



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ENERGIA Y MECÁNICA
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “ANÁLISIS DEL DISEÑO DEL MECANISMO BIELA MANIVELA DE UN MOTOR
A GASOLINA DE TRES CILINDROS UTILIZANDO PROGRAMAS
COMPUTACIONALES”**

AUTOR: CHIMBO PILATASIG, ALEX EDUARDO

TUTOR: ING. LARA NÚÑEZ, MARIO ALCIDES

LATACUNGA, MARZO 2021



CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones

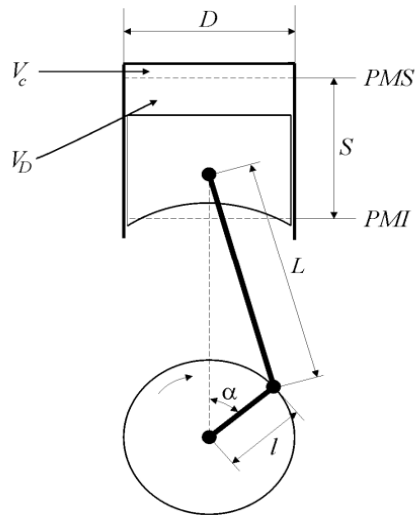


CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



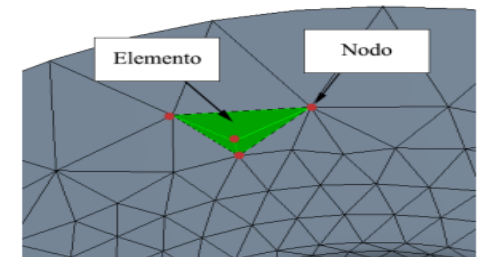
➤ INTRODUCCIÓN



Mecanismo
biela - manivela

Ciclos del motor
4 tiempos

Programas
computacionales

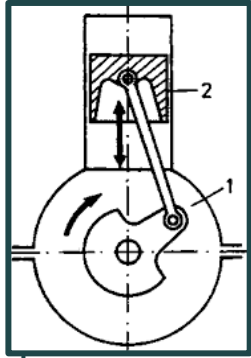


CONTENIDO

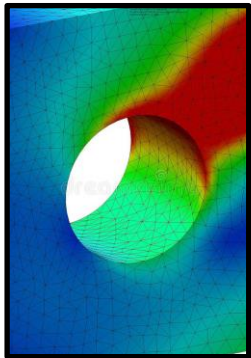
- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



➤ JUSTIFICACIÓN



El mecanismo biela-manivela está sometido a cargas que causan fracturas en los elementos mecánicos, repercutiendo así en el funcionamiento del motor, causando que su diseño pueda presentar sobredimensiones en la geometría de sus elementos, afectando así la potencia y consumo de combustible especialmente del motor Suzuki Forza uno.



El análisis del diseño del mecanismo biela manivela, permite determinar si se pueden realizar modificaciones en sus componentes, tanto para su geometría o reducción de masa con materiales alternos, de esta manera optimizar las prestaciones del motor en beneficio al medio ambiente.



CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 **Objetivos**
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



➤ OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar el diseño del mecanismo biela manivela correspondiente al motor a gasolina de tres cilindros utilizando programas computacionales.



➤ OBJETIVOS



Objetivos específicos

Determinar los parámetros de trabajo y dimensiones estándares mediante investigación bibliográfica para el análisis del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

Modelar el mecanismo biela manivela correspondiente al motor Suzuki Forsa 1, mediante diseño asistido por computador para su posterior análisis.

Aplicar las cargas correspondientes en base al modelo de elementos finitos con el fin de evaluar el comportamiento del mecanismo biela manivela.

Analizar el mecanismo biela manivela con la ayuda de un software CAE para determinar los puntos críticos del mecanismo.



CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones

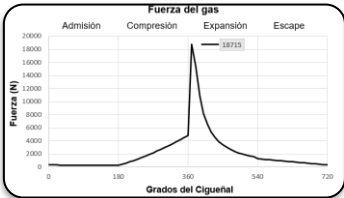


➤ METODOLOGÍA



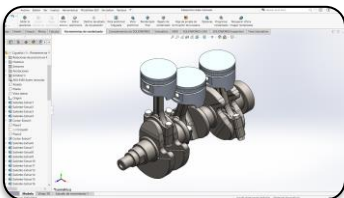
Obtención de medidas

- Datos técnicos del motor
- Toma de medidas del mecanismo



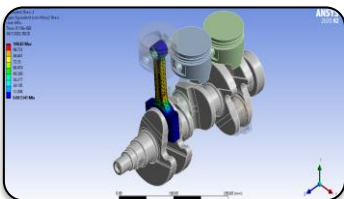
Cálculos

- Parámetros geométricos
- Parámetros termodinámicos



Modelado del mecanismo

- Modelado de los elementos del mecanismo
- Ensamblaje del mecanismo biela - manivela



Análisis del mecanismo

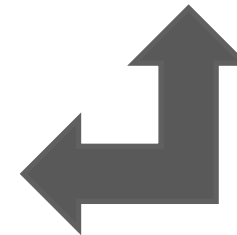
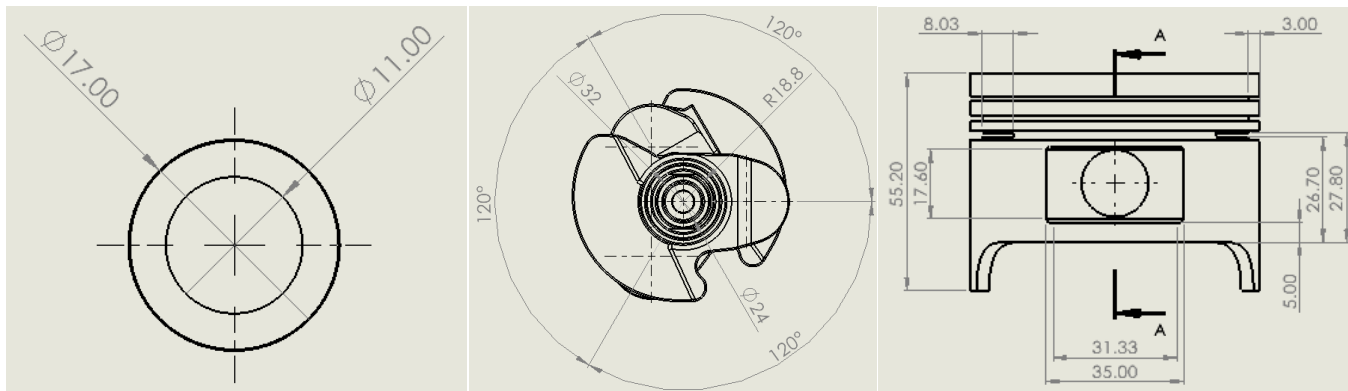
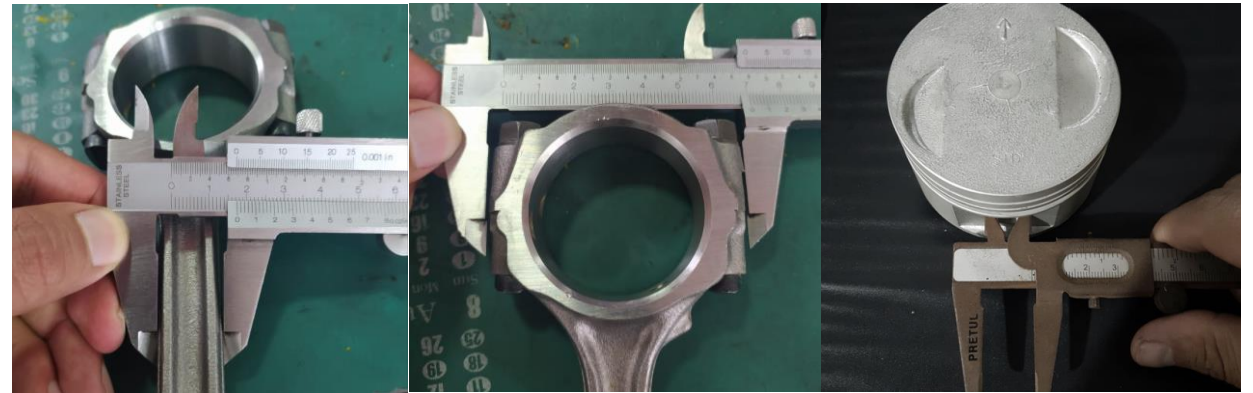
- Análisis de la deformación y tensión del mecanismo
- Obtención del factor de seguridad



➤ METODOLOGÍA

Inicialmente se presenta varios datos que corresponde al motor Suzuki Forsa 1, además de las medidas principales obtenidas en la toma de medidas.

Motor G10A	
Cilindrada	993 cc
Numero de cilindros	3
Relación de compresión	8,8:1
Año	84 - 89



➤ METODOLOGÍA

Con la utilización de ecuaciones matemáticas se obtienen dimensiones necesarias para el modelado, así como también se comprueba parámetros especificados por el fabricante:

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro del pistón	73.6	mm
Carrera del pistón	77	mm
Longitud de la biela	120	mm



Parámetro	Ecuación	Valor	Unidad
Longitud de la manivela	$S = 2l$	38.5	mm
Superficie del pistón	$A_p = \frac{\pi D^2}{4}$	42.5	cm ²
Cilindrada unitaria	$V_D = A_p S$	331.1	cm ³
Volumen de la cámara	$V_c = \frac{V_D}{r-1}$	42.4	cm ³
Cilindrada total	$V_T = z \cdot V_D$	993.4	cm ³

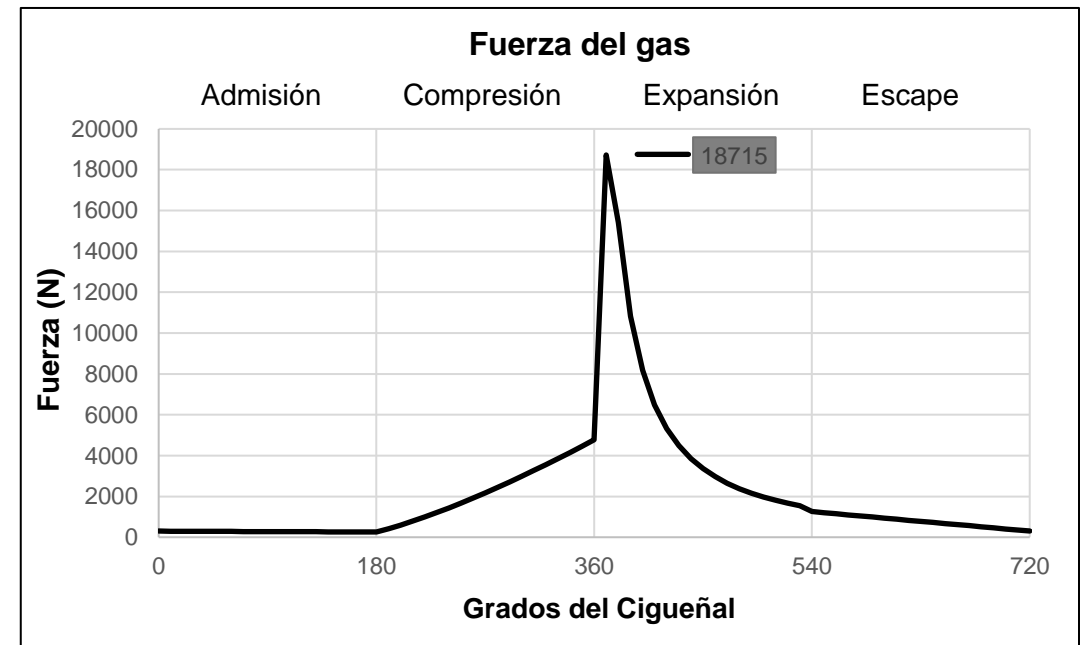


➤ METODOLOGÍA

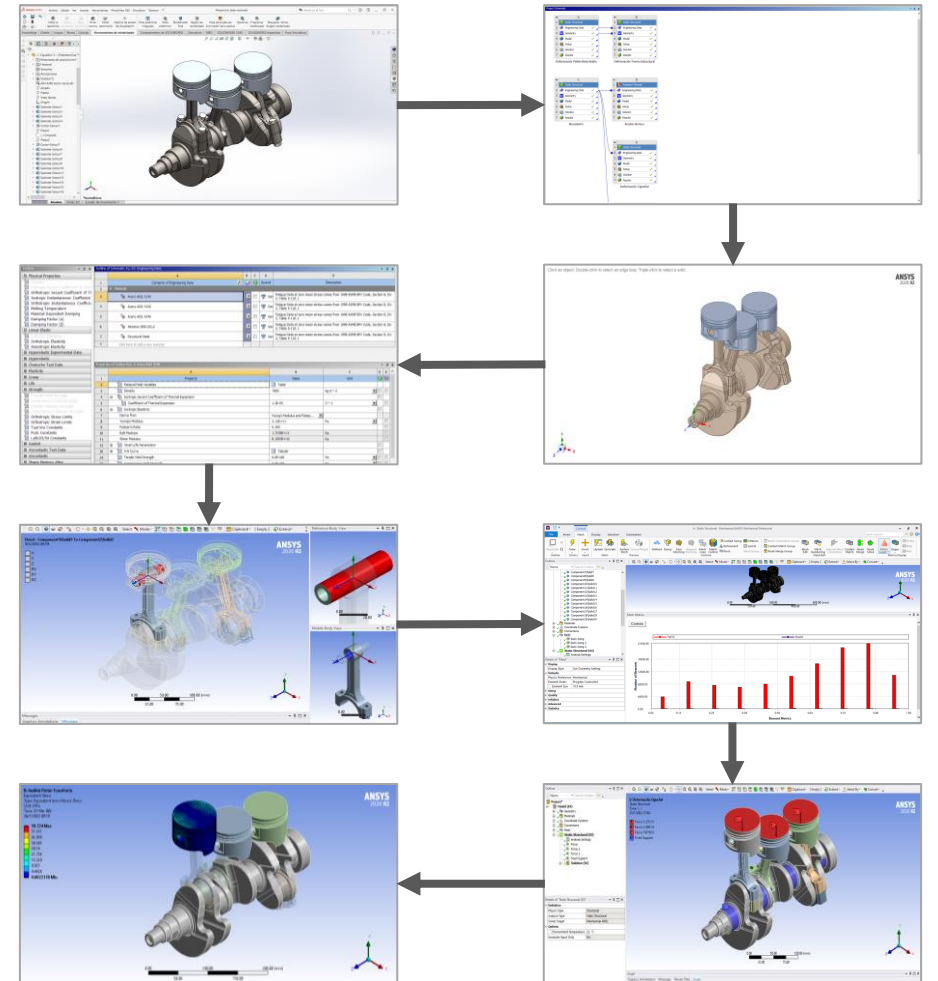
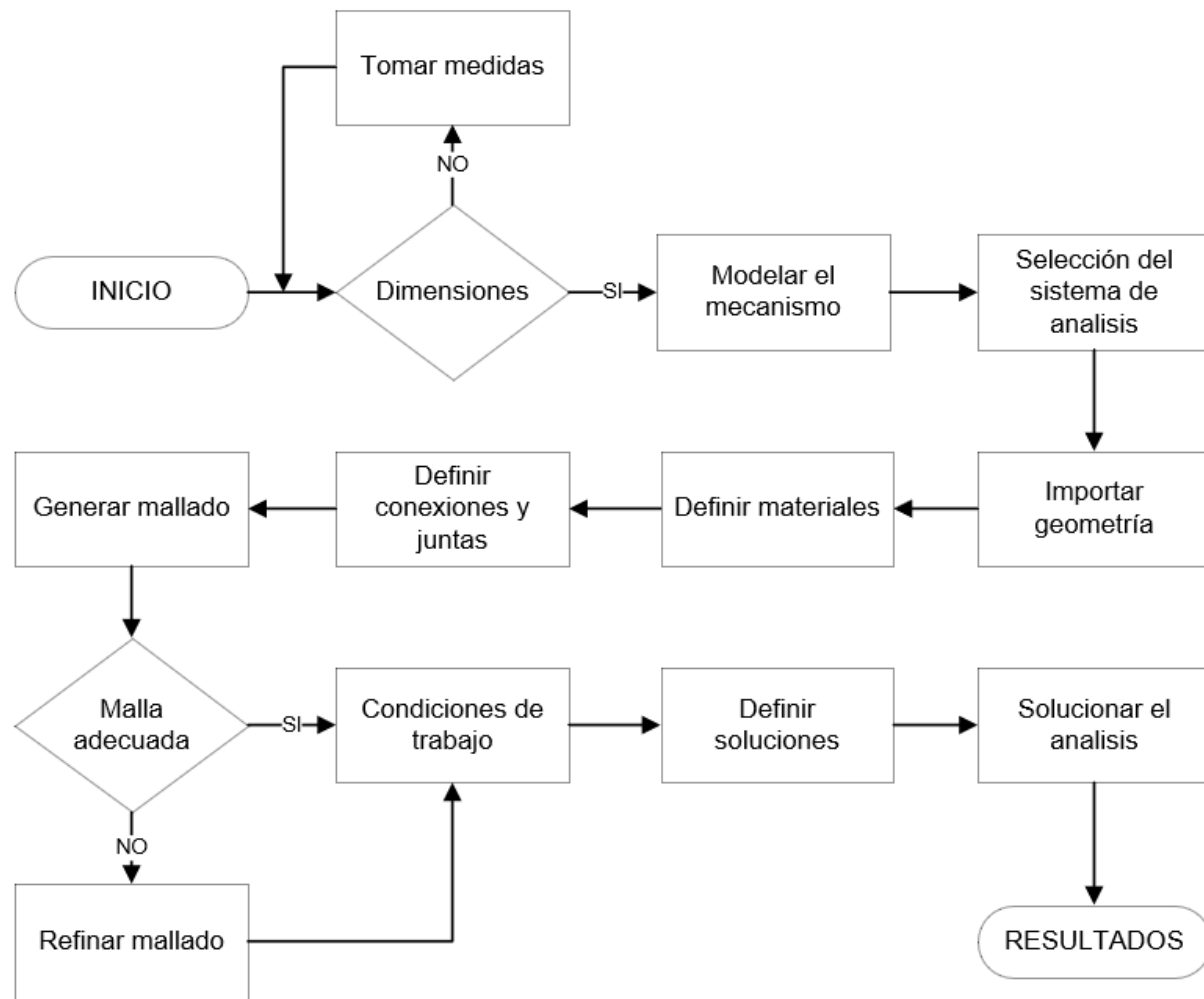
Los valores obtenidos con respecto al ciclo termodinámico del motor a gasolina, son representados en la siguiente tabla:

Parámetro	Unidad	Valor
Presión admisión	Mpa	0.06
Temperatura admisión	K	344.7
Presión compresión	Mpa	1.12
Temperatura compresión	K	722
Presión explosión	Mpa	4.39
Temperatura explosión	K	2632
Presión escape	Mpa	0.296
Temperatura de escape	K	1562

$$F_g = P_z \cdot A_p$$

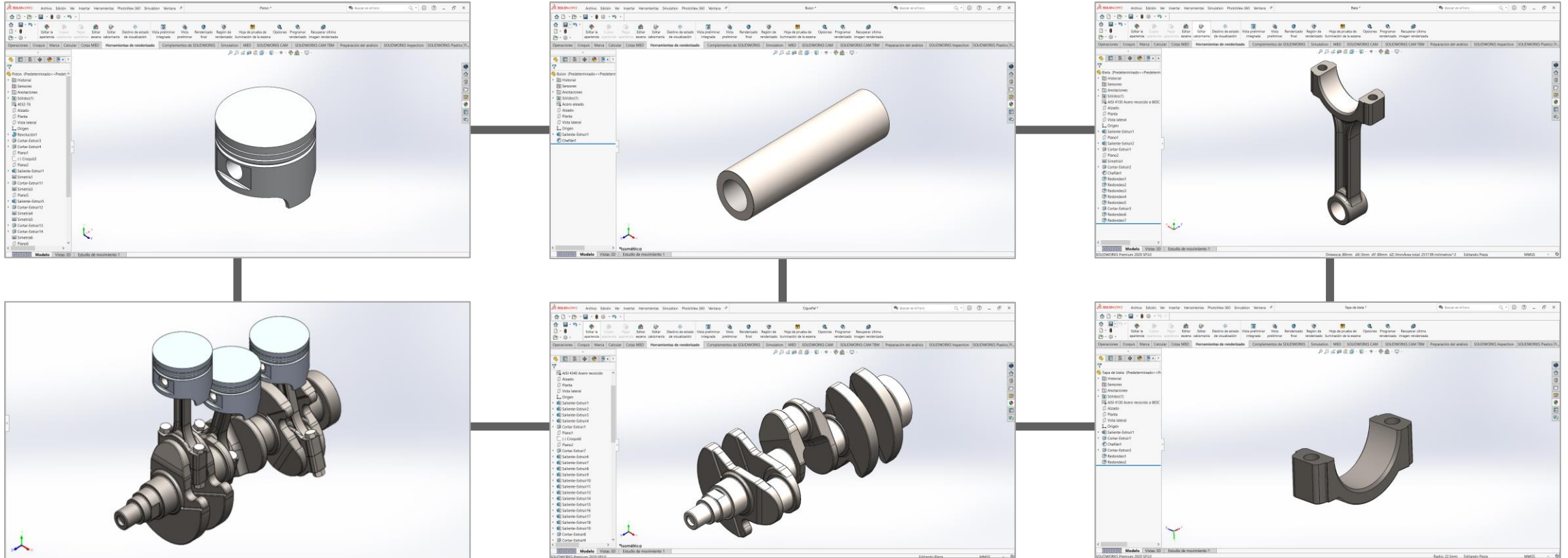


➤ METODOLOGÍA



➤ METODOLOGÍA

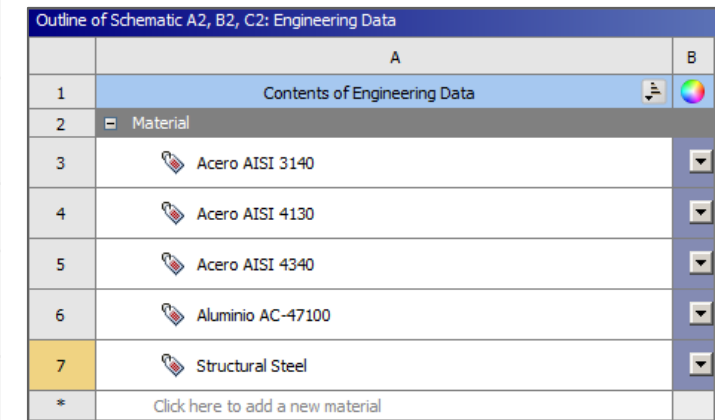
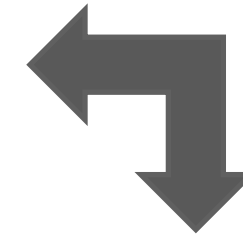
Modelado de los elementos del mecanismo y ensamblaje del mismo:



➤ METODOLOGÍA

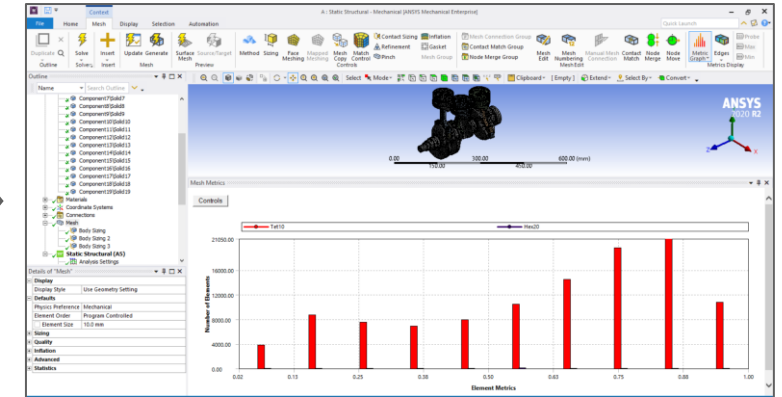
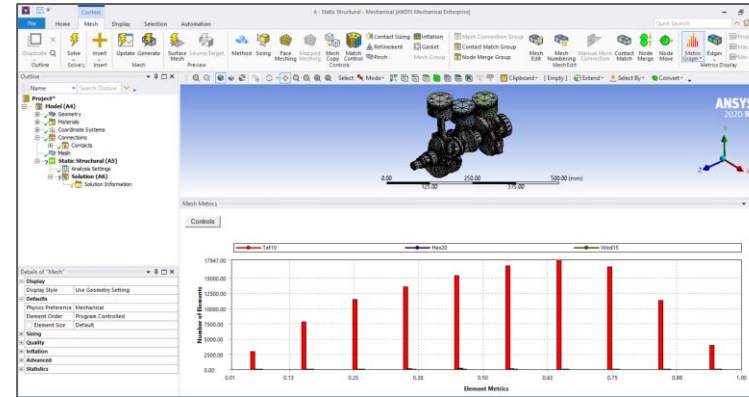
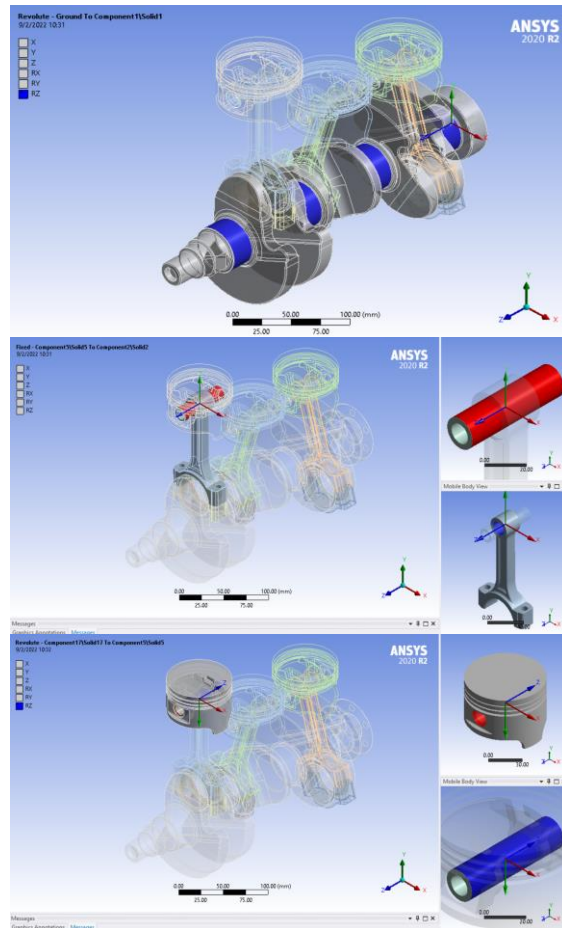
Selección de los materiales que conforman el mecanismo:

Elemento		Pistón	Bulón	Biela	Cigüeñal	Cojinetes
Material		Aluminio	Acero	Acero		Acero
Propiedad	Uni.	AC-47100	AISI 4130	AISI 4340		AISI 3140
Densidad	Kg/m ³	2990	7870	7870		7900
Módulo de Young	GPa	265	210	210		212
Coefficiente de Poisson	-	0,35	0,333	0.333		0.295
Resistencia de tracción	MPa	225	1240	1980		985
Limite elástico	MPa	220	1140	1650		660
Conductividad térmica	W/mC	140	50	44		50
Calor específico	J/kgC	830	460	475		486



➤ METODOLOGÍA

Conexiones, juntas y mallado del mecanismo biela manivela:



Mallado automático	
Elementos	65427
Nodos	121588
Mallado refinado	
Elementos	110834
Nodos	194492

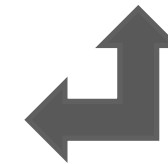
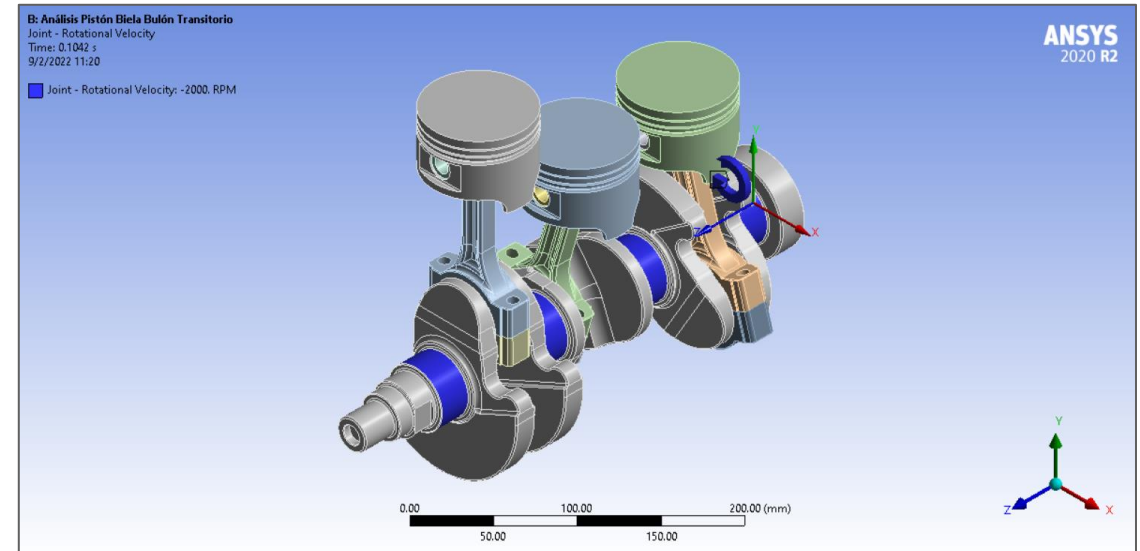


➤ METODOLOGÍA

Condiciones transitorias, con respecto al intervalo de tiempo del análisis:

Details of "Analysis Settings"	
Step Controls	
Number Of Steps	1.
Current Step Number	1.
Step End Time	0.12 s
Auto Time Stepping	On
Define By	Time
Initial Time Step	1.e-003 s
Minimum Time Step	5.e-006 s
Maximum Time Step	6.e-002 s
Time Integration	On
Solver Controls	

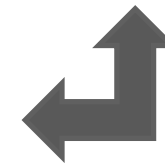
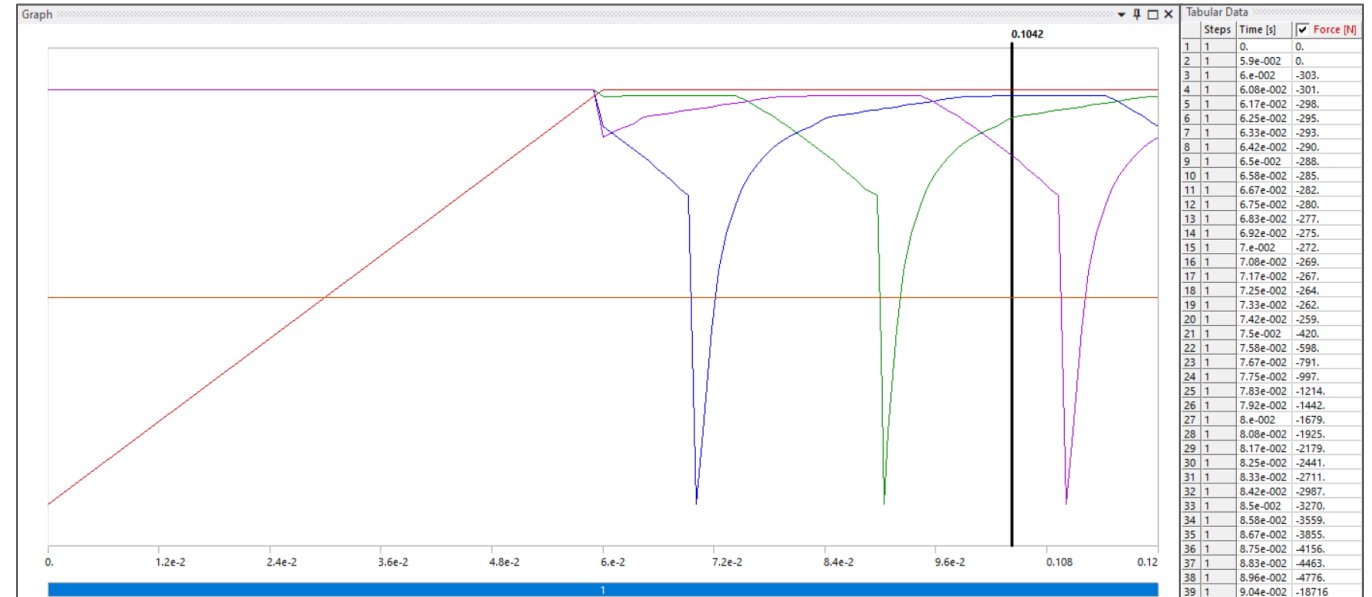
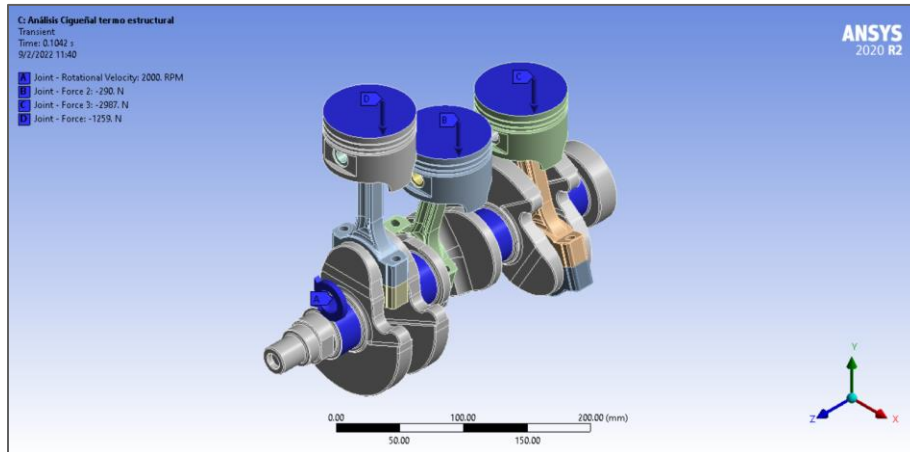
Details of "Joint - Rotational Velocity"	
Scope	
Joint	Revolute - Ground To Component1\Solid1
Definition	
DOF	Rotation Z
Type	Rotational Velocity
<input type="checkbox"/> Magnitude	2000. RPM (step applied)
Lock at Load Step	Never
Suppressed	No



➤ METODOLOGÍA

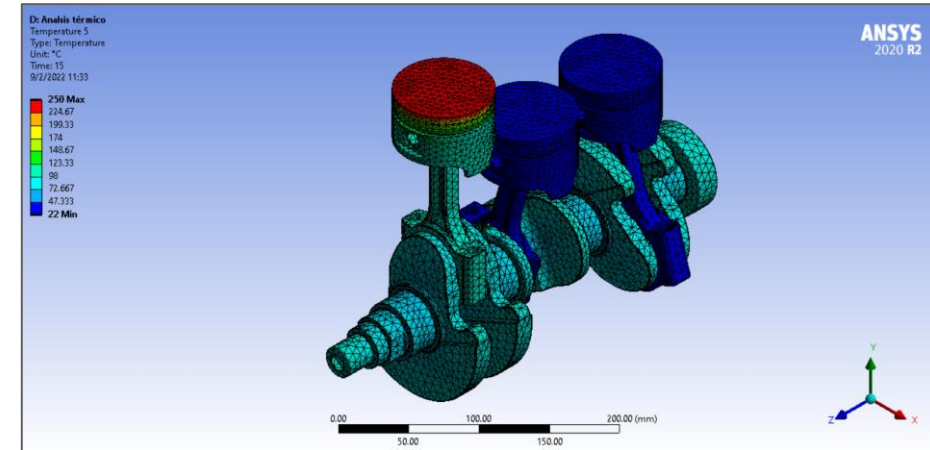
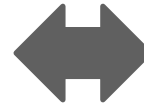
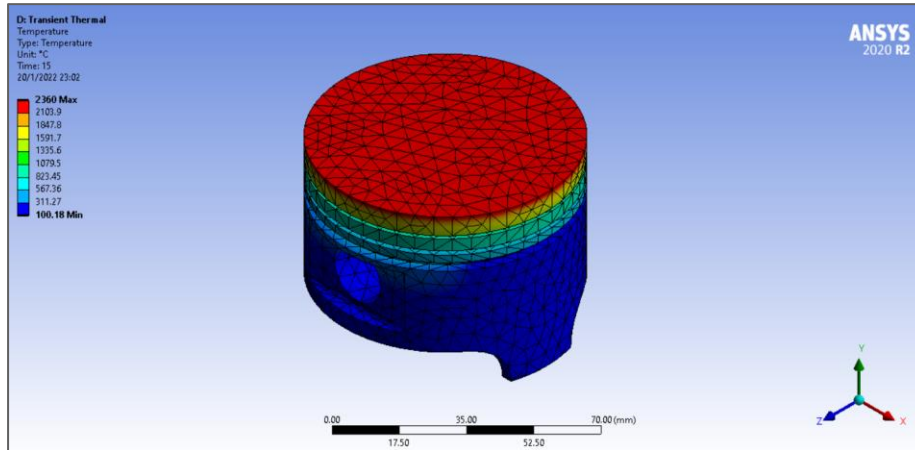
Condiciones transitorias, con respecto a las fuerzas actuantes:

Details of "Joint - Force"	
Scope	
Joint	Translational - Ground To Component17/Solid17
Definition	
DOF	X Displacement
Type	Force
Magnitude	Tabular Data
Lock at Load Step	Never
Suppressed	No



➤ METODOLOGÍA

Condiciones térmicas de los elementos del mecanismo:

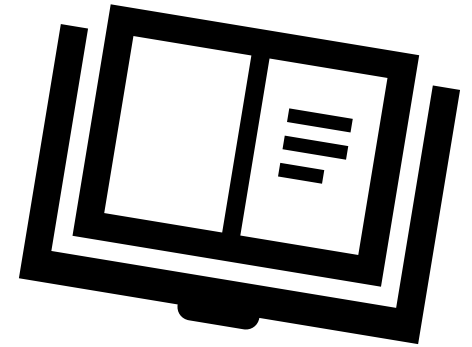


Asignación de temperatura	
Componente	Temperatura (°C)
Pistón	150
Biela	120
Cigüeñal	100

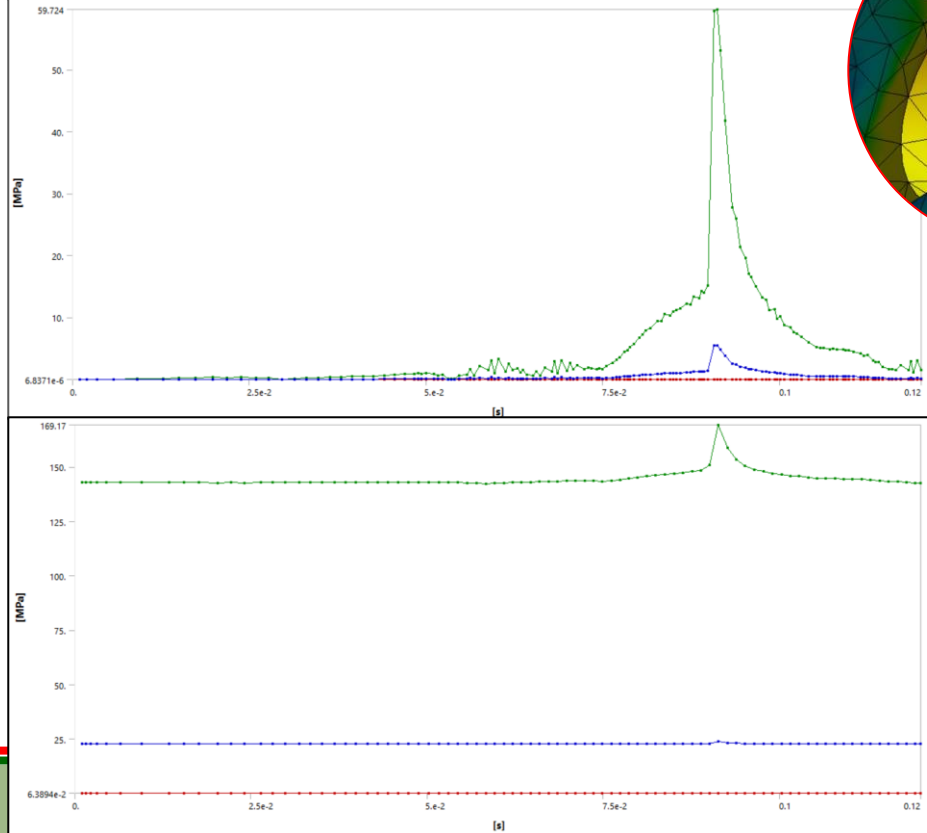
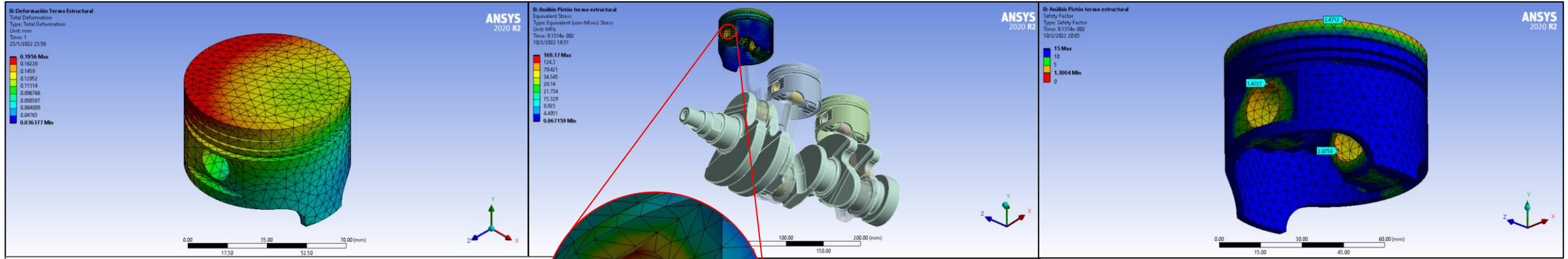


CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



➤ MECANISMO - PISTÓN



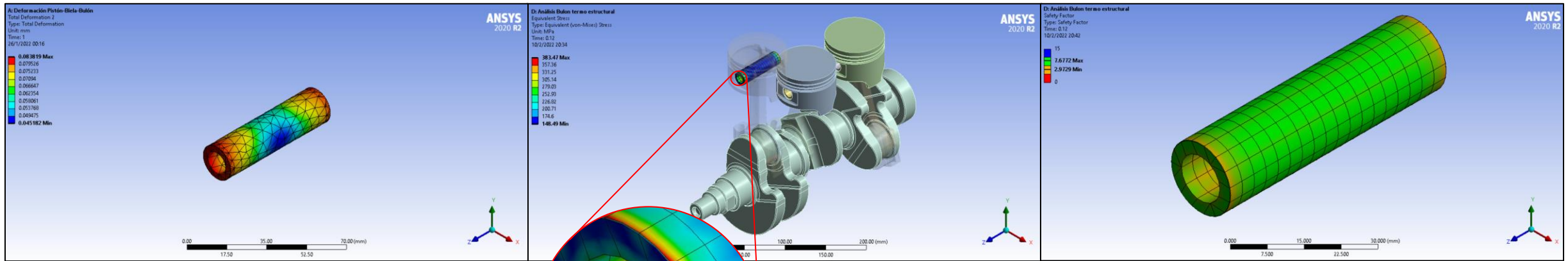
$$\sigma' > S_y$$

$$169.17 \text{ MPa} > 220 \text{ MPa}$$

Análisis estático y transitorio (PISTÓN)			
Análisis	Unidad	Estructural	Termo – estructural
Deformación	mm	0.104	0.195
Tensión	MPa	59.72	169.17
Factor de seguridad		-	1.30

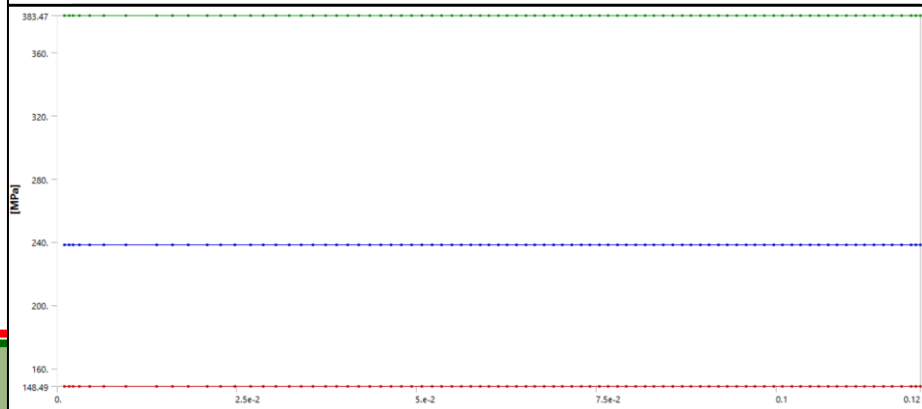
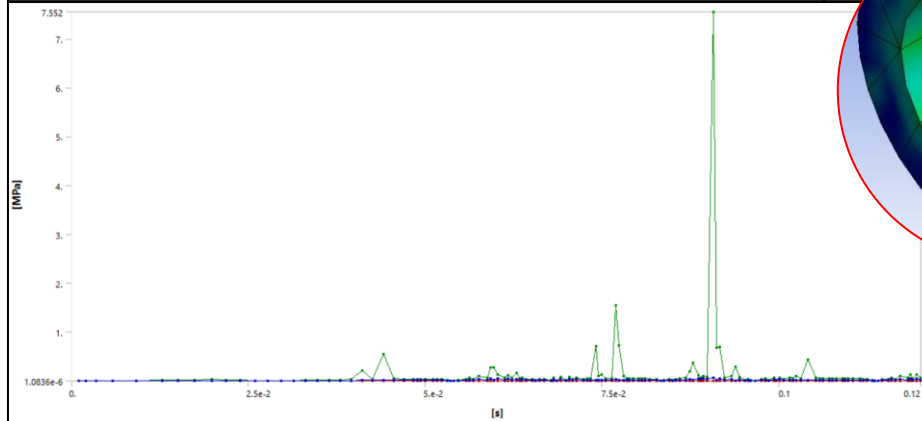


➤ MECANISMO - BULÓN



$$\sigma' > S_y$$

$$383.47 \text{ MPa} > 1140 \text{ MPa}$$

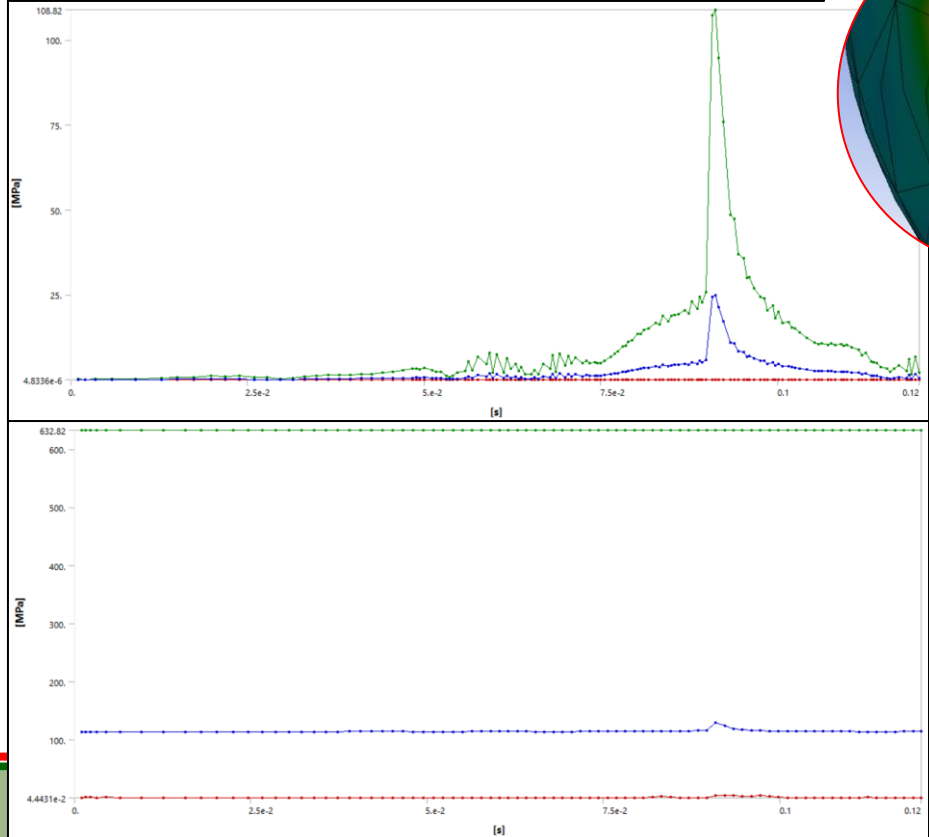
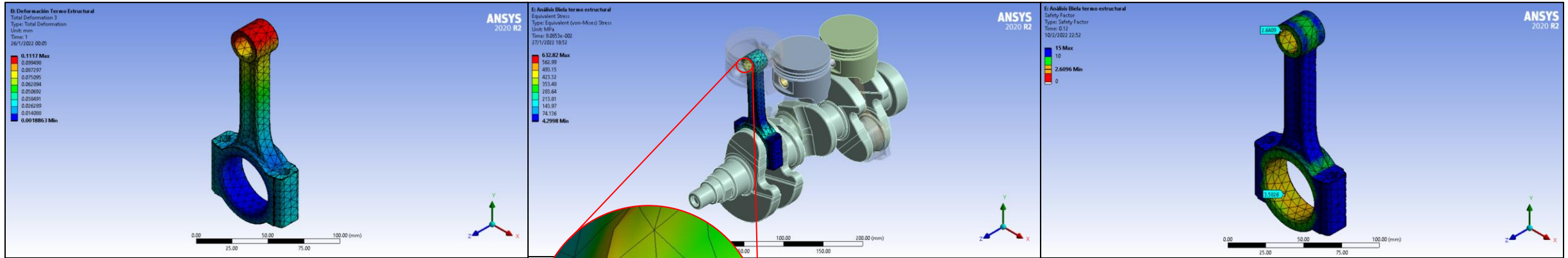


Análisis estático y transitorio (BULÓN)

Análisis	Unidad	Estructural	Termo – estructural
Deformación	mm	0.083	0.133
Tensión	MPa	7.552	383.47
Factor de seguridad		-	2.973



➤ MECANISMO - BIELA

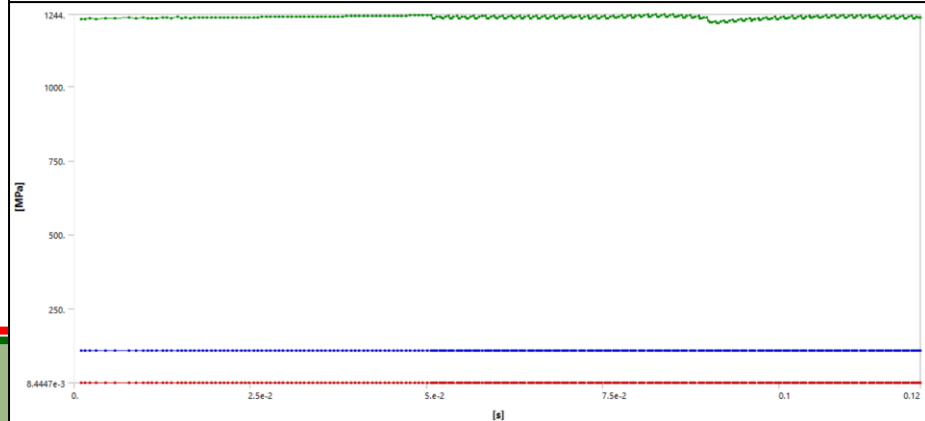
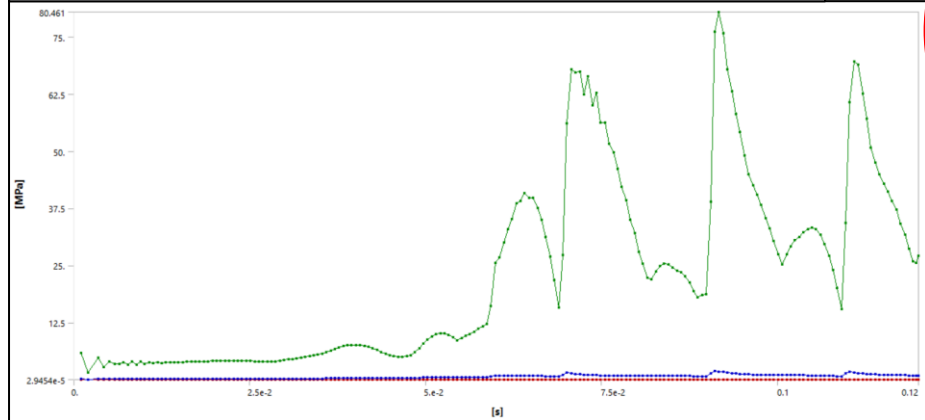
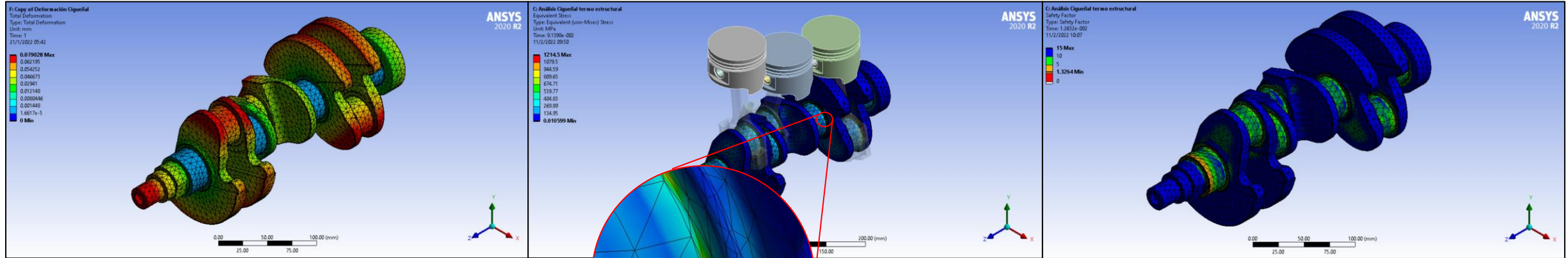


$$\sigma' > S_y$$

$$632.82 \text{ MPa} > 1650 \text{ MPa}$$

Análisis estático y transitorio (BIELA)			
Análisis	Unidad	Estructural	Termo – estructural
Deformación	mm	0.065	0.111
Tensión	MPa	108.82	632.82
Factor de seguridad		-	2.607

➤ MECANISMO - CIGÜEÑAL

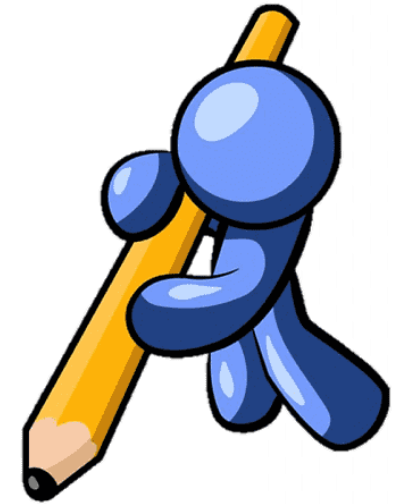


Análisis estático y transitorio (CIGÜEÑAL)			
Análisis	Unidad	Estructural	Termo – estructural
Deformación	mm	0.006	0.079
Tensión	MPa	80.744	1244
Factor de seguridad		-	1.326



CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



➤ CONCLUSIONES

Los parámetros considerados para el análisis del mecanismo, es la presión del gas en cada ciclo termodinámico del motor y la temperatura de trabajo de los elementos del mecanismo, los cuales son obtenidos a partir de ecuaciones matemáticas, considerando factores como la altura de la ciudad de Quito sobre el nivel del mar y datos técnicos del motor que corresponde al objeto de estudio.

Mediante diseño asistido por computador se desarrollaron los elementos que componen el mecanismo biela – manivela, considerando las dimensiones obtenidas mediante investigación de campo, para posteriormente ser modeladas en el software, el mismo que brinda varias herramientas para una mayor aproximación a los elementos reales, con el fin de obtener simulaciones con resultados próximos a los reales.



➤ CONCLUSIONES

El software CAE considera varios parámetros para la simulación, estos dependen del análisis que se seleccione, de este modo se tiene el análisis estático y transitorio estructural los cuales consideran la máxima fuerza del gas (18716 N) y la variación de la misma sobre la superficie del pistón correspondientemente, permitiendo obtener las deformaciones y esfuerzos de Von Mises en los elementos del mecanismo, mientras que el análisis estático y transitorio termo estructural, considera la fuerza sobre la superficie del pistón y la temperatura de trabajo de los elementos de mecanismo, dicho análisis permite obtener las deformaciones, esfuerzos y factor de seguridad de forma más aproximada a la real, debido a que se considera la temperatura de trabajo además de la máxima fuerza actuante del mecanismo.



➤ CONCLUSIONES

El elemento más cercano a presentar falla por fluencia es el pistón, ya que presenta un factor de seguridad de 1.3, debido a que está sometido a altas temperaturas, presentando mayor esfuerzos en la superficie del pistón y los extremos donde ingresa el bulón, por otro lado el cigüeñal presenta un factor de seguridad de 1.326, lo que define un diseño adecuado, sin embargo, dicho elemento presenta una concentración de esfuerzos en los codos de biela y bancada, debido a la fuerza que ejerce el mecanismo sobre dichas partes; otro elemento a considerar es la biela, esta presenta un factor de seguridad de 2.6, lo que hace de este un elemento factible para rediseño con el objetivo de optimizarlo, tomando en cuenta que la concentración de esfuerzos se presenta en el pie de biela y en el extremo de la cabeza de biela lo cual no permite reducir el volumen de dichas zonas, por último, el bulón es el elemento que presenta el mayor factor de seguridad 2.97, haciendo de este el elemento que menos probabilidad tenga de presentar falla, basándose en la teoría de falla por energía de distorsión.



CONTENIDO

- 1 Introducción
- 2 Justificación
- 3 Objetivos
- 4 Metodología
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones



➤ RECOMENDACIONES

Realizar un estudio basado en el análisis de fatiga de cada elemento del mecanismo, es indispensable para obtener una mayor aproximación de las posibles fallas de los elementos del mecanismo, ya que este se encuentra sometido a cargas variables que pueden producir rotura de los elementos.

Realizar un estudio, basándose en las fuerzas actuantes sobre cada elemento del mecanismo por medio de ecuaciones matemáticas e investigación bibliográfica, con el fin de realizar un estudio unitario sobre cada elemento, aplicando las cargas encontradas en el estudio matemático.



➤ RECOMENDACIONES

Realizar un estudio de comparación al variar los parámetros del análisis del mecanismo, partiendo con una diferencia en la altura a nivel del mar y con una varianza en el octanaje del combustible a utilizar.

Realizar un estudio acerca de los materiales cerámicos metálicos utilizados en la industria automotriz, que tiene como fin la aportación de propiedades mecánicas a los materiales utilizados en los componentes del motor, específicamente en las camisas de los cilindros del motor.



Gracias



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA