

Victor A. Páramo-Ramírez¹, Alan Cerroblanco-Ortiz¹, Elías Jezreel-Chávez Contreras², J. Luis Luviano-Ortiz¹, Abel Hernández-Guerrero¹

¹Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería Mecánica

²Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería Mecatrónica

ABSTRACT

En este trabajo se pone a prueba el modelo tridimensional de un tren de baterías escalonado para investigar los efectos de dos propuestas de refrigeración y basado en la mejor estrategia de suministro de aire en el comportamiento térmico del pack de baterías [1]. Se desarrollan dos mejoras para el enfriamiento de las baterías de iones de litio 18650 disminuyendo hasta 10 K la temperatura del pack de baterías.

INTRODUCCIÓN

Las baterías de iones de litio se utilizan ampliamente en el campo de los vehículos eléctricos (EV) debido a su alta densidad de potencia, larga vida útil y baja tasa de autodescarga. [2, 3]. Por lo general, para cumplir con los requisitos de mayor densidad de potencia de los vehículos eléctricos, se dispone una gran cantidad de baterías en el paquete de baterías, lo que puede causar graves problemas de gestión térmica debido a la acumulación de calor dentro del paquete de baterías [4]. Por lo tanto, un sistema de gestión térmica de la batería (BTMS) bien diseñado que mantenga la batería en condiciones óptimas es fundamental para el éxito de los vehículos eléctricos. Para mejorar su rendimiento, se desarrollaron dos metodologías que consisten en el diseño de una placa de aluminio que se encargará de distribuir de manera más eficiente el fluido refrigerante a través de ventilas para una mayor remoción de calor en la superficie de las baterías.

METODOLOGÍA

Los modelos de las placas de distribución de aire propuestos se diseñan a partir de la propuesta original y basándose en los contornos de temperatura obtenidos [1].

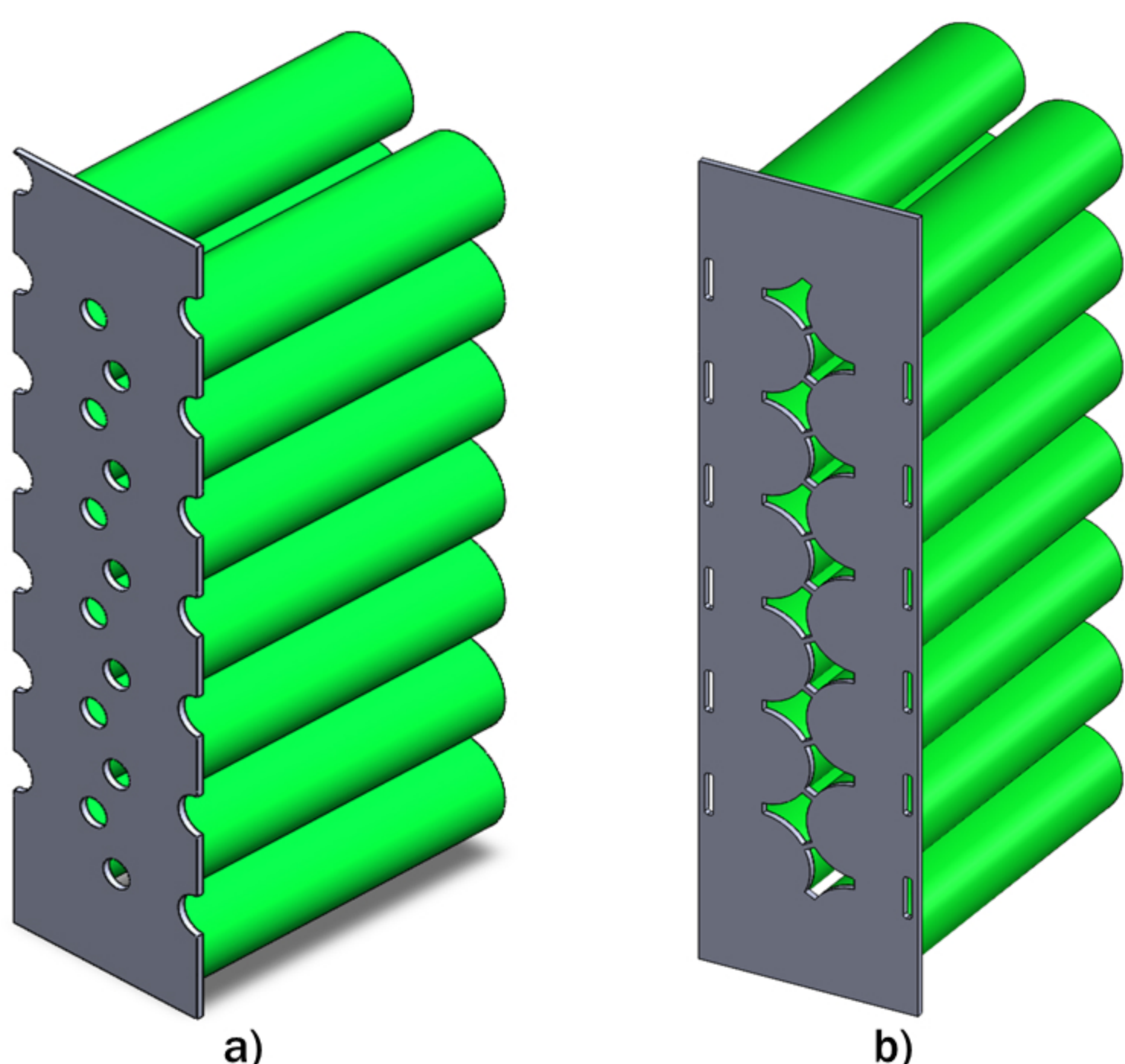


Figura 1. Placa de aluminio con, a) ventilas circulares y semi-circulares (V-CSC) y b) ventilas semi-trianguulares y ranurado (V-STR).

Con el propósito de reducir la temperatura en la superficie de las baterías se diseñaron dos configuraciones distintas como se muestran en la Figura 1. Ambas configuraciones se centran de orientar el flujo del fluido refrigerante a través de las superficies tanto del interior como en el exterior del tren de baterías.

Para el diseño de la geometría se empleó el software Solid Works y para el mallado ANSYS Meshing.

METODOLOGÍA

Las mallas resultantes creadas con este procedimiento tienen aproximadamente 3.4×10^6 elementos.

Las condiciones de frontera y suposiciones son las siguientes:

- Flujo estable, incompresible y laminar
- Densidad constante
- Gravedad de -9.81 m s^{-2}
- Flujo másico a la entrada de $3.5 \times 10^{-5} \text{ kg s}^{-1}$
- Temperatura fijada a la entrada a 293.15 K

Ecuaciones gobernantes basadas en estas suposiciones están representadas por las ecuaciones (1)-(4).

$$\text{Ecuación de continuidad: } \nabla \cdot (\rho \mathbf{V}) = 0 \quad (1)$$

Ecuación de momento:

$$\rho \left[u \frac{\partial \vec{V}}{\partial x} + v \frac{\partial \vec{V}}{\partial y} + w \frac{\partial \vec{V}}{\partial z} \right] = -\nabla P + \rho \vec{g} + \mu \nabla^2 \vec{V} \quad (2)$$

Ecuación de la energía para el fluido:

$$\rho C \left[u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right] = k \nabla^2 T \quad (3)$$

Ecuación de la energía para el sólido:

$$k_s \nabla^2 T = 0 \quad (4)$$

Resultados

Una vez obtenida la solución podemos observar y comparar ambas propuestas ante la problemática ya mencionada. En la Figura 3. se ilustra los contornos de temperatura del tren de baterías escalonado y se muestra que las temperaturas máximas para el V-STR son superiores produciéndose en la parte inferior del tren de baterías ya que el aire refrigerante es débil.

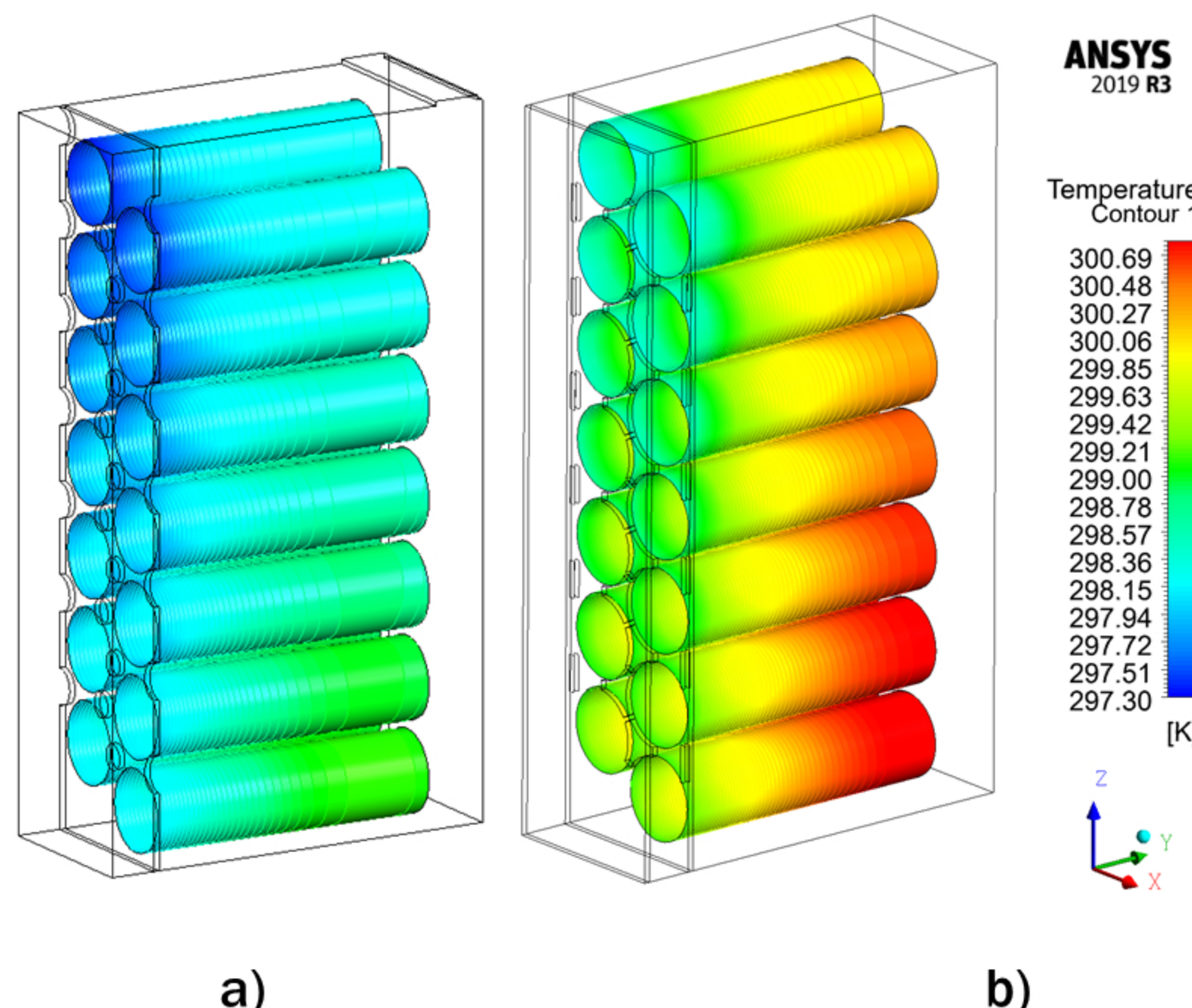


Figura 3. Contorno de temperature para, a) V-CSC y b) V-STR.

En la Figura 4. se pueden apreciar las líneas de corriente y verificar que en efecto el fluido tomó el camino deseado, pero en el caso del V-STR no llega al fondo del canal con tanta velocidad.

Resultados

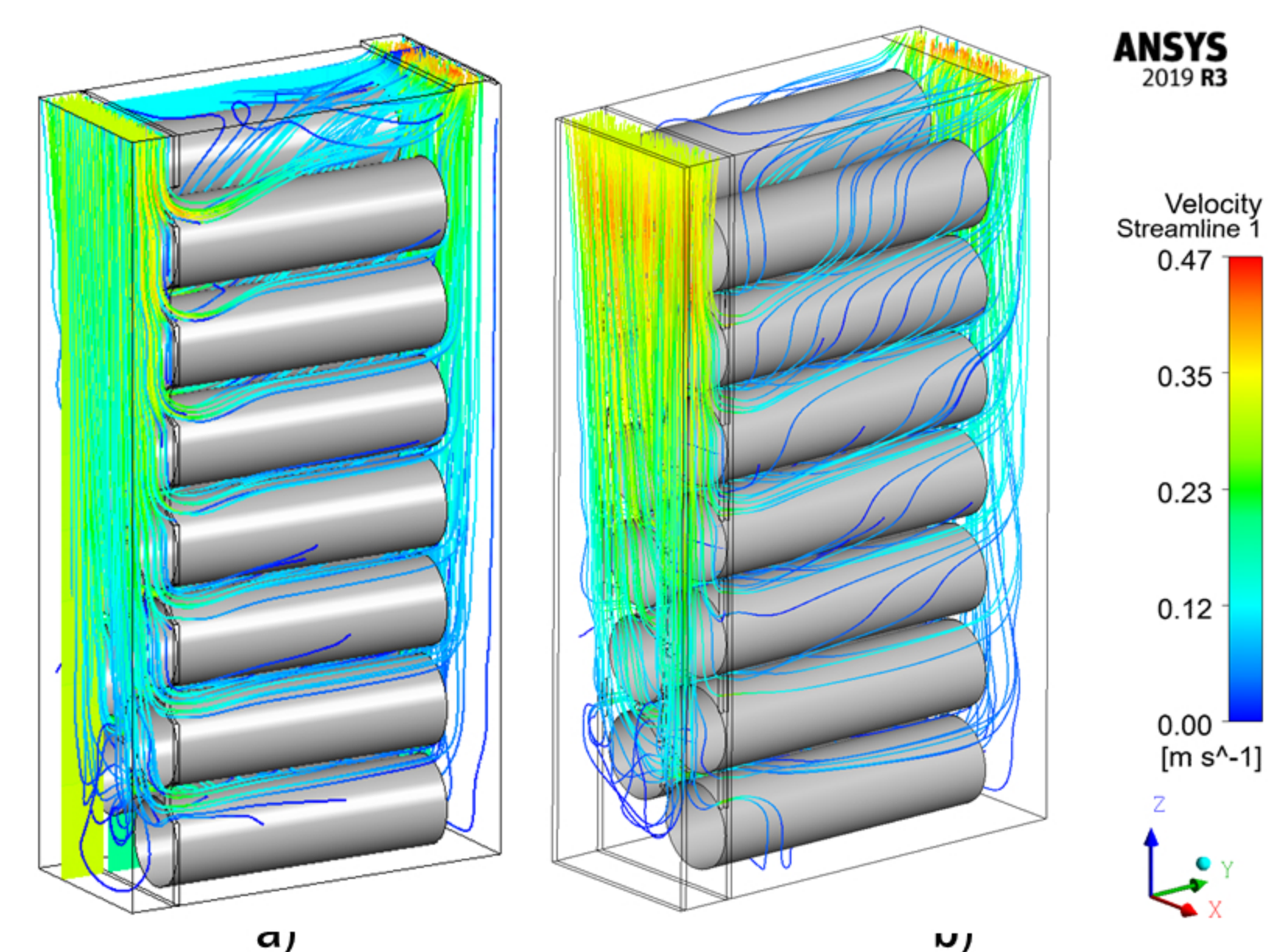


Figura 4. Contorno de velocidad para, a) V-CSC y b) V-STR.

En la Figura 5. se puede notar la diferencia de presión en ambos extremos de las cámaras siendo menor en el V-CSC esto indica que la capacidad de conducir el flujo de aire es menor que en el caso del V-STR.

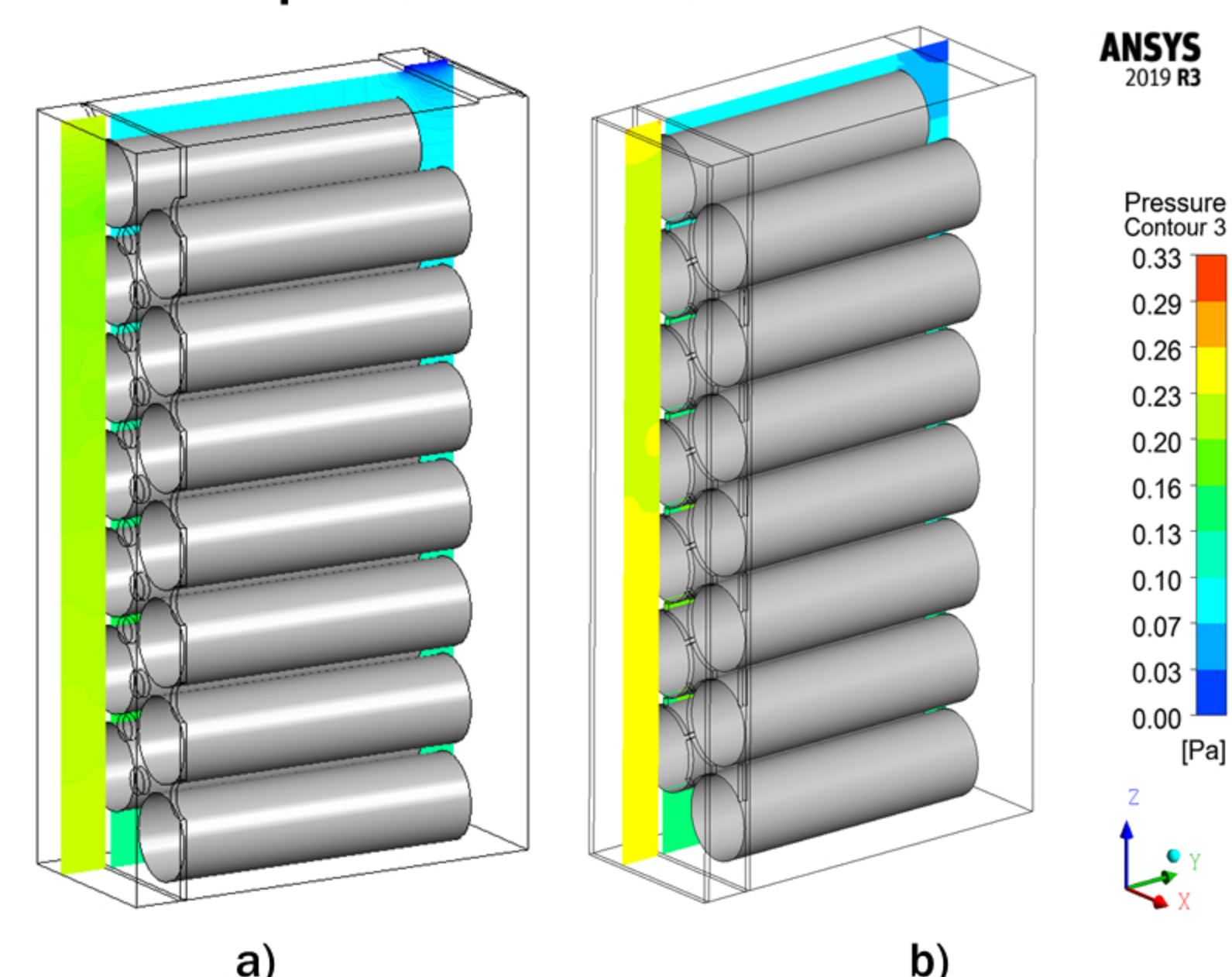


Figura 5. Contorno de presión para, a) V-CSC y b) V-STR.

Conclusiones

La distribución bien gestionada de ventilación en los trenes de baterías para vehículos eléctricos son clave para el correcto funcionamiento de las baterías, su enfriamiento debe enfocarse en mantener todas las superficies expuestas al fluido refrigerante a una temperatura menor a la máxima permisible. En este caso de investigación se demostró que es fundamental brindar una óptima circulación del fluido refrigerante, esto abre las puertas a investigaciones futuras en búsqueda de mejores alternativas de enfriamiento de baterías.

Referencias

- [1] Lu, Z., Yu, X., Wei, L., Qiu, Y., Zhang, L., Meng, X., & Jin, L. (2018). Parametric study of forced air cooling strategy for lithium-ion battery pack with staggered arrangement. *Applied Thermal Engineering*, *123* (2014), 263-72. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.02.080>
- [2] X. Liu, Z. Chen, C. Zhang, J. Wu. A novel temperature-compensated model for power Li-ion batteries with dual particle-filter state of charge estimation, *Applied Energy*, *123* (2014): 263-72.
- [3] Ng, Selina SY, Y. Xing, K.L. Tsui. A naive Bayes model for robust remaining useful life prediction of lithium-ion battery. *Applied Energy*, *118* (2014): 114-23
- [4] A. Mills, S. Al-Hallaj. Simulation of passive thermal management system for lithium-ion battery packs, *Journal of Power Sources*, *141*(2) (2005): 307-15.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo expresan su apreciación y agradecimiento al programa Verano de la Ciencia 2024 de la Universidad de Guanajuato.