

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOR DE AIRE COMPRIMIDO MDI PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN UNA MOTOCICLETA

Bladimir Vargas

Ing. Guido Torres

Ing. Leonidas Quiroz

**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Extensión Latacunga**

Quijano Ordoñez y Marqués de Maenza S/N Latacunga, Ecuador

Email: blady_kos1@hotmail.com, grtorres@espe.edu.ec, laquiroz@espe.edu.ec

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño y construcción de un prototipo de motocicleta con la implementación de un sistema de propulsión híbrido, es la combinación de un actuador neumático y un motor de combustión interna, para dar movimiento a una motocicleta de tipo Scooter, garantizando la seguridad del conductor y de esta forma buscar nuevas formas de movilidad que sean amigables con el medio ambiente. La generación de aire comprimido a baja presión está dada por un cabezote de compresor que recibe el movimiento de un motor de combustión interna, este aire generado se almacena en el depósito de baja presión y con la combinación de aire en un tanque de alta presión, que mediante un actuador neumático instalado en el rueda posterior, dotará de esta forma de tracción y autonomía a la motocicleta. El paso de aire comprimido está regulado por un control electrónico que controla la activación de la electroválvula según parámetros de operación para cada acción, cuando se encuentra en estado activo la movilidad de la motocicleta es por tracción neumática y cuando se encuentra desactivada la tracción es mecánica al mismo tiempo que se

encuentra comprimiendo aire al tanque de baja presión.

ABSTRACT

This project aims to design and build a prototype motorcycle with the implementation of a hybrid propulsion system is the combination of a pneumatic actuator and a combustion engine, to give movement to a scooter-type motorcycle, ensuring driver safety and thus seek new forms of mobility that are friendly to the environment. Generating compressed air at low pressure is given by a headstock compressor that receives the movement of a internal combustion engine, this air generated is stored in the low-pressure tank and with the combination of air in a high pressure tank, that by a pneumatic actuator mounted on the rear wheel, thus will provide traction and autonomy motorcycle. The passage of compressed air is regulated by an electronic control that controls the activation of the solenoid valve according to operating parameters for each action, when in active state mobility motorcycle is pneumatic traction and when off the traction is mechanical while compressing air is at low pressure tank.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de motocicletas ha aumentado durante los últimos años en nuestro país, y en especial de tipo Scooter, ya que existe una gran variedad de marcas que son de fácil adquisición. Debido al constante incremento del flujo vehicular en el Ecuador y por ende el incremento de gases contaminantes en el proceso de combustión se ha visto necesario desarrollar un proyecto que ayude a la reducción de este tipo de emisiones, por este motivo, se diseñó un sistema híbrido; aire comprimido y combustión interna, que genera movimiento a una motocicleta y disminuyendo contaminación al ambiente.

II. PARÁMETROS DEL DISEÑO DEL PROTOTIPO

Datos técnicos

Tabla 1: Especificaciones compresor AIRFLOW.

CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES
Bomba	De impulsión directa, lubricada con aceite
Diámetro	98,00 mm
Carrera	0.05 mm
Capacidad del tanque de aire	0.02 m ³
Presión de arranque	655 kpa
Presión de parada	861,84 kpa
Flujo de aire libre	0.24 ³ /min

III. CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE INICIO DEL SISTEMA DE BAJA PRESIÓN

Datos de la polea:

- R : Radio de la polea
- M : masa de la polea
- ω : velocidad angular

Datos del cabezote de compresor:

- L : carrera del pistón
- M : masa del pistón
- D : Diámetro del pistón

Realizando el análisis en la polea, como se muestra en la figura 2, se obtiene los siguientes parámetros para el análisis:

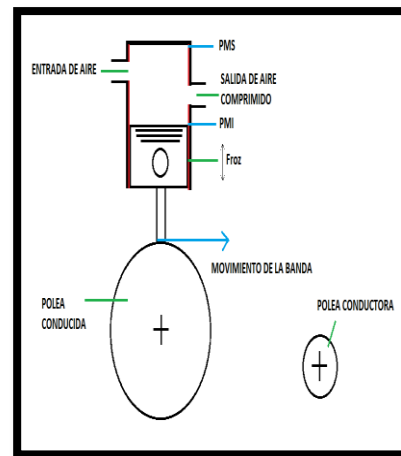


Figura 2. Fuerzas generadas y componentes del sistema.

Se obtiene que la presión de arranque del sistema es:

$$P_{adm-pistón} = \frac{\frac{1}{4}m_{polea} * r_{polea}^2 * \omega^2 + m_{pistón} * g * \mu_{roz} * d}{A_{pistón} * d}$$

IV. CÁLCULOS EN EL COMPRESOR Y EL DEPÓSITO DE

ALMACENAMIENTO DE BAJA PRESIÓN

a) Cálculos en el cabezote de compresor

Es necesario para determinar la presión con la que inicia el sistema, conocer los datos paramétricos de la cabeza del compresor, los mismos que se muestra en la figura 3.

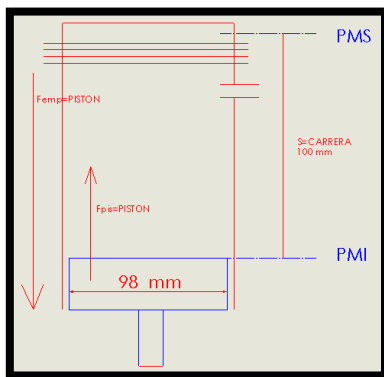


Figura 3. Análisis de fuerzas – cabeza de compresor.

Bajo las características del compresor y gracias al software de diseño SOLIDWORKS, se obtiene los datos exactos de peso y geometría del sistema.

- **Datos preliminares: COMPRESOR**

$$D_{\text{pistón}}: 98 \text{ mm} = 0.1 \text{ m}$$

$$m_{\text{pistón}}: 0.37 \text{ Kg}$$

$$S_{\text{pistón}}: 100 \text{ mm} = 0.1 \text{ m}$$

- **Datos preliminares: POLEA CONDUCIDA**

$$r_{\text{polea}}: 50 \text{ mm} = 0.05 \text{ m}$$

$$m_{\text{polea}}: 0.23 \text{ Kg}$$

$$\mu_{\text{roz}}: 0.24$$

b) Presión Inicial:

$$P_{\text{adm-pistón}}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} * 0.23 \text{ kg} * (0.05 \text{ m})^2 * \left(188.514 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}\right)^2 + 0.37 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 * 0.24 * 0.1 \text{ m}}{0.0075 \text{ m}^2 * 0.1 \text{ m}}$$

$$P_{\text{adm-pistón}} = 136,343 \text{ kpa}$$

c) Cálculo de la velocidad del aire de salida

$$Q = V * A$$

Dónde:

$$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{seg)}$$

$$V = \text{Velocidad (m/seg)}$$

$$A = \text{Área del conductor (m}^2\text{)}$$

$$Q = 0,24 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 0,004 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$A = 9,65 \text{ mm}^2 = 0,1 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = 0,04 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

d) Cálculo de consumo de potencia del compresor

$$Pot = Q * P$$

$$P_2 = 551,58 \text{ kpa} = 551580 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$Pot = 0,004 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * 551580 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$Pot = 220,63 \text{ W}$$

e) Cálculo del tiempo del aire comprimido en el depósito de almacenamiento a presión baja

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$0,004 \frac{m^3}{seg} = \frac{0,019 m^3}{t}$$

$$t = 4,75 \text{ seg}$$

f) Cálculo de temperatura, presión, caudal y tiempo de autonomía en el tanque de almacenamiento de alta presión

Tabla 1 Especificaciones depósito de alta presión.

CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES
Capacidad del tanque de aire	2 m ³
Presión de almacenamiento	13789,52 kpa
Altura	0,66 m
Diámetro	0,18 m
Presión de salida	827,37 kpa

g) Cálculo del tiempo de autonomía del aire comprimido en el depósito de almacenamiento a presión alta

$$V * P = Lr$$

Dónde:

V= Volumen del recipiente (lt)
P= Presión (bar)
Lr= Litros reales en el recipiente

Y se obtiene que:

$$V_{rec} = 2 m^3 = 2000 \text{ lt}$$

$$P_{int} = 100 \text{ PSI} = 6,89 \text{ bar}$$

$$V_{real} = 2000 * 6,89 = 13600 \text{ lt}$$

$$\frac{Vr}{Ca} = Ma$$

Dónde:

Vr= Volumen real de oxígeno (lt)

Ca= Consumo de aire (lt/min)

Ma= Minutos de autonomía

$$\text{Consumo de aire} = 0,96 \frac{m^3}{min} = 962 \frac{lt}{min}$$

$$t_{autonomía} = 13600/962$$

$$t_{autonomía} = 14 \text{ min}$$

V. DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO EN EL PROGRAMA CAD FLUIDSIM

El diseño del sistema neumático permite:

1. Generar aire comprimido por medio de un compresor y almacenarlo en el depósito de baja presión hasta que este tenga la cantidad de 689,48 kpa.
2. El tanque de alta presión aportara con una cantidad de 689,48 kpa para mantener la presión constante que va a ser suministrada en el actuador neumático.
3. La válvula reguladora de presión limitara la cantidad de presión que saldrá del tanque de alta presión.
4. En la "T" se unirán las dos presiones (tanque de baja presión/tanque de alta presión).

5. Por medio de la electroválvula se controla el paso del aire comprimido al motor neumático.
6. El motor neumático es el actuador que recibe el aire comprimido para generar tracción.

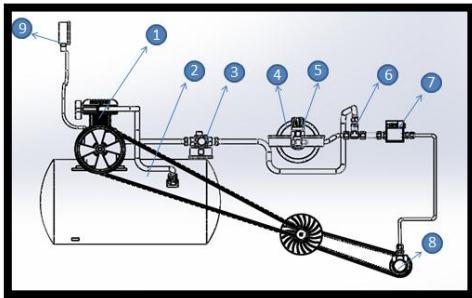


Figura 4. Sistema Neumático-SolidWorks 2014.

a) Actuador neumático

Tabla 3. Características llave de impacto CL1502.

CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES
Torque operativo	54.23-406.7 Nm
Torque Máximo	677 Nm
Consumo de aire promedio	0,14 m ³ /min
Consumo de aire continuo	0,81 m ³ /min
Tamaño mínimo de manguera	9,65mm

Fuente: CAMPBELL HAUSFELD. (2008)

b) Electroválvula MFH-3-1/4-EX

Tabla 4. Características y propiedades de la electroválvula MFH-3-1/4-EX.

CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES
-----------------	-------------

Función de las válvulas	3/2 cerrada monoestable
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Caudal nominal normal	0,5 m ³ /min
Presión de funcionamiento	151,68 ... 799,79 kpa
Sentido de flujo	No reversible
Fluido	Aire comprimido
Peso del producto	0,24 kg
Temperatura de Almacenamiento	-4 ... 333,15 °k
Temperatura del medio	268,15 ... 313,15 °k
Temperatura ambiente	278,15 ... 313,15 °k

Gracias al programa FLUID-SIM 5, se simuló la trayectoria del flujo de aire por todo el sistema partiendo desde el momento de la carga en la cabeza del compresor hasta complementar en el accionamiento del motor neumático de paletas, como se muestra en figura 5.

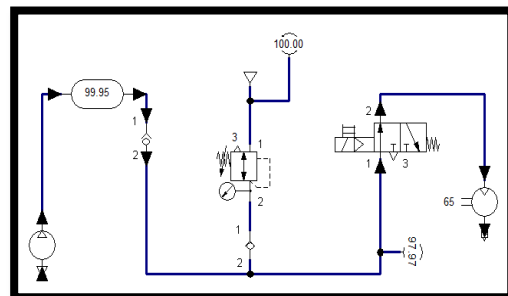


Figura 5. Sistema Neumático-FluidSim 5.

VI. DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO

En el diagrama de la figura 3.19 se observa de manera general el diseño electrónico del sistema de control, realizado en el programa de simulación PROTEUS.

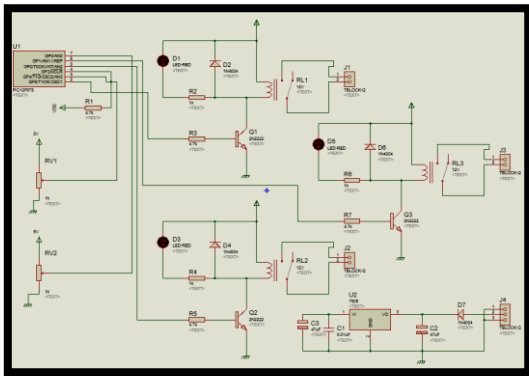


Figura 6. Diagrama general del sistema de control electrónico.

VII. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DEL PROTOTIPO

El modelado del diseño mecánico de las partes y elementos que conforman el prototipo de motocicleta con motor de aire comprimido se lo realizó en el software SOLIDWORKS 2014.

a) PARÁMETROS DE DISEÑO DEL PROTOTIPO

Tabla 5. Datos técnicos motocicleta.

JIANSHE- JS125 T -8			
Desplazamiento	125 ml	Distancia entre ejes	1255 mm

Diámetro por carrera	51.5X60.0mm	Distancia al suelo	110 mm
Relación de compresión	9.5:1	Peso en seco	111 Kg
Fuerza	61,44 Nm (7500 RPM)	Max. Carga	150 Kg
Torque	8.3 Nm (6000 RPM)	Capacidad de combustible	5.4 Lt

a) SELECCIÓN DEL TIPO DE CORREA

$$P = \frac{n * T}{973.8}$$

$$P = \frac{600 * 0.83}{973.8}$$

$$P = 5,11 \text{ kw}$$

$$P = 6,85 \text{ HP}$$

$$P_c = P * K$$

$$P_c = 6.85 * 1.2$$

$$P_c = 8.22 \text{ HP}$$

Con el valor obtenido de 8.22 HP a 6000 rpm, se verificó en la Figura 2.36 y se obtuvo que la correa necesaria para implementar en el sistema es una correa trapezoidal de sección A, la correa Dayco 17660 cumple con estas características.

VIII. DISEÑO DE ELEMENTOS MECÁNICOS

Según los datos de torque y potencia de la tabla 5 que proporciona el motor de cuatro tiempos, se procedió a realizar el

cálculo de los diferentes elementos mecánicos en la motocicleta.

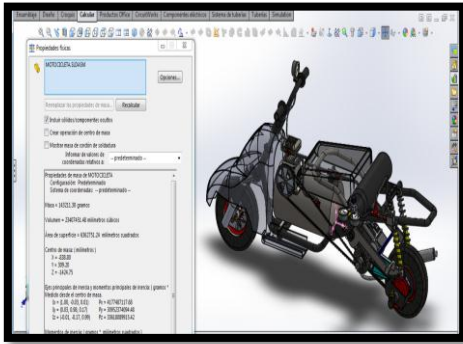


Figura 7. Peso de la motocicleta, centro de gravedad.

a) DETERMINACIÓN DEL CENTRO DE MASA

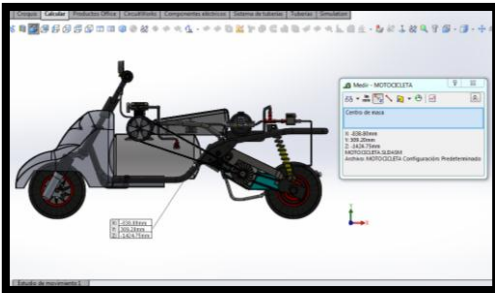


Figura 8. Determinación del centro de masa de la motocicleta.

b) DISTANCIAS DE LOS EJES DELANTERO Y POSTERIOR

- Respecto al centro de masa

La figura 9 muestra la distancia de eje a eje en la motocicleta y la distancia existente desde el centro de masa hacia cada uno de los ejes.

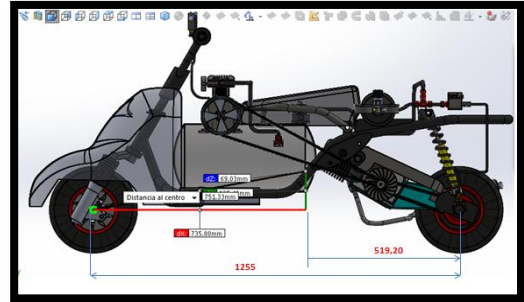


Figura 9. Distancia entre ejes.

Tabla 6. Distancia de los ejes con respecto al centro de masas.

DISTANCIA AL CENTRO DE MASAS	
Distancias de CG al eje Delantero	735.8 mm
Distancias de CG al eje Posterior	519.2 mm
Distancia mínima entre ejes (Batalla)	1255

IX) DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN EL VEHÍCULO

a) Determinación de carga muerta

Tabla 7. Elementos carga muerta.

CARGA MUERTA	MASA (kg)
Chasis tubular	110 Kg
Transmisión	
Carrocería	
Llanta y frenos	
Suspensión	
Dirección	

Sistema eléctrico	
Pedales y sistemas de cambios	
Sistema neumático	32.11 Kg
Total:	143.211 Kg

- **Fuerza generada por carga muerta**

$$F_{cm} = m_{cm} * a$$

$$F_{cm} = 143.211 * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{cm} = 1403.46 N$$

- **Fuerza bajo un factor crítico**

$$F_{cm(30\%)} = F_m + 0.3(F_m)$$

$$F_{cm(30\%)} = 1403.46 N + 0.3(1403.46 N)$$

$$F_{cm(30\%)} = 1824.50 N$$

b) Determinación de carga viva

Tabla 8. Elementos que conforman la carga viva.

CARGA VIVA	MASA (kg)
Persona promedio del 95% percentil (75 Kg X 1)	75
Motor mono cilíndrico 2 tiempos	30
Total	105 kg

- **Fuerza generada por cargas vivas**

$$F_{cv} = m * a$$

$$F_{cv} = 75kg * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{cv} = 735 N$$

- **Fuerza bajo un factor crítico**

$$F_{cv(30\%)} = F_{cv} + 0.3(F_{cv})$$

$$F_{cv(30\%)} = 735 N + 0.3(735 N)$$

$$F_{cv(30\%)} = 955.5 N$$

c) Determinación de la carga total

$$\sum \text{Carga muerta} + \text{Carga viva} = \text{Carga total}$$

$$\sum(143.211 + 75)kg = 218.2 kg$$

$$m_t = 218.2 kg$$

d) Determinación de la fuerza total

$$F_t = F_{cv(30\%)} + F_{cm(30\%)}$$

$$F_t = (1824.50) + (955.5)$$

$$F_t = 2780 N$$

e) Cálculo del torque necesario

$$T_n = R * F$$

Dónde:

T_n =Torque necesario

R = Radio de la llanta

F = Fuerza de empuje

Se utiliza llantas de 16 in de diámetro, es decir, $R=0,203m$

$$Tn = (0,203m) * (2780N)$$

$$Tn = 560 Nm$$

X) DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

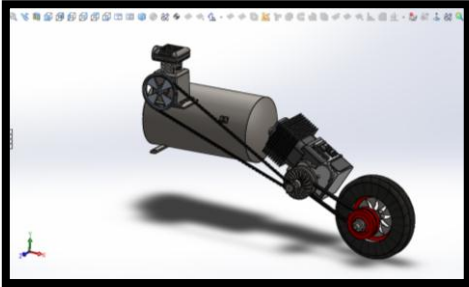


Figura 10. Sistema de tracción.

a) Cálculo del acople del motor

Tabla 9. Potencia y torque vehículo dos ruedas.

JIANSHE- JS125 T -8			
Max. Poder	6.1 Kw (7500 RPM)	Max. Carga	150 Kg
Máx. fuerza de torsión	8.3 Nm (6000 RPM)	Capacidad de combustible	5.4 Lt

Como primer punto se estableció un D.C.L, para determinar las fuerzas que están inmersas en el mecanismo. Como se muestra en la figura 11.

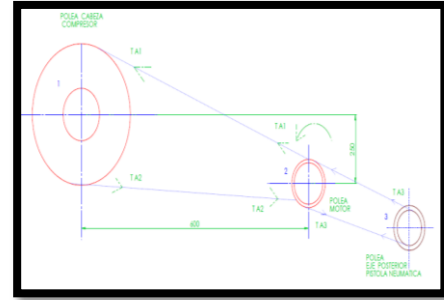


Figura 11. DCL. Sistema de tracción.

XI) DISEÑO DEL BASTIDOR

a) Peso elementos de motocicleta

Tabla 10.2 Masas totales aplicadas sobre el bastidor.

ELEMENTO	(kg)
Masa total en el eje delantero	127.92
Masa total en el eje posterior	90.27
Masa suspendida eje delantero	95.68
Masa suspendida eje posterior	67.51

XII) SIMULACIÓN DEL DISEÑO

a) Análisis de esfuerzos en SOLIDWORKS



Figura 12. Fijaciones en el chasis tubular- motocicleta.

XIII) ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

a) Análisis del acople del motor

- Base

La mayor fuerza generada se produce al tener el mayor régimen del motor de cuatro tiempos de la motocicleta.

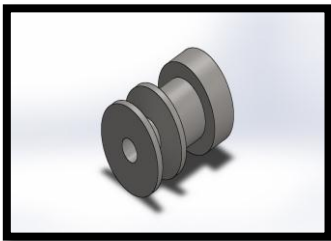


Figura 13. Acople eje motor Motocicleta.

Tabla 11. Parámetros de simulación.

Object Name	TORSION DEL MOTOR	TORSION BANDA 1	TORSION BANDA 2
Magnitud	8.3 Nm	742.8Lbf-pul	760.8 Lbf-pul

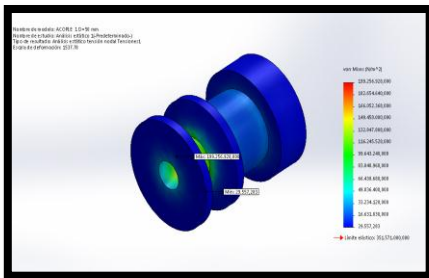


Figura 14.1 Análisis acople eje motor, Análisis estático-Tensiones.

La figura 14 muestra el análisis estático de tensiones realizado en el acople. La tabla 12 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 12. Parámetros de Análisis.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones 1	VON:	29557.	
	Tensión de von Mises	3	1.99257e+008 N/m ²
	Nodo:	3998	Nodo: 54

El esfuerzo máximo se produce en la parte central del eje que se encuentra acoplado a la banda de sincronización, con un valor de 199 Mpa ubicado en el nodo 54, el cual se encuentra por debajo del límite de fluencia que ofrece el material empleado (351 MPa).

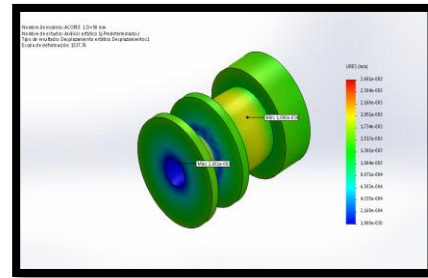


Figura 15. Análisis de desplazamientos acople motor.

La tabla 13 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 13. Deformación acople motor (Análisis estático).

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazam	URES:	1.303	0.0005

ientos1	Desplaza miento resultante	26e- 007 Elem ento: 2346	8072 Eleme nto: 2266
---------	----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------

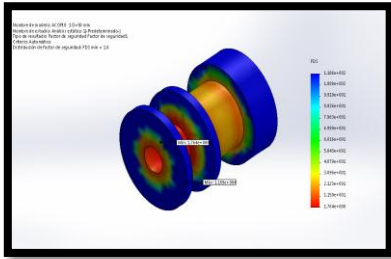


Figura 16. Análisis factor de seguridad.
La parte frontal del acople del eje del motor, ofrece un factor de seguridad mínimo de 1.4 el cual es apropiado bajo cargas estáticas que plantea un escenario de simulación en condiciones extremas, aseverando que el acople, es muy confiable en todos sus puntos. Como se muestra en la figura 16.

XIV) ANÁLISIS POLEA CONDUCTIDA - CABEZA DEL COMPRESOR

a) Polea cabeza del compresor

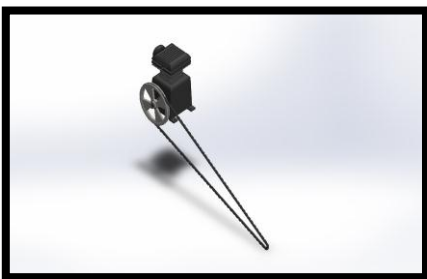


Figura 17. Polea cabeza del compresor.

La tabla 14 muestra los valores que se aplicaran en la cabeza de compresor para realizar la simulación.

Tabla 14. Parámetros de simulación cabezote de compresor.

Object Name	TORSION DEL MOTOR	TORSION BANDA 1
Magnitud	9.72 Nm	742.8Lbf-pul

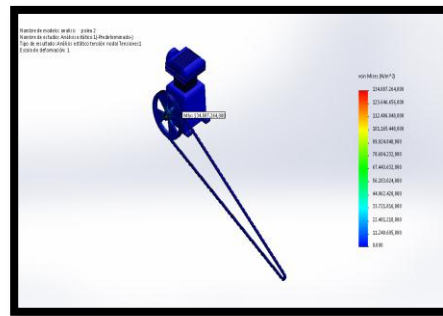


Figura 18. Análisis eje y polea cabeza de compresor, Análisis estático-Tensiones.

La tabla 15 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 15. Parámetros de Análisis cabezote de compresor.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON:	0	1.34887e+008
	Tensión de von	N/m ²	N/m ²
	Mises	Nodo: 22653	Nodo: 39

El esfuerzo máximo se produce en el eje d, con un valor de 134 Mpa ubicado en el nodo 39, el cuál se encuentra por debajo del límite de fluencia que ofrece el material empleado (661 MPa).

La figura 19 muestra el análisis de desplazamientos realizado en la polea.

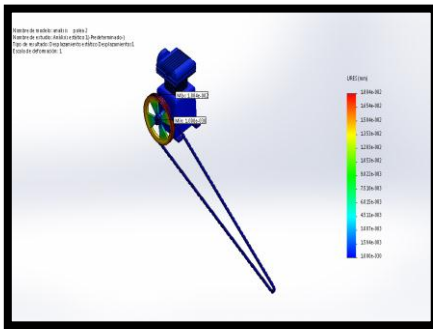


Figura 19. Análisis de desplazamientos polea. Eje cabeza motor.

La tabla 16 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 16.3 Deformación polea-cabeza de compresor (Análisis estático)

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 Elemento: 13083	0.0012 6024 Elemento: 4213

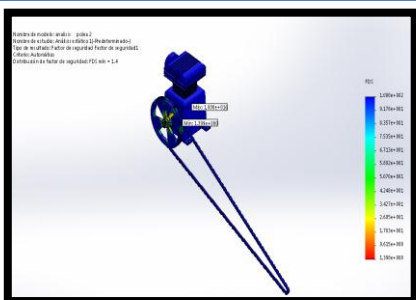


Figura 20. Análisis factor de seguridad.

Gracias a la parte gráfica del SOLIDWORKS es evidente que la parte con mayor concentración de esfuerzos es el eje del motor, y consecuentemente

ofrece un factor de seguridad mínimo de 1.4 el cual se encuentra dentro de lo permisible. Como se muestra en la figura 20.

XV) PRUEBAS Y RESULTADOS

a) Velocidad máxima y distancia total recorrida con el sistema híbrido

La distancia total recorrida por la motocicleta con el sistema híbrido de propulsión, a una velocidad de 15 km/h y con el peso de una persona promedio de 70 kg, fue de 1700 m, durante 10 minutos en una superficie plana.



Figura 21. Pruebas con la motocicleta híbrida.

b) Análisis de resultados

En las pruebas realizadas a la motocicleta con sistema híbrido se obtuvo

los siguientes resultados, que se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Resultados obtenidos.

PRESIÓN (PSI)	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)
2000	10.0	1700
1800	9.0	1530
1600	8.0	1360
1400	7.0	1190
1200	6.0	1020
1000	5.0	850
800	4.0	680
600	3.0	510
400	2.0	340
200	1.0	170
0	0.0	0

XVI) CONCLUSIONES

- Se convirtió un scooter con motor de combustión interna de cuatro tiempos y 125 centímetros cúbicos, en una motocicleta con sistema híbrido, aire comprimido con depósitos de almacenamiento de alta y baja presión – combustión interna, para la movilidad.

- La implementación del actuador neumático con un torque máximo de 677 Nm al reductor de velocidad de la rueda posterior del Scooter, ayudó a generar la tracción necesaria para dar movimiento a la motocicleta.

- Se determinó que la presión inicial que genera el cabezote de compresor es

136,34 kpa y la presión final es 551,58 kpa.

- Se determinó que con una velocidad de salida del aire de 0,04 m/s y un caudal de 0,004 m³/s se obtiene una potencia en el compresor de 220,63 vatios.

- Se determinó que cada minuto se consume una presión de 1378,95 kpa de los depósitos de almacenamiento, lo que nos da una autonomía teórica de 10 minutos con el sistema de propulsión híbrido.

- Se determinó que la distancia total que recorre la motocicleta con el sistema de propulsión híbrido es de 1700 metros con una presión de almacenamiento total de 13789,52 kpa.

- Se determinó que mientras mayor peso tenga la motocicleta mayor presión se necesita para generar tracción.

XVII) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Budynas, R. G. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica de Sigley. México, D.F.: McGRAW-HILL.
- Córdor, N. (2005). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TECTOR DE PRESIÓN Y RECARGA DE NEUMÁTICOS. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas.

- DUNLOP. (2010). Correas de transmisión industrial. Buenos Aires: DUNLOP ARGENTINA S.A.
- Festo Didactic. (2010). Neumática, Electroneumática Fundamentos. Berlín: FESTO DIDACTIC.
- INACAP, (2002). Manual de Hidráulica y Neumática. Santiago de Chile: Universidad Tecnológica de Chile.
- Molina, J. (2009). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE POTENCIA NEUMÁTICO PARA ACOPLARLO A UNA BICICLETA COMERCIAL. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Mott, R. (2006). DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS. México, D.F.: PEARSON EDUCACIÓN.
- Suntaxi, C. (2014). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE DIRECCIÓN PARA UN VEHÍCULO TRIMOTO. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Vergara, P. (2011). MODELADO, ANALISIS Y SIMULACIÓN DE UN CHASIS DE MOTOCICLETA. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.
- William H. Crouse, D. L. (1992). Mecánica de la motocicleta. Barcelona: MARCOMBO, S.A.

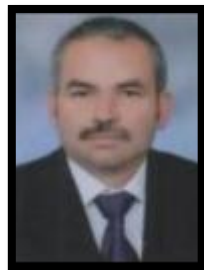
BIOGRAFÍA



Bladimir Vargas, nació el 15 de noviembre de 1988 en la ciudad de Machachi-Ecuador, realizó estudios de bachillerato en Informática en el Colegio Militar N° 10 “Abdón Calderón”, posteriormente realizó sus estudios de tercer nivel en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Latacunga, en la carrera de Ingeniería Automotriz, actualmente presta sus servicios profesionales en asesoramiento en sistemas automotrices.



Ing. Leonidas Quiroz, nació en Latacunga provincia de Cotopaxi. Es Ingeniero Automotriz, Magister en Gestión de Energías, Diplomado Superior en Autotrónica, Diplomado Superior en Gestión del Aprendizaje Universitario, Docente Tiempo Completo del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Latacunga, Training IB ECUADOR CIA. LTDA, Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica-electrónica aplicada al automóvil, Gestión de tiempo y certificación de asesores de servicio para mantenimiento automotriz.



Ing. Guido Torres, nació en Alausi provincia de Chimborazo. Se graduó como Ingeniero Mecánico en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Ecuador y cuenta con un Magister en Docencia y Administración Educativa en la Universidad Tecnológica Indoamerica de Ambato-Ecuador, Magister en Gestión de Energía en la Universidad Técnica de Cotopaxi, actualmente se desempeña como docente del Departamento de ciencias de la Energía y Mecánica, en el área de Diseño y Mecánica Computacional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga.