

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA MAESTRÍA DE DISEÑO MECÁNICO

Sistema de control inteligente para el funcionamiento del sistema de aire acondicionado de un vehículo liviano.

Autores:

Ing.: Juan Carlos Rocha M.sc.

Ing.: Cristóbal Villagómez



Quito, Marzo 2019

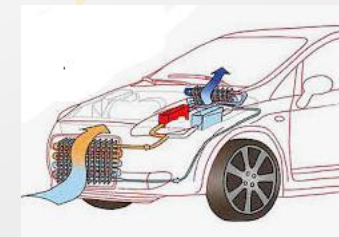
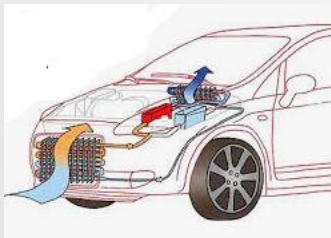
INTRODUCCIÓN

Sistema de Control Inteligente

- Mejora el funcionamiento de cualquier componente del vehículo.
- Prometedor para el desarrollo a gran escala de sistemas automatizados.

Aplicación del modelo matemático "Método de los volúmenes finitos"

- Efectividad en el enfriamiento.
- Temperaturas óptimas.
- Bajo consumo de combustible.
- Desarrollar sistemas que no ocasionen daños ambientales.



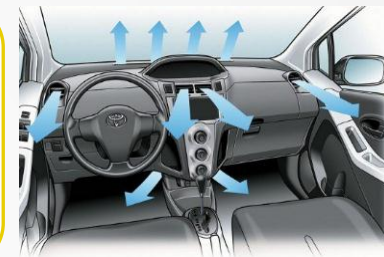
OBJETIVO GENERAL

Establecer un sistema de control inteligente, a través de un modelo matemático basado en el método de volúmenes finitos y simulación numérica, para mejorarse el consumo de combustible y el funcionamiento del sistema de aire acondicionado de un vehículo liviano..

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

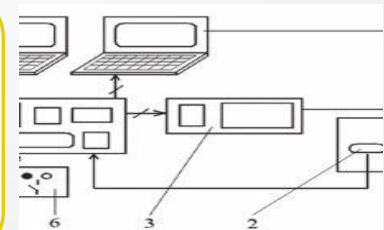
1

- Establecer un sistema de control inteligente, a través de estrategias que automatizan el sistema, para optimizarse el funcionamiento de A/C de un vehículo.



2

- Aplicar un modelo matemático basado en el método de volúmenes finitos, mediante el análisis de Fourier, que permita controlarse el correcto funcionamiento del A/C.



3

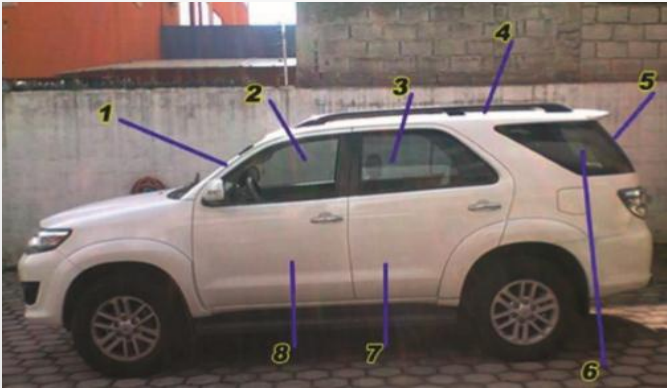
- Comparar los resultados del sistema de control inteligente con el sistema de aire acondicionado de un vehículo Toyota, Modelo Fortuner, año 2012.



MÉTODOS EXPERIMENTALES

DESCRIPCIÓN DEL VEHÍCULO

Modelo TOYOTA Fortuner 2012	
Dimensiones	Medidas
Largo mm	4.795
Ancho mm	1.855
Alto mm	1.835
Distancia entre ejes mm	2.745
Peso bruto vehicular kg	2.620
Capacidad tanque de combustible	80 lt (20 gl)
Capacidad de pasajeros	7



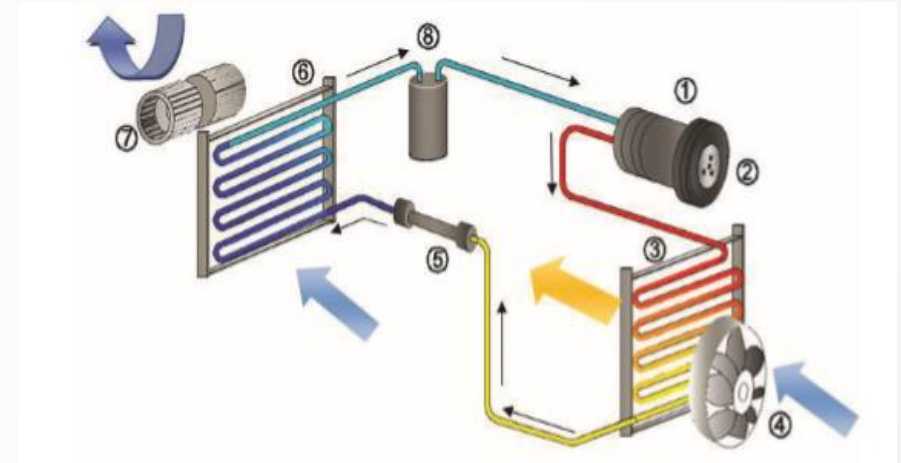
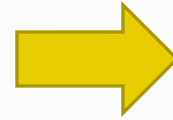
Componente del vehículo	Metros cuadrados (m²)	Número	Total
Área lateral	2,945	2	5,89
Área del techo	2,445	1	2,45
Área trasera	1,018	1	1,02
Parabrisas delantero	0,824	1	0,824
Parabrisas trasero	0,356	1	0,356
Ventana lateral delantera	0,263	2	0,526
Ventana lateral media	0,246	2	0,492
Ventana lateral posterior	0,035	2	0,07

Toyota, modelo Fortuner del 2012, modelo basado en la Toyota Hilux 4x4 y equipado con una cilindrada de 2,7 y un motor de 160 HP, con cambios manuales.

Sistemas de aire acondicionado del vehículo (*Toyota Fortuner*)

Componentes

Compresor
Evaporador
Acumulador
Condensador
Válvula de expansión.



Sistema para la distribución de aire en
cabina con diferentes salidas.



Cargas térmicas en la cabina

$$Q = U A \Delta T$$

Ley de Fourier de la conducción de calor para calcular la velocidad del flujo de conducción

Calor que ingresa al interior del vehículo por radiación solar a través del parabrisas frontal y trasero, ventanas laterales

$$Q = R * A$$

R = Aportación del vidrio al medio día e igual a 800 W/m²K
A = área del vidrio a estudiar.

Cálculo de la velocidad

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_{1,2}$$

Ecuación de bernoulli

Validación de datos en MATLAB - Programación



$$Q_{total\ térmica} = 3129,5\ W$$

Temperatura interna de la cabina

$$T_i = 27,2\ ^\circ C$$

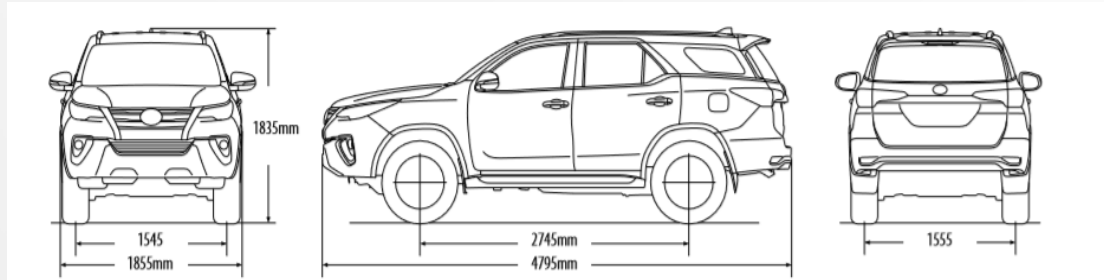
Velocidad de entrada de aire

$$V_1 = 4,34\ \frac{m}{s}$$

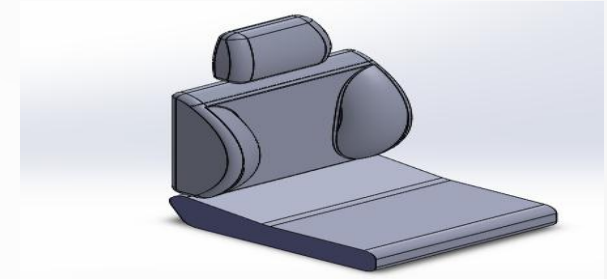
Velocidad de aire en cabina a diferentes presiones de entrada

Psi	P Pa	V ₂ m/s
35	241317	512,22
50	344738	649,88
80	551581	861,87
125	861845	1105,5

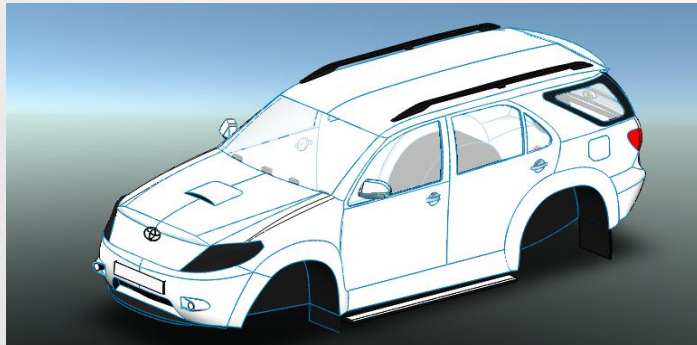
Diseño del automóvil en Solidworks



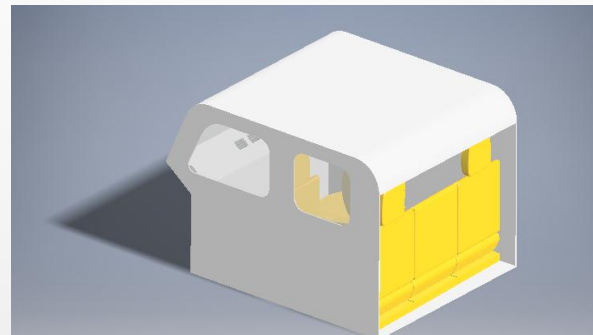
Medidas de las Toyota Fortuner 2012



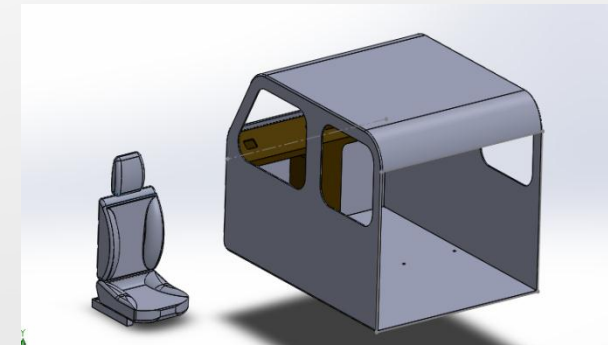
Butaca



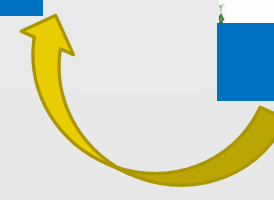
Toyota dibujado en Solidworks



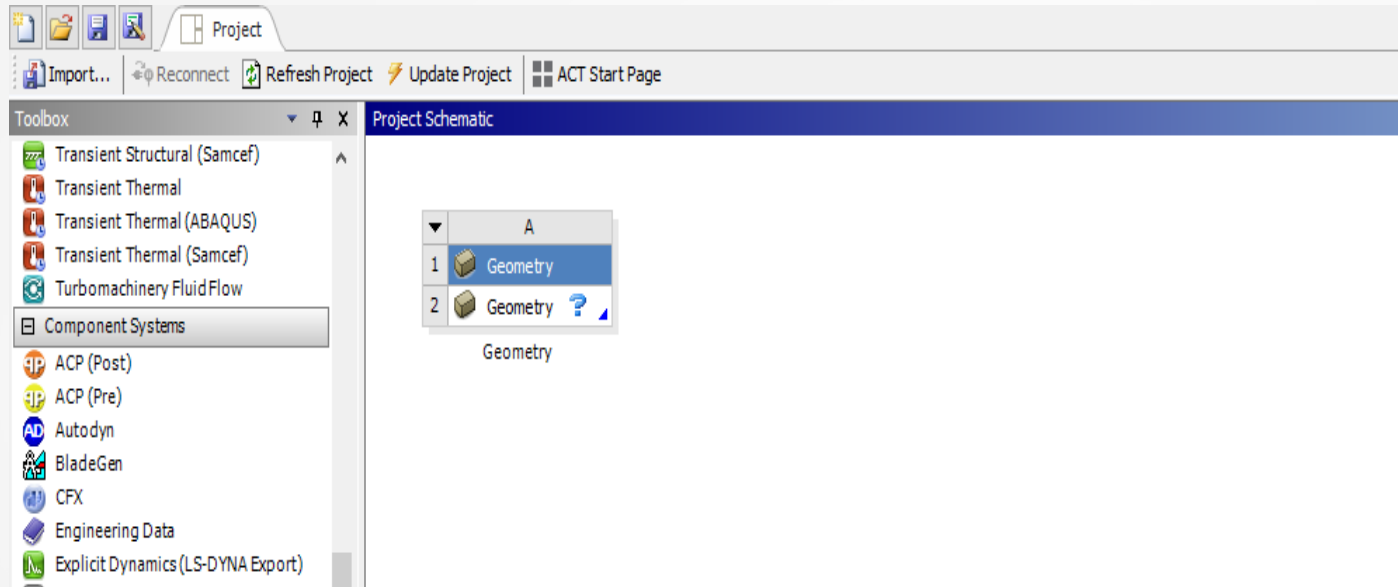
Ensamblaje final de la Cabina



Cabina y Butaca

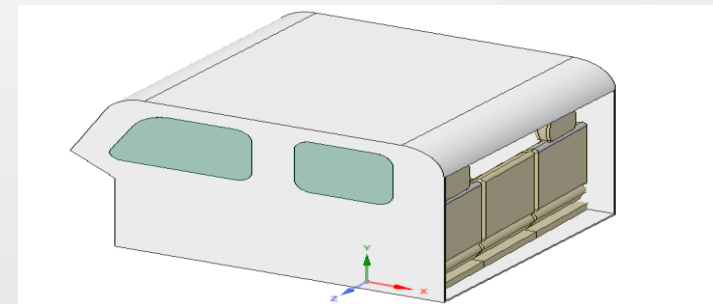


Simulación del sistema de aire acondicionado



Workbench de Ansys 18

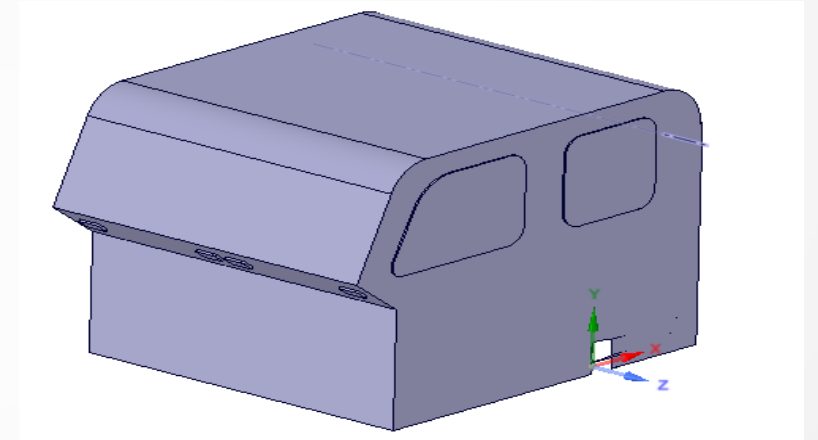
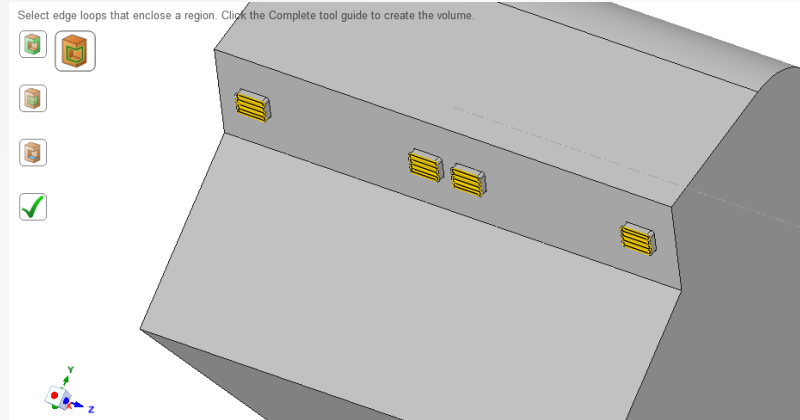
Para iniciar la simulación
se debe cargar el sólido
en la ventana **Workbench
de Ansys 18**



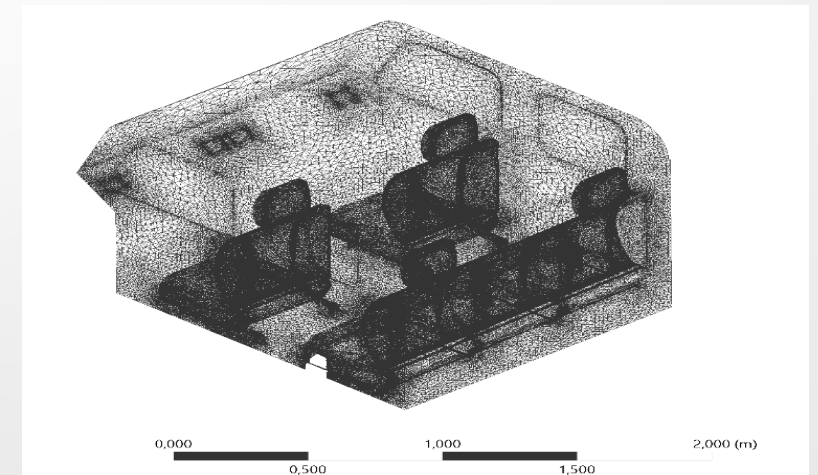
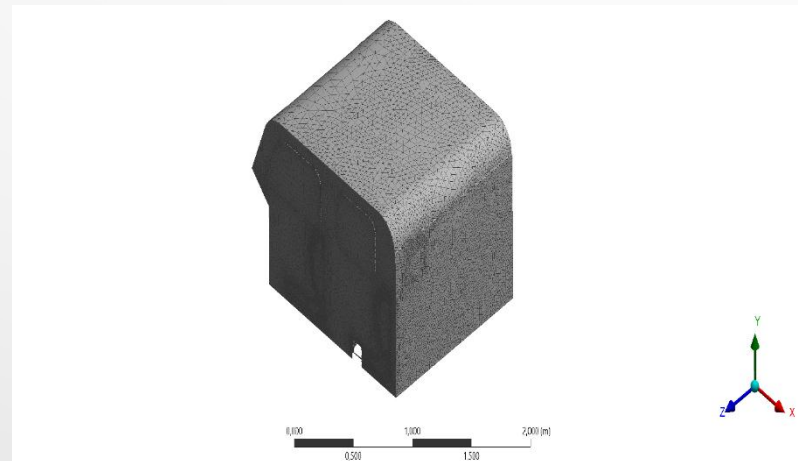
Sólido Exportado

Análisis CFD

**Extracción
del Volumen**

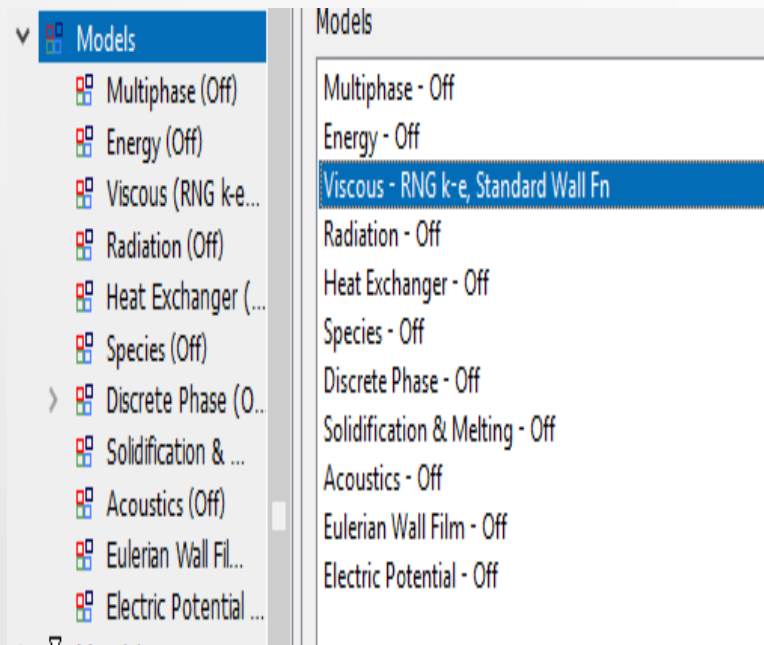


**Mallado del
volumen de
Control**

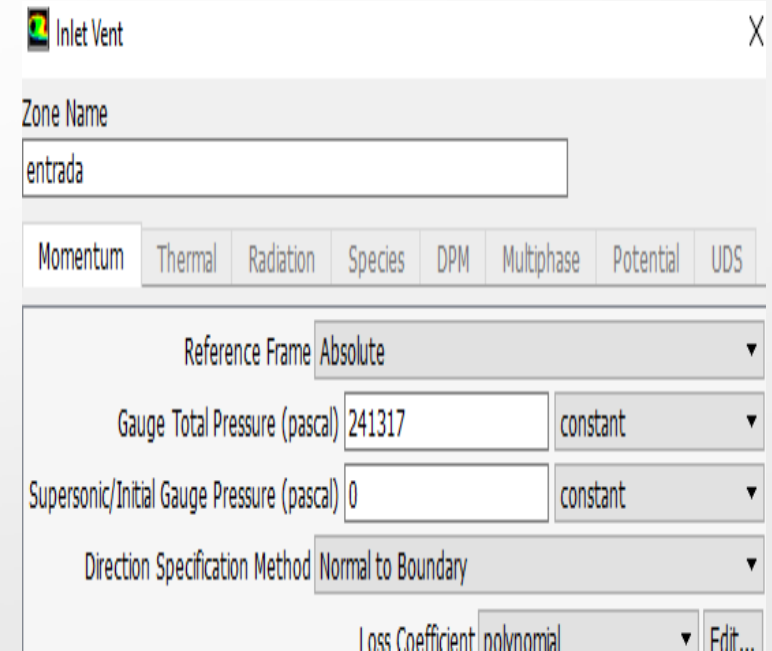


Consideraciones para la simulación

Flujo de aire por la cabina
Ingreso Forzoso
TURBULENTO

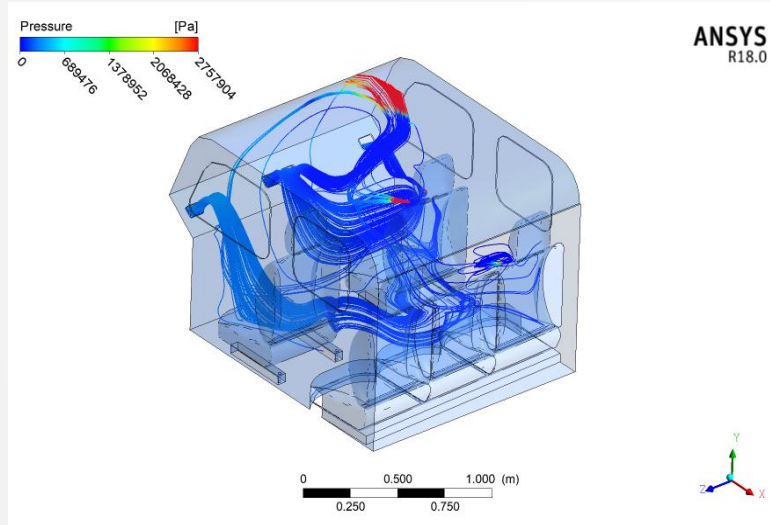


Condiciones de borde
Presión más baja: 35PSI
Presión más alta: 125 PSI

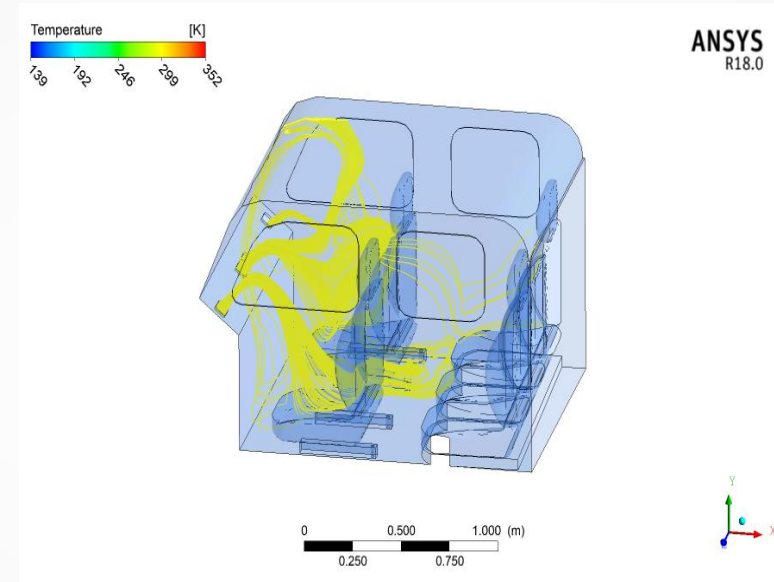


RESULTADOS PARA 35 PSI

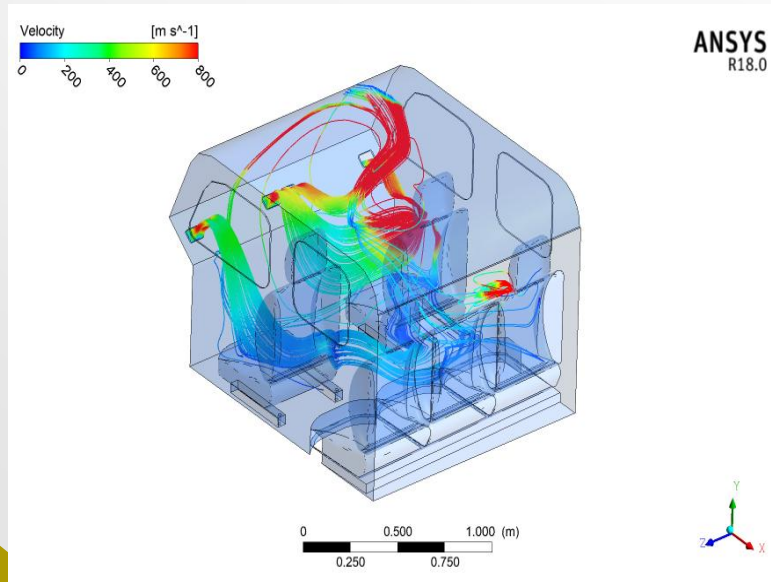
PRESIÓN DE ENTRADA A LA CABINA



TEMPERATURA EN LA CABINA $T = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$



VELOCIDAD DEL AIRE



TEMPERATURA EN LA CABINA

$T_i =$
 27.2033

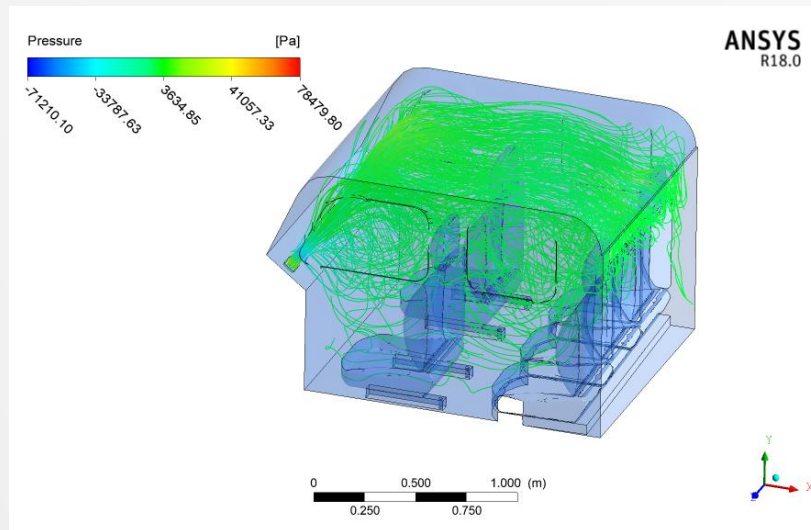
VELOCIDAD DE SALIDA DEL AIRE

$V_{235} =$
 512.2209

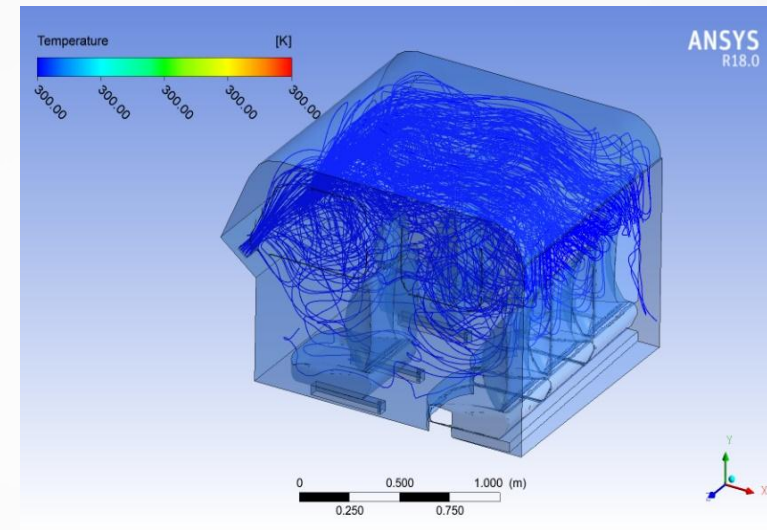
RESULTADOS CON
MATLAB

RESULTADOS PARA 50 PSI

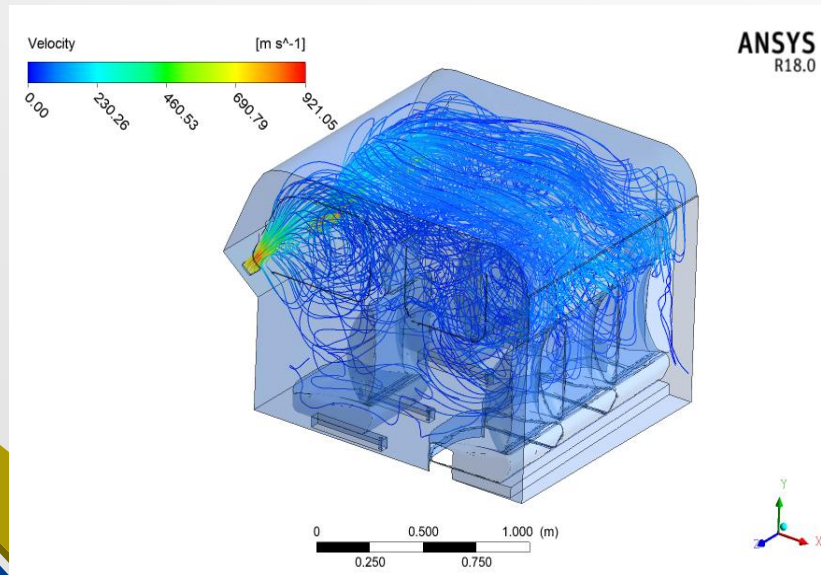
PRESIÓN DE ENTRADA A LA CABINA



TEMPERATURA EN LA CABINA $T = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$



VELOCIDAD DEL AIRE



TEMPERATURA EN LA CABINA

$T_i =$

27.2033

VELOCIDAD DE SALIDA DEL AIRE

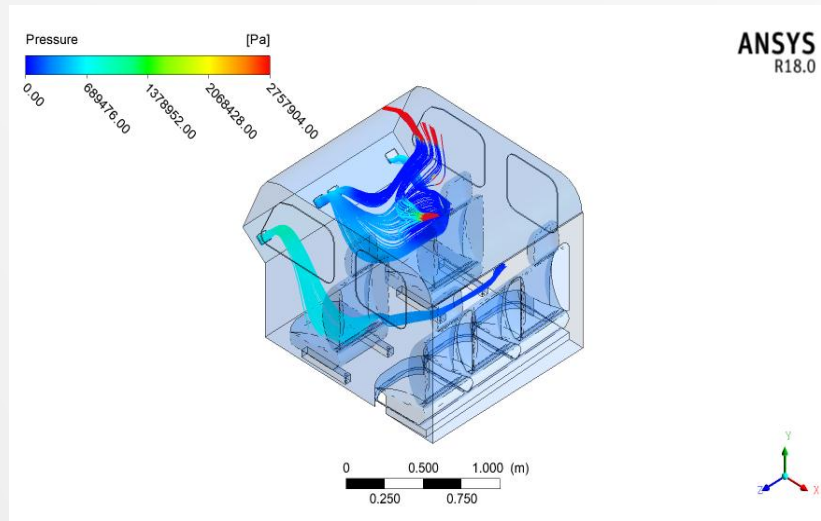
$V_{250} =$

649.8814

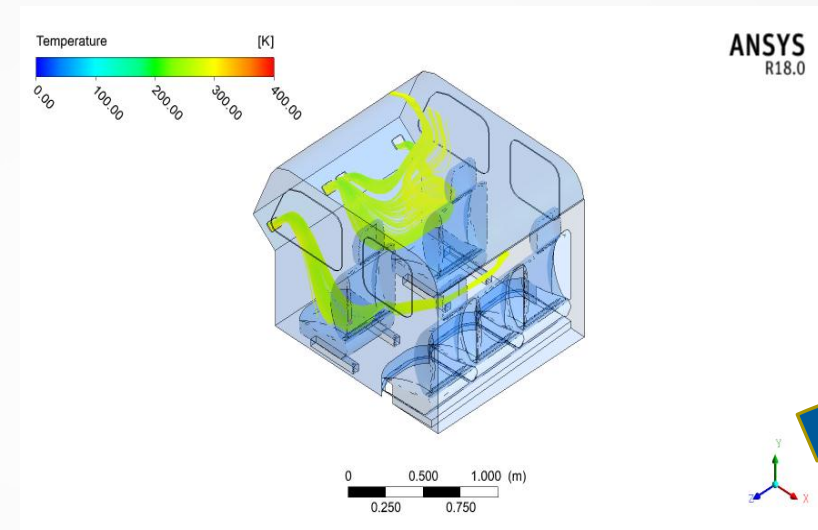
RESULTADOS CON
MATLAB

RESULTADOS PARA 80 PSI

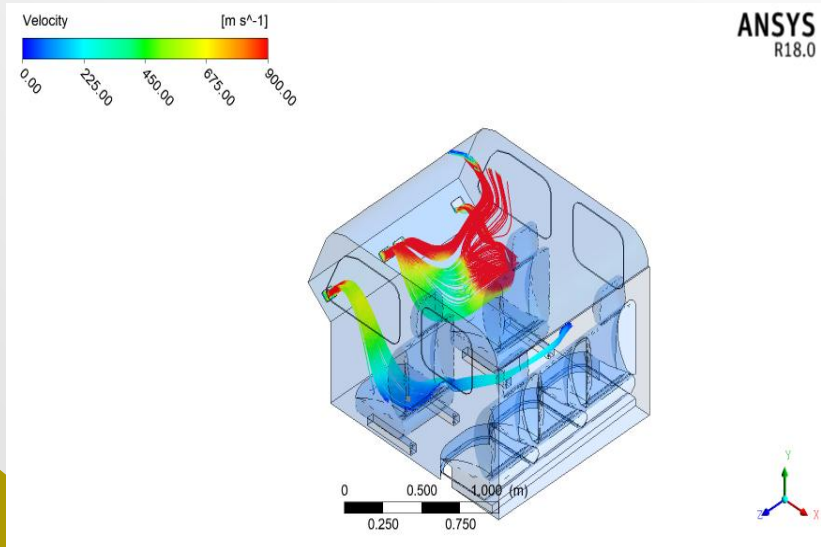
PRESIÓN DE ENTRADA A LA CABINA



TEMPERATURA EN LA CABINA $T = 27^{\circ}\text{C}$



VELOCIDAD DEL AIRE



TEMPERATURA EN LA CABINA

$T_i =$

27.2033

VELOCIDAD DE SALIDA DEL AIRE

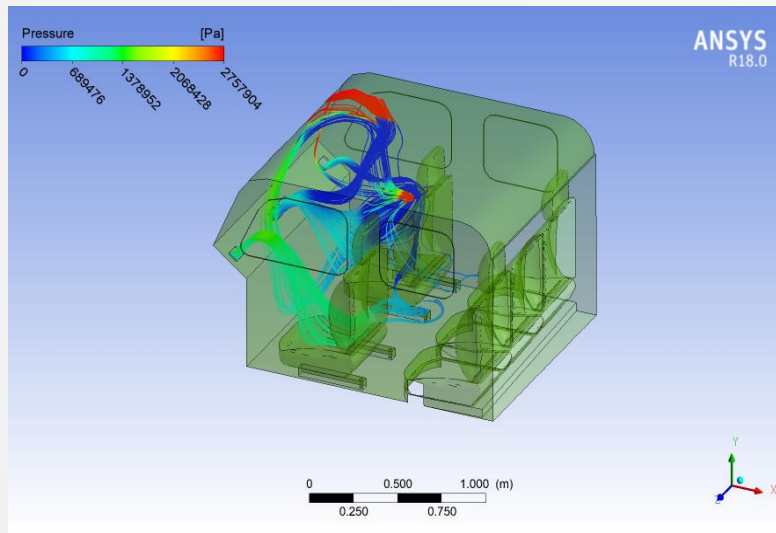
$V_{280} =$

861.5676

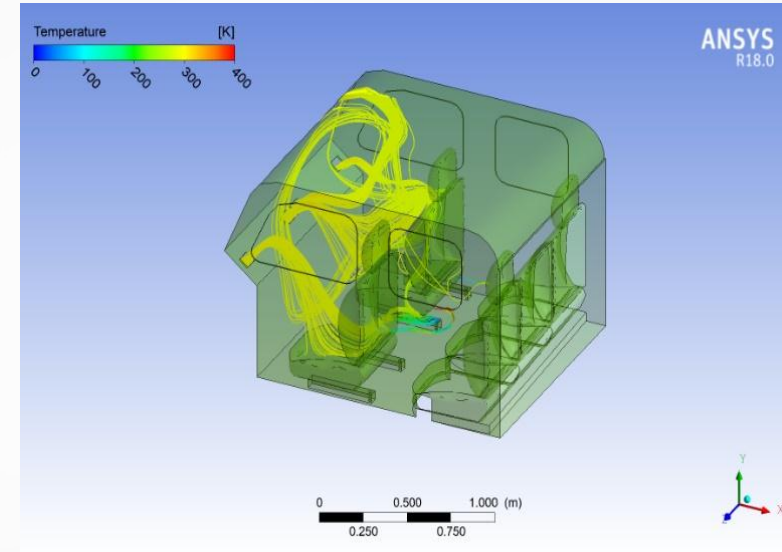
RESULTADOS CON
MATLAB

RESULTADOS PARA 125 PSI

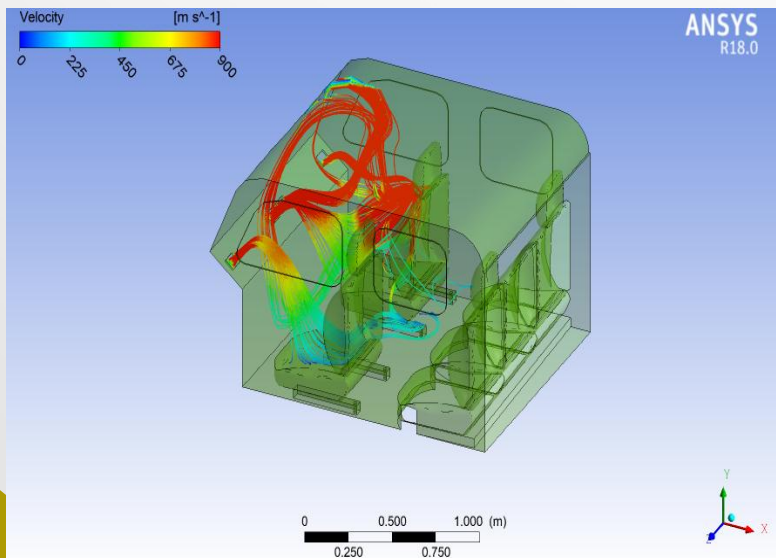
PRESIÓN DE ENTRADA A LA CABINA



TEMPERATURA EN LA CABINA $T = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$



VELOCIDAD DEL AIRE



TEMPERATURA EN LA CABINA

$T_i =$

27.2033

VELOCIDAD DE SALIDA DEL AIRE

$V_{2125} =$

1.1055e+03

RESULTADOS CON
MATLAB

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

	Coordenadas			Temperatura	Velocidad	Presión
Puntos	x	Y	z	C	m/s	MPa
1	0.416638	0.053834	-0.82027	25,87	51,06	-217,25
2	0.394048	0.206203	-0.33981	25,45	65,29	-218,96
3	0.337783	0.490174	-1.04881	23	198,16	-224.64

35 PSI

	Coordenadas			Temperatura	Velocidad	Presión
Puntos	x	Y	z	C	m/s	MPa
1	0.3374	0.3066	-0.3650	26,85	419	160,65
2	0.3086	0.7111	-0.5898	28	537	145,6
3	0.3376	0.6706	-0.4197	27,02	334	-221,50

50 PSI

	Coordenadas			Temperatura	Velocidad	Presión
Puntos	x	Y	z	C	m/s	MPa
1	0.3530	0.2696	-0.066	19,85	419	113,64
2	0.3498	0.3297	-0.1589	27,05	537	90,75
3	0.3331	0.4547	-0.6047	28,3	334	-29,46

80 PSI

	Coordenadas			Temperatura	Velocidad	Presión
Puntos	x	y	z	C	m/s	MPa
1	0.313179	0.295777	-1.0830	26,85	331,02	112,64
2	0.313179	0.295777	-0.5481	26,87	440,85	112,64
3	0.318732	0.428468	-0.9345	26,86	640,85	110,37

125 PSI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Pruebas en Quito con y sin aire acondicionado

A/C	MSNM	Humedad relativa (%)	Sensación térmica (°C)
Con A/C	2800	62,17	27,06
Sin A/C	2800	47,50	18,97

Nota: (Acosta & Tello, 2016)

- En la investigación de Análisis de eficiencia energética y renovación del caudal del aire del sistema de climatización en vehículos híbridos por medio de elementos finitos por Paucar y Yupa (2017), analizan la temperatura interna de un Vehículo Toyota Highlander, calculando una temperatura de confort de 24 °C, presiones positivas y negativas que relacionando con este proyecto de investigación están acorde a la realidad.

CONCLUSIONES

- Se realizó una simulación en volúmenes finitos de un sistema de aire acondicionado para obtener la temperatura de la cabina, la velocidad y presión a la salida del ducto de aire acondicionado para presiones de 35, 50, 80 y 125 psi de un vehículo Toyota Fortuner 2012, recopilando información experimentalmente con la toma de dimensiones del automóvil e interpretando los resultados de eficiencia energética del sistema de climatización de un automóvil liviano.
- El método de volúmenes finitos permitió controlar el correcto funcionamiento del A/C a presiones de 35, 50, 80 y 125 psi. Para todos casos se tienen velocidades de salida de aire superior a 5 m/s, que según The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), se recomienda el uso del sistema de Aire acondicionado a una velocidad menor a 1,5 m/s. Por lo tanto, se necesita re direccionar la entrada de aire y que no tenga incidencia con el conductor ni ocupantes.
- Se compararon los resultados de velocidad de salida del sistema de aire acondicionado obtenidos con Matlab y Ansys. Por lo tanto, para presiones de 30, 50, 80 y 125 Psi con Matlab se calculó 512,22, 649,88, 861,87 y 1102,5 m/s respectivamente. En cambio, para Ansys 18 se tiene que las velocidades finales son de 600, 690, 900 y 1000 m/s. Finalmente se puede deducir que a presiones altas los resultados se encuentran acorde a la realidad, siendo la variación mínima.

RECOMENDACIONES

- Realizar una prueba de autonomía vehicular con y sin aire acondicionado, a condiciones de trabajo similares a las expuestas y a una presión atmosférica de 2800 msnm para que todos los resultados de este proyecto de investigación sean validados.

- Desarrollar un estudio de posicionamiento de entrada de aire para un vehículo Toyota Fortuner, de manera que no exista la reducción del confort térmico cuando el sistema de aire acondicionado se encuentre en funcionamiento.

- Regular de mejor manera la entrada de aire y el tiempo de exposición., debido a que el flujo de aire que ingresa en la cabina posee turbulencias lo que ocasiona un intercambio de calor con la piel de los ocupantes. Además, si existe un aumento desmedido de las turbulencias, es decir aumento de presión el confort térmico disminuye, incluso puede afectar la salud.

- Realizar un estudio de incidencia del aire acondicionado a los ocupantes de la parte trasera del vehículo para verificar si los mismos obtienen confort térmico cuando se encuentra en funcionamiento..



BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M., & Tello, W. (2016). Estudio del aire acondicionado en el consumo de combustible, potencia del motor y confort térmico en la cabina de un vehículo liviano. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15960>
- Aguilar, F., Munguía, J., Pantoja, V., & Pérez, C. (2017). *Implementación móvil para el reciclaje y cargas de gas refrigerante en vehículos siniestrados*. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3485/80.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Autocasion. (2016, octubre 7). Materiales utilizados en la carrocería del automóvil. Recuperado 24 de enero de 2019, de <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/materiales-utilizados-en-la-carroceria-del-automovil>
- Autocasión. (2016, octubre 11). Los plásticos en el automóvil. Recuperado 24 de enero de 2019, de <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/los-plasticos-en-el-automovil>
- Barona, J. (2009). *Salud, tecnología y saber médico*. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces.
- Carvajal, V., Cando, W., & Valenzuela, M. (2011). Construcción de un sistema de aire acondicionado automotriz agregándole un habitáculo. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17105/1/ProyectoCarvajal.pdf>
- Cengel, Y., & Boles, M. (2008). *Termodinámica*. Mc Graw Hill.
- CEUICA. (2018). Pérdidas de carga Localizadas.
- Consejo Europeo. (2018). Acuerdos internacionales sobre acción por el clima - Consilium. Recuperado 8 de noviembre de 2018, de <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/international-agreements-climate-action/>
- Cubo, J. (2010). Aplicación del Análisis por elementos finitos en Ingeniería Naval. Recuperado de <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/9463/b34687142.pdf?sequence=3>
- El Tiempo. (2013). Es recomendable el uso del aire acondicionado a altas velocidades. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12758181>
- Flores, L. (2012). UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL SECCIÓN DE POSGRADO - PDF. Recuperado 8 de noviembre de 2018, de <https://docplayer.es/27322135-Universidad-nacional-de-ingenieria-facultad-de-ingenieria-civil-seccion-de-posgrado.html>



Gracias!