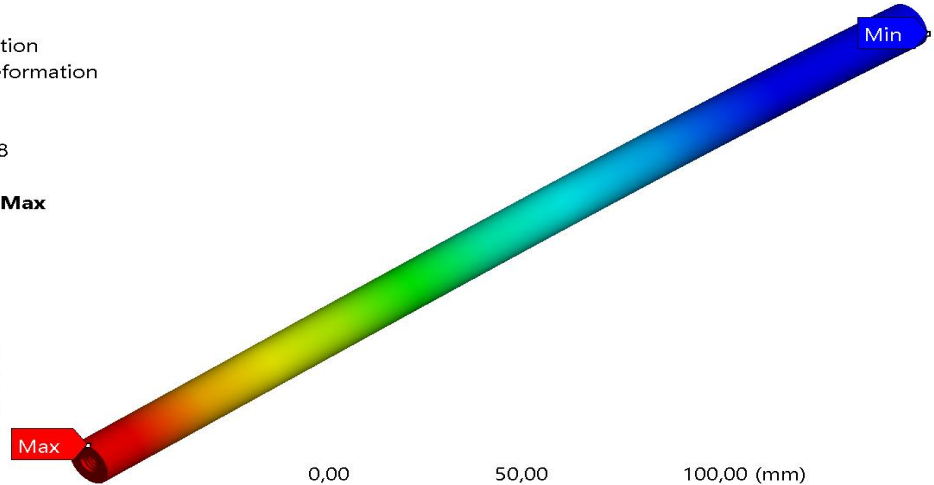
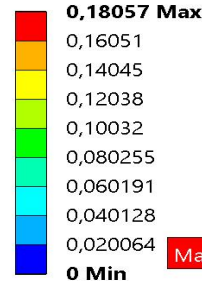
Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

1/7/2021 23:28



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Ejes Guías

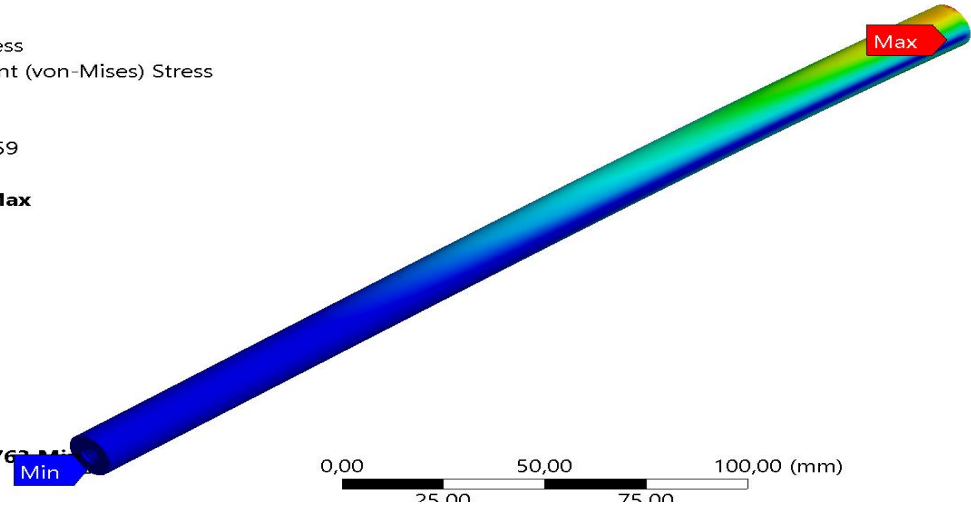
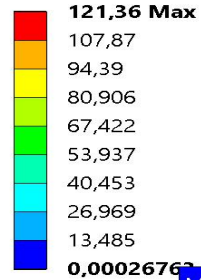
Esfuerzos principales
Von Mises:

121,36 MPa

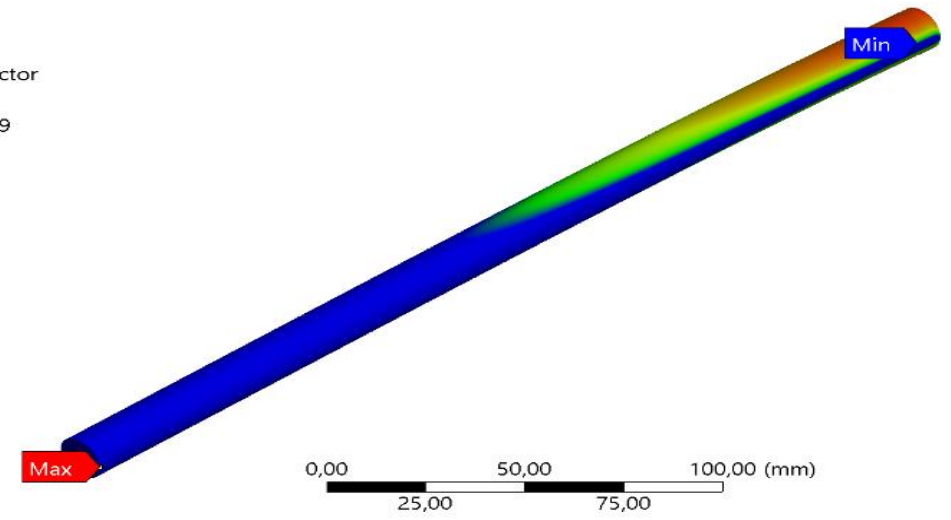
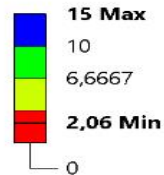
Factor de seguridad:

2,06

H: eje
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
30/6/2021 11:59



H: eje
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
30/6/2021 11:59



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

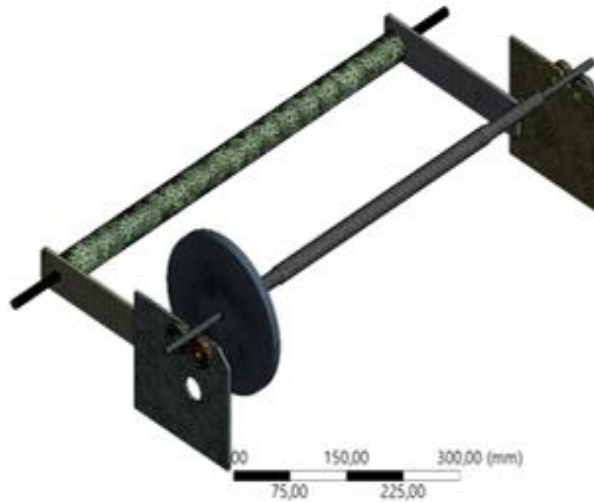
Eje porta bobina

Calidad de mallado:

0,75575

Deformación:

0,08074 mm



ANSYS
2021 R2

Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Orthogonal Quality
<input type="checkbox"/> Min	9,3611e-003
<input type="checkbox"/> Max	0,99375
<input checked="" type="checkbox"/> Average	0,75575
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,12774

I: Eje de bobina

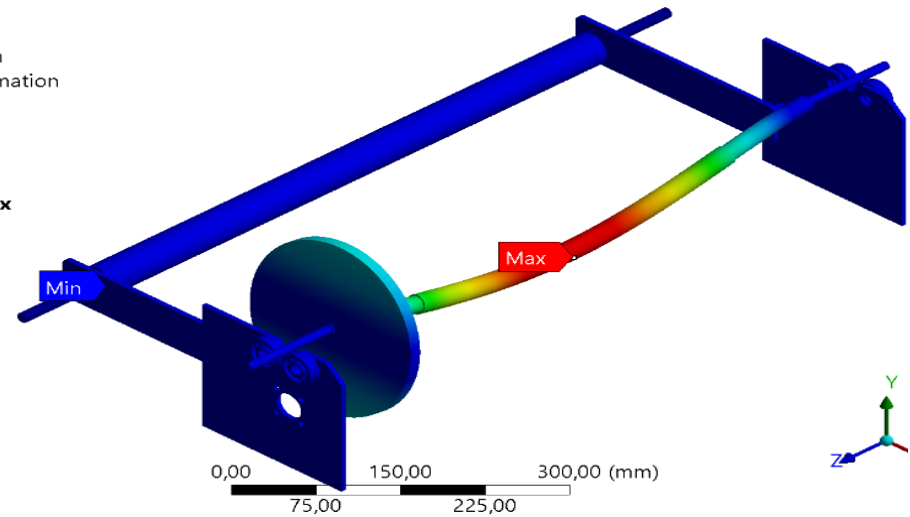
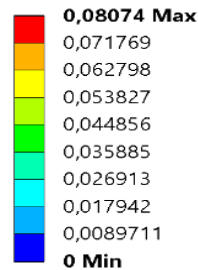
Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

19/7/2021 23:07



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Eje porta bobina

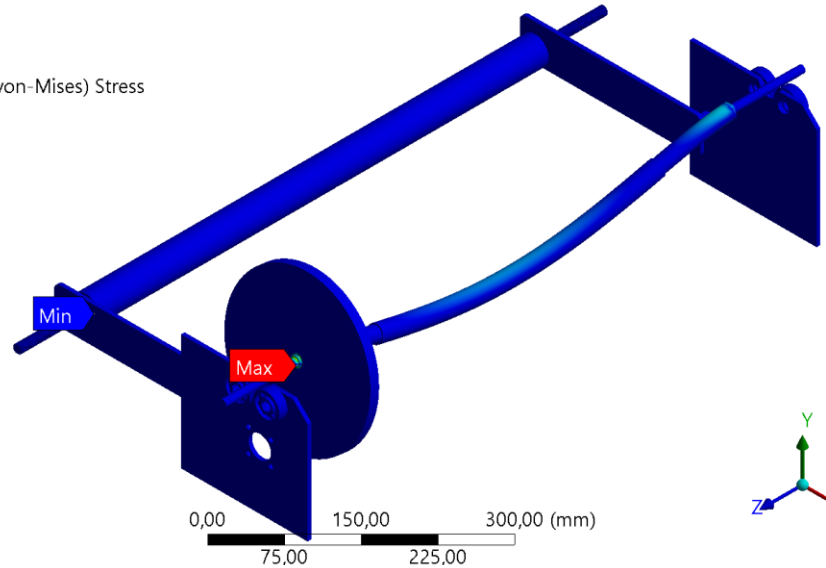
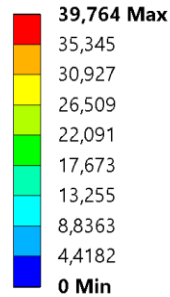
Esfuerzos principales
Von Mises:

39,764 MPa

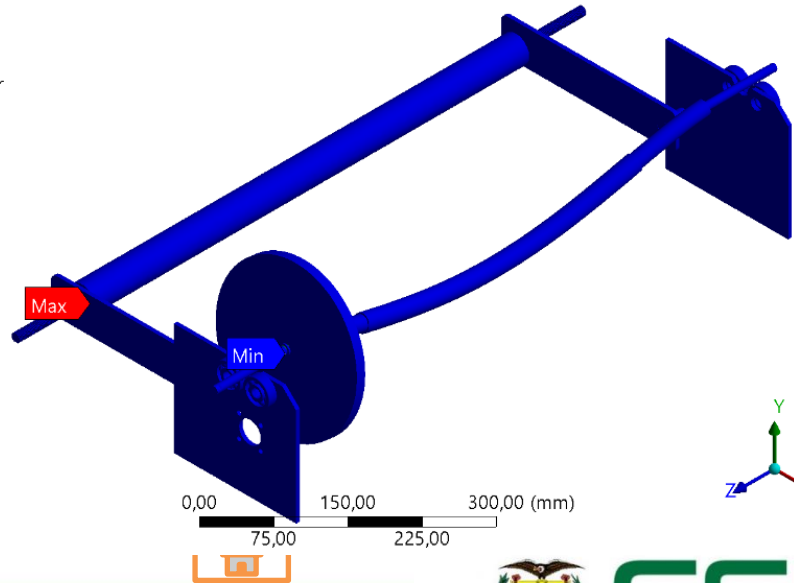
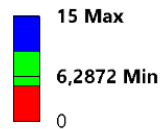
Factor de seguridad:

6,2872

I: Eje de bobina
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
19/7/2021 23:08



I: Eje de bobina
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
19/7/2021 23:08



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

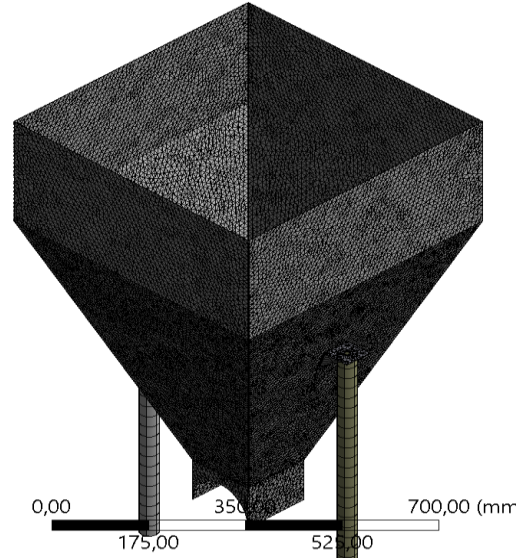
RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tolva

Calidad de mallado:

0,77691

ANSYS
2020 R2



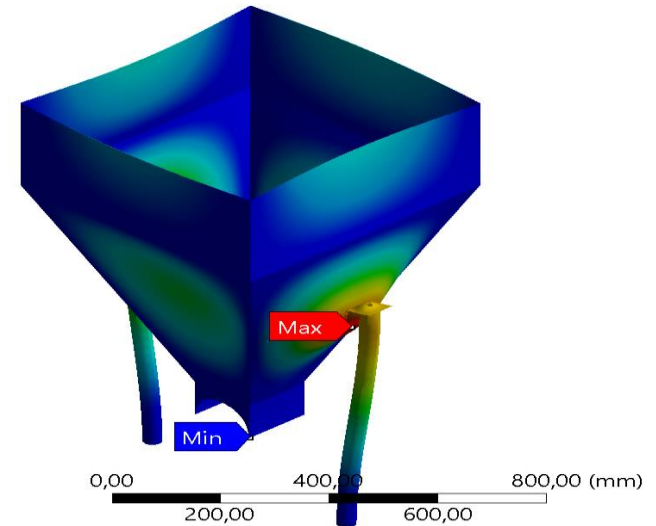
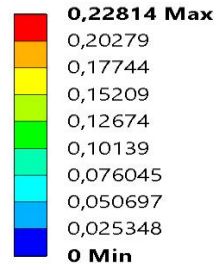
Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Orthogonal Quality
<input type="checkbox"/> Min	1,9096e-003
<input type="checkbox"/> Max	0,99312
<input checked="" type="checkbox"/> Average	0,77691
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,12328

Deformación:

0,22814 mm

H: Tolva

Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
6/8/2021 12:29



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tolva

Esfuerzos principales
Von Mises:

111,89 MPa

Factor de seguridad:

2,2343

H: Tolva

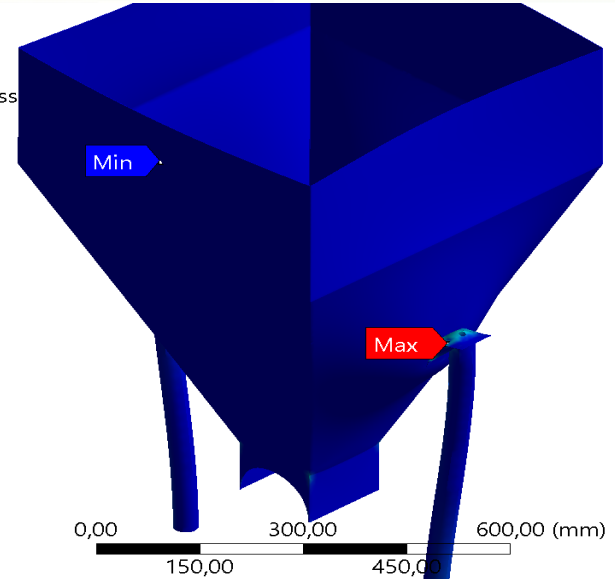
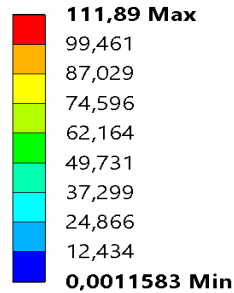
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

6/8/2021 12:30



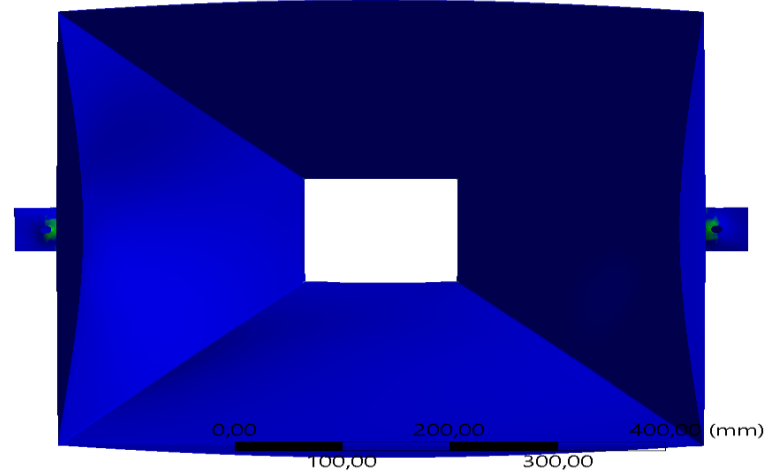
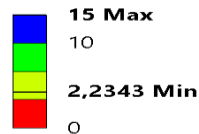
H: Tolva

Safety Factor

Type: Safety Factor

Time: 1

6/8/2021 12:31



RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

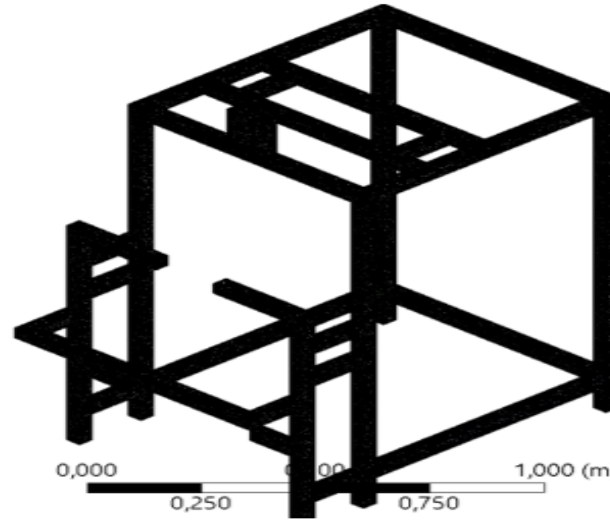
Estructura

Calidad de mallado:

0,7714

Deformación:

0,56618 mm

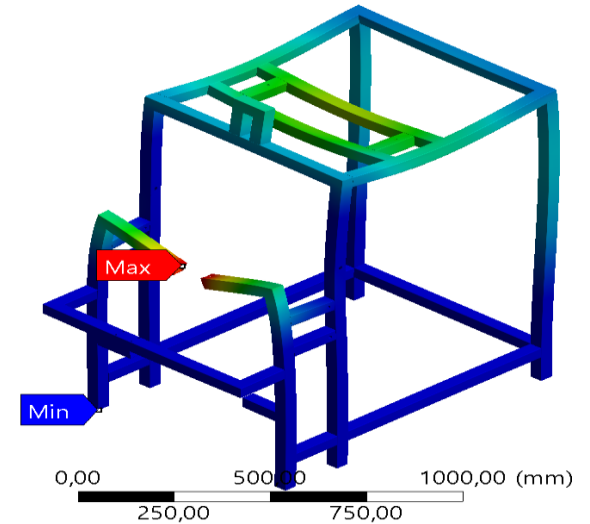
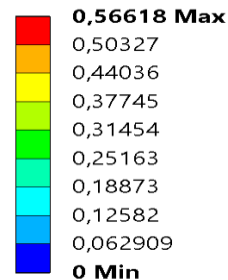


ANSYS
2020 R2

Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Quality	Default (0,050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Orthogonal Quality
<input type="checkbox"/> Min	1,2064e-002
<input type="checkbox"/> Max	0,99278
<input checked="" type="checkbox"/> Average	0,7714
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,12775

D: Estructura

Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
2/7/2021 11:01



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

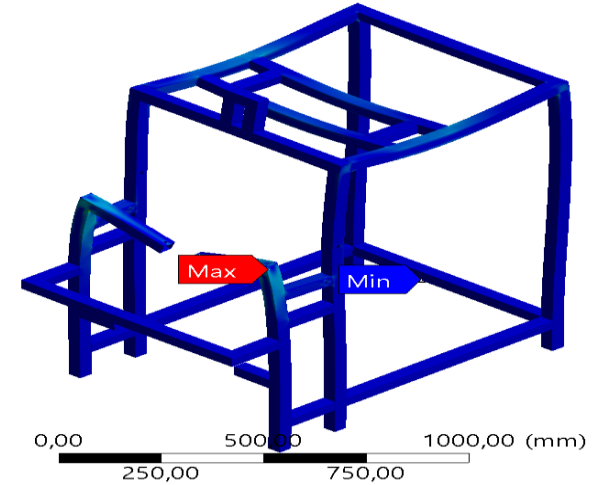
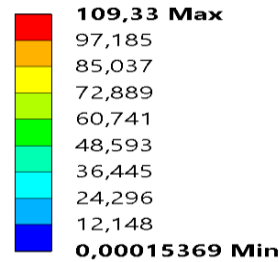
RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Estructura

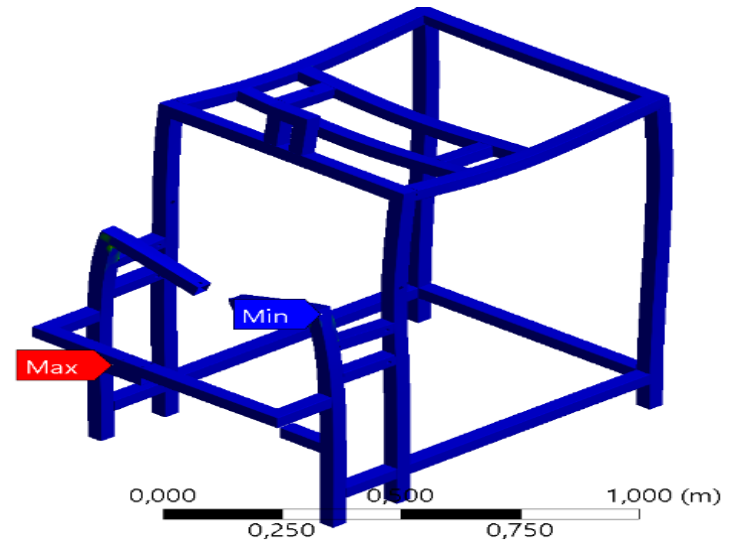
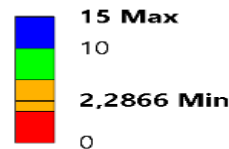
Esfuerzos principales
Von Mises:
109,33 MPa

Factor de seguridad:
2,2866

D: Estructura
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
2/7/2021 10:55



D: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
25/6/2021 12:41

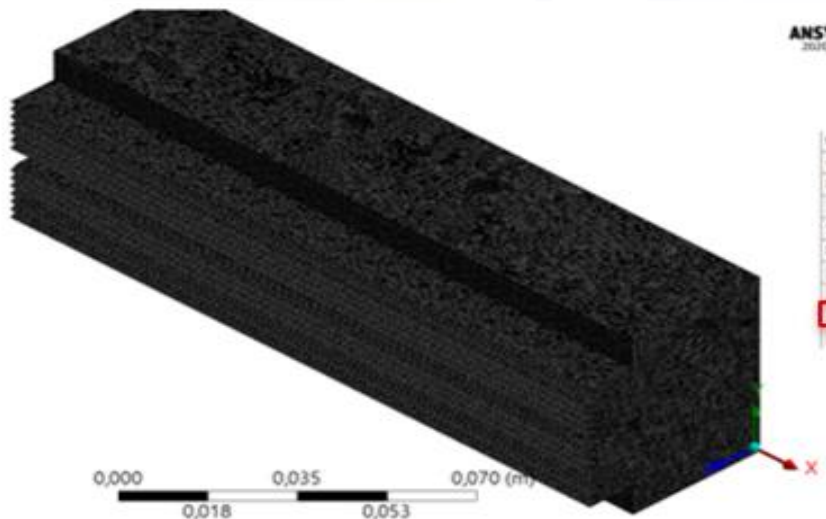


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SIMULACIÓN TRANSFERENCIA DE CALOR

Mordaza Horizontal

Calidad de mallado:
0,75767

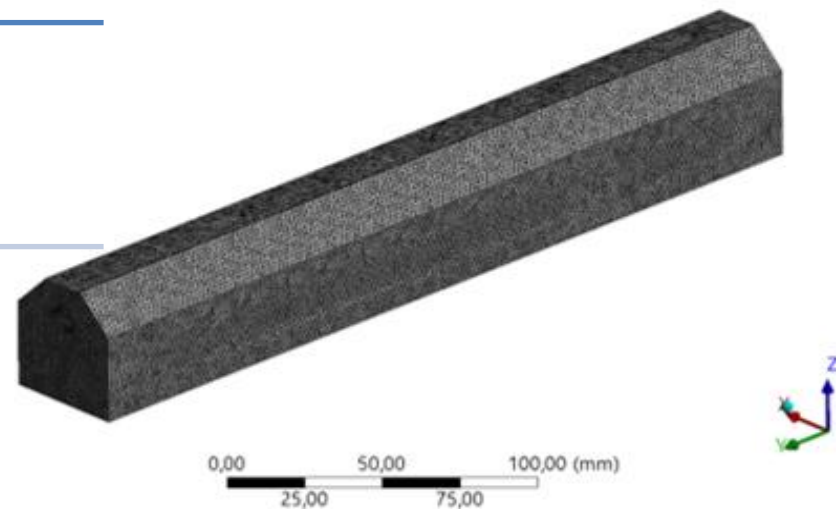


ANSYS 2020 R2

Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Orthogonal Quality
<input type="checkbox"/> Min	6,8474e-004
<input type="checkbox"/> Max	0,99188
<input checked="" type="checkbox"/> Average	0,75767
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,13998

Mordaza Vertical

Calidad de mallado:
0,75575



ANSYS 2020 R2

Quality	
Check Mesh Qua...	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Orthogonal Quality
<input type="checkbox"/> Min	9,3611e-003
<input type="checkbox"/> Max	0,99375
<input checked="" type="checkbox"/> Average	0,75575
<input type="checkbox"/> Standard Dev...	0,12774



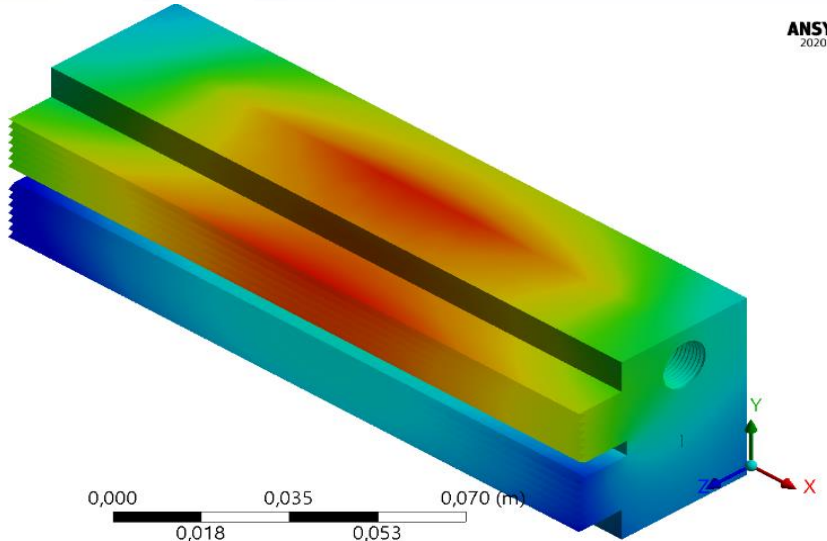
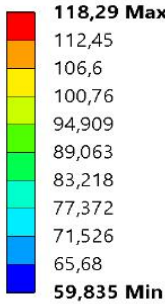
SIMULACIÓN TRANSFERENCIA DE CALOR

Mordaza Horizontal

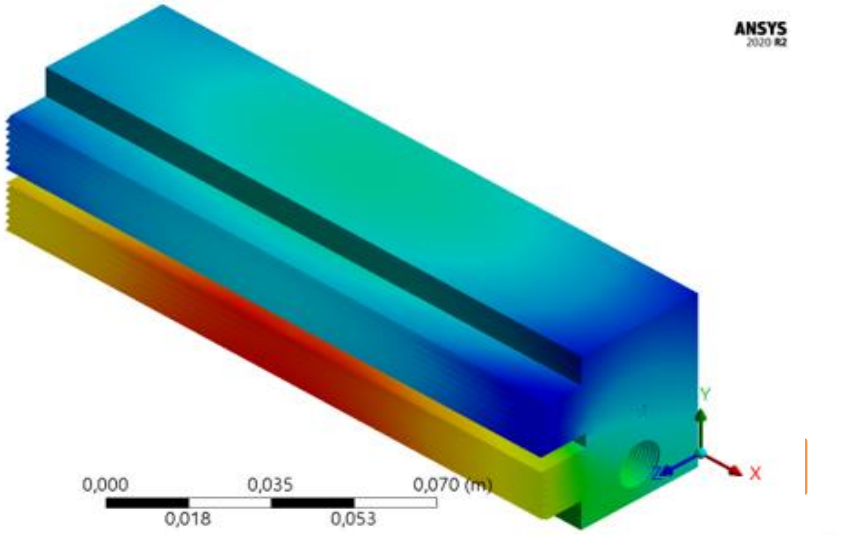
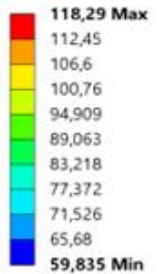
Mordaza 1:
118,29°C

Mordaza 2:
118,29°C

A: Steady-State Thermal
Temperature
Type: Temperature
Unit: °C
Time: 1
23/6/2021 20:28



B: Steady-State Thermal
Temperature
Type: Temperature
Unit: °C
Time: 1
23/6/2021 20:26



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

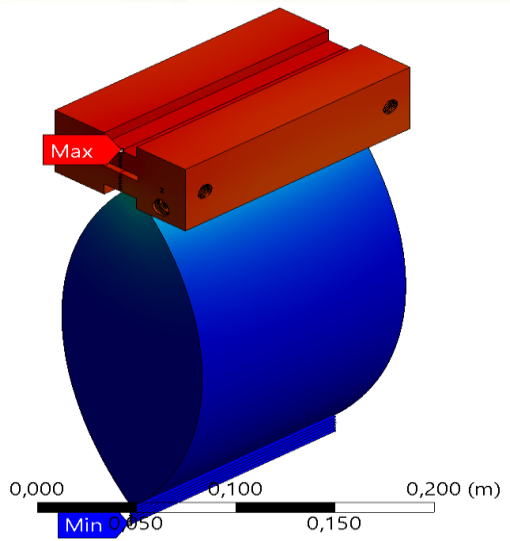
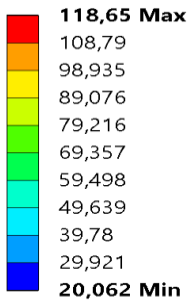
SIMULACIÓN TRANSFERENCIA DE CALOR

Mordaza Horizontal

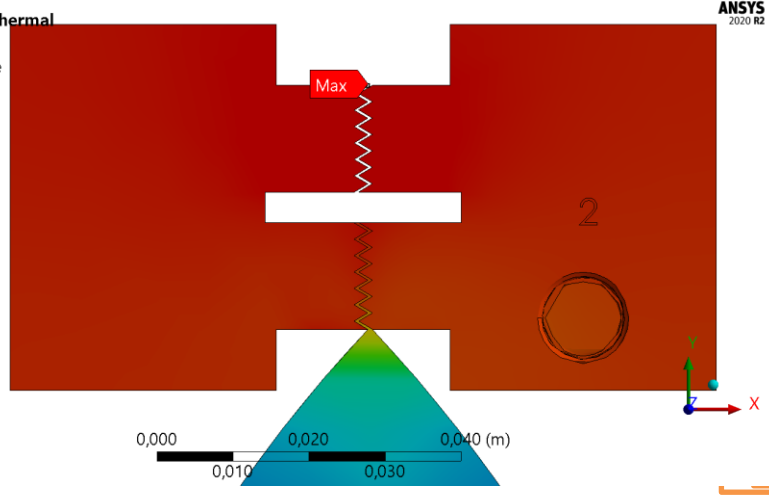
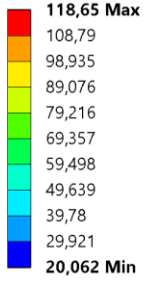
Mordaza 1:
98,935°C

Mordaza 2:
98,935°C

E: Steady-State Thermal
Temperature
Type: Temperature
Unit: °C
Time: 1
25/6/2021 22:40



E: Steady-State Thermal
Temperature
Type: Temperature
Unit: °C
Time: 1
25/6/2021 22:42

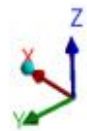
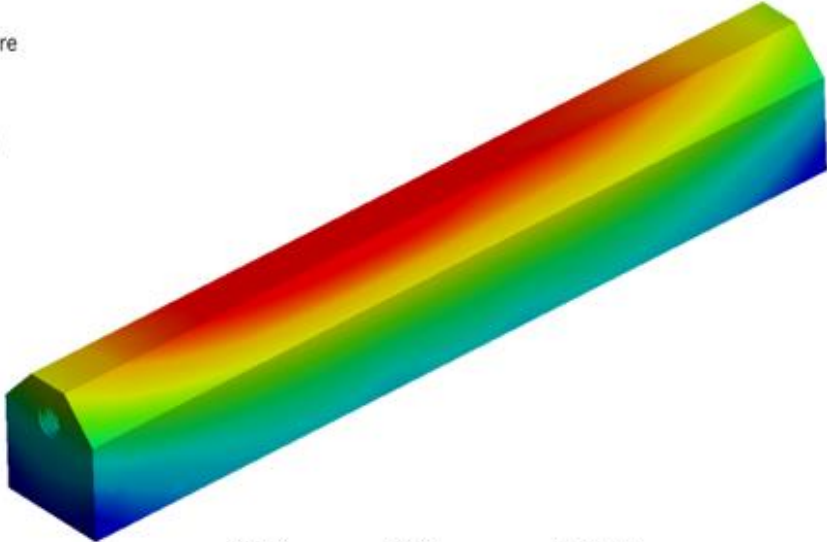
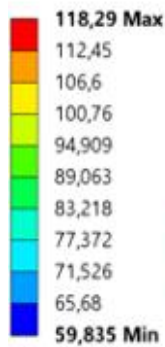


SIMULACIÓN TRANSFERENCIA DE CALOR

Mordaza Vertical

Mordaza 1:
118,29°C

C: Mordaza de sellado
Temperature
Type: Temperature
Unit: °C
Time: 1
23/6/2021 23:09



ANSYS
2020 R2



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SIMULACIÓN DINÁMICA EXPLÍCITA - IMPACTO

Mordaza Horizontal

Velocidad de impacto:
34000 mm/s

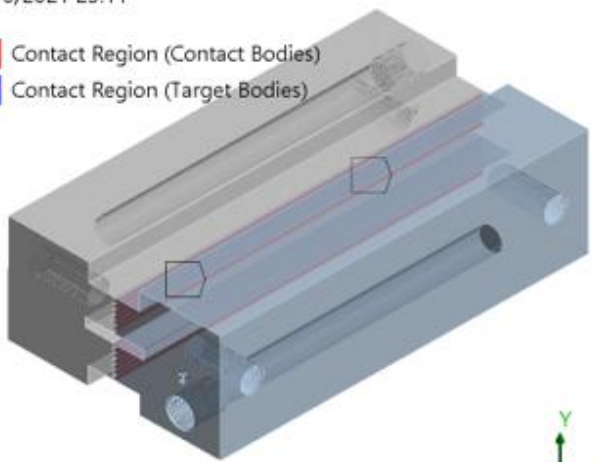
Coeficiente de fricción:
1,35

Details of "Velocity"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Type	Velocity
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
X Component	34000 mm/s (step applied)
Y Component	Free
Z Component	Free
Suppressed	No

Contact Region
25/6/2021 23:11

- Contact Region (Contact Bodies)
- Contact Region (Target Bodies)



ANSYS
2020 R2

Details of "Body Interaction"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Frictional
Friction Coefficient	1,35
Dynamic Coefficient	0,
Decay Constant	0,
Suppressed	No



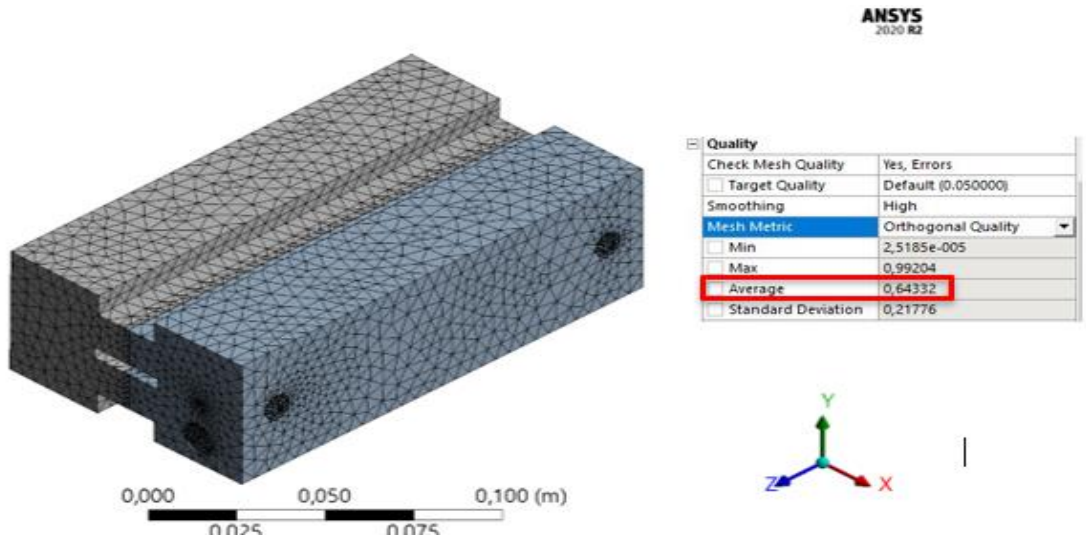
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SIMULACIÓN DINÁMICA EXPLÍCITA - IMPACTO

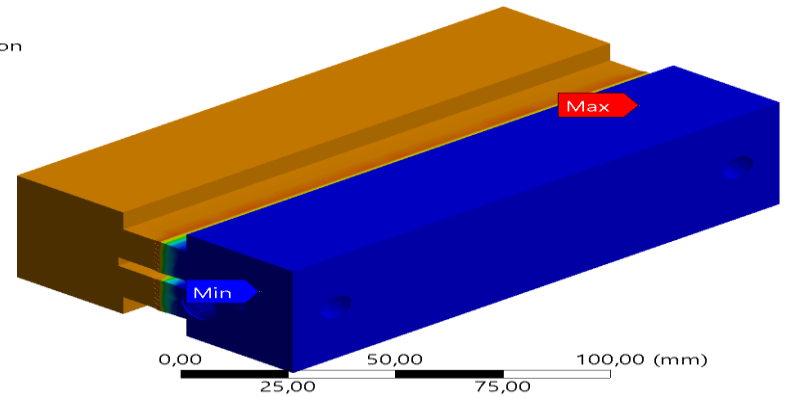
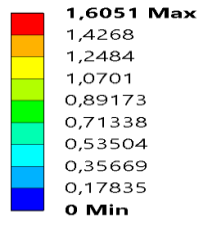
Mordaza Horizontal

Calidad de mallado:
0,64332

Deformación:
1,6051



F: Explicit Dynamics
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 9,0507e-007
Cycle Number: 145
3/7/2021 17:54



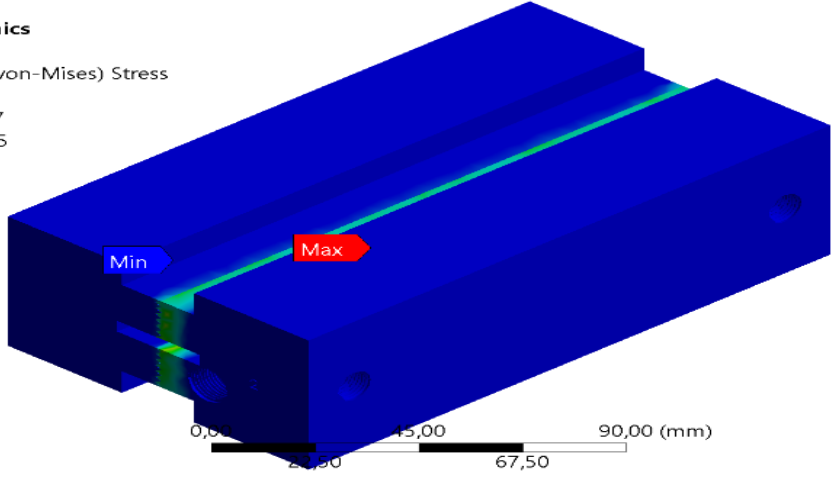
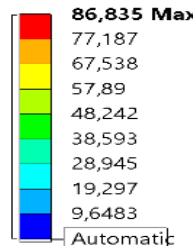
SIMULACIÓN DINÁMICA EXPLÍCITA - IMPACTO

Mordaza Horizontal

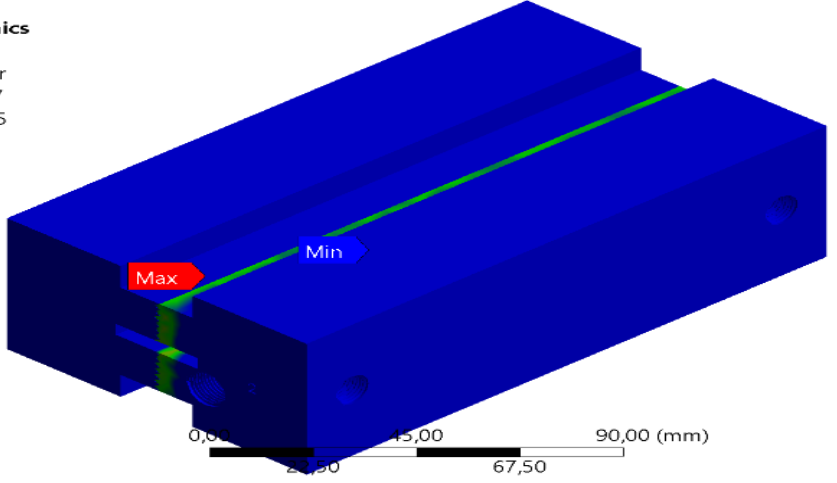
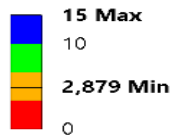
Esfuerzos principales
Von Mises:
86,835 MPa :

Factor de seguridad:
2,879

F: Explicit Dynamics
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 9,0507e-007
Cycle Number: 145
2/7/2021 12:49



F: Explicit Dynamics
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 9,0507e-007
Cycle Number: 145
2/7/2021 12:50



SIMULACIÓN DINÁMICA EXPLÍCITA - IMPACTO

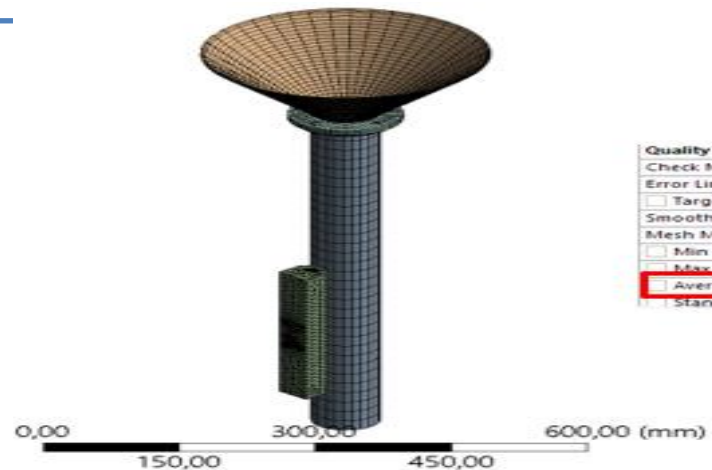
Mordaza Vertical

Calidad de mallado:

0,25235

Deformación:

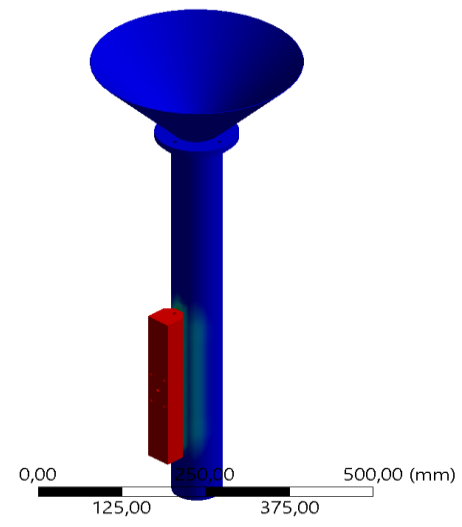
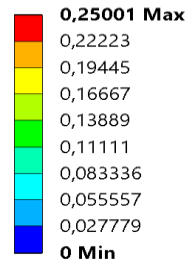
0,25001



ANSYS
2020 R

Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Skewness
Min	3,7039e-004
Max	0,25235
Average	0,25235
Standard Deviation	0,13206

L: Explicit Dynamics
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 5,0002e-005
Cycle Number: 6829
7/8/2021 17:32



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

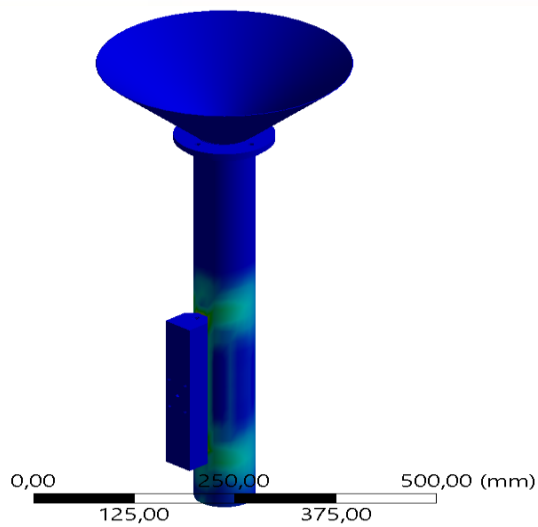
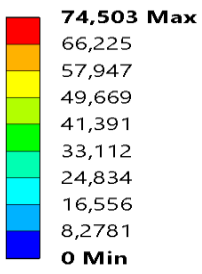
SIMULACIÓN DINÁMICA EXPLÍCITA - IMPACTO

Mordaza Vertical

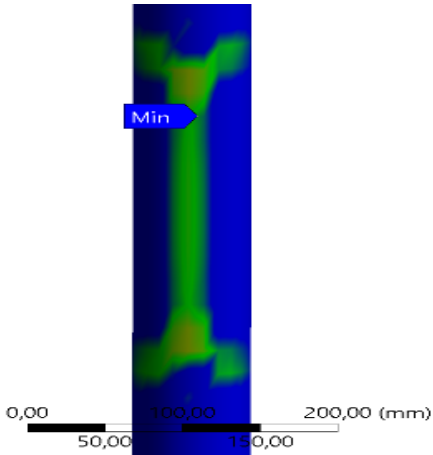
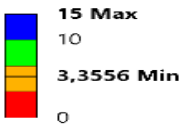
Esfuerzos principales
Von Mises:
74,503 MPa :

Factor de seguridad:
3,3556

L: Explicit Dynamics
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 5,0002e-005
Cycle Number: 6829
7/8/2021 17:33



L: Explicit Dynamics
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 5,0002e-005
Cycle Number: 6829
7/8/2021 17:34



CONCLUSIONES

- Se determinó que la metodología de ingeniería concurrente contribuye al prototipo del mecanismo de proceso de almacenamiento, empaclado y sellado de los chips fritos ya que cambia la filosofía del concepto del ciclo de vida y la contribución entre departamentos multidisciplinarios ya que aportan un diseño para la calidad, diseño para la fabricación y montaje los cuales consideran al cliente y sus necesidades como prioridad.
- Se realizó un diseño mecánico del prototipo de mecanismo, de forma que se analizaron diagramas de cuerpo libre, momentos flectores máximos de los componentes como ejes, tolva, mordazas, por otro lado también, se efectuó simulaciones de tipo estructural, térmico e impacto para determinar las deformaciones máximas, esfuerzos principales de Von Mises y factores de seguridad afín de que la máquina no presente fallas o rupturas en componentes los cuales posteriormente afectarán a la calidad de sellado como asepsia del producto.
- Se verificó que para la implementación de los rodamientos y demás piezas móviles de la estructura se debe realizar un trabajo de refrentado para evitar desequilibrio en las guías y formados de la envoltura, así como tener un adecuado acabado en el paso de los dientes de las mordazas de sellado horizontal para evitar contaminación en el producto terminado.
- Se implementó una interfaz Máquina- Humano (HMI) para facilitar el proceso de control de empaclado, sellado del producto para tener un control exacto de la cantidad de peso enfundado como la cantidad de producción en la jornada laboral todo esto a fin de colocar la marca en el mercado del país con una relación de precio calidad accesible para el consumidor final.



- Se implementó una interfaz Máquina- Humano (HMI) para facilitar el proceso de control de empaclado, sellado del producto para tener un control exacto de la cantidad de peso enfundado como la cantidad de producción en la jornada laboral todo esto a fin de colocar la marca en el mercado del país con una relación de precio calidad accesible para el consumidor final.
- Finalmente se efectuó pruebas de funcionamiento donde se realizó corrección de la programación ajustes de calibración de sensores de temperatura y la parte del sistema neumático, y se concluye que la máquina trabaja en óptimas condiciones ya que las pruebas se realizaron excediendo su capacidad máxima para prevenir errores de operación como sobreproducción.



RECOMENDACIONES

- Realizar reuniones con el cliente para obtener un diseño conceptual de las necesidades que tiene con el propósito de aportar con soluciones innovadoras dentro de las normas establecidas en el país para salvaguardar la salud del consumidor al ser un mecanismo que se implementará en el sector de alimentación.
- Considerar calidad de mallas en las simulaciones para obtener valores de deformación, esfuerzos principales de Von Mises y factor de seguridad más acercados a la realidad.
- Realizar la selección de materiales y componentes de catálogos de productos de venta en el país a fin de evitar paga de impuestos como sobre precios que aumenta el costo de la máquina.



Gracias



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA