

Seguridad infantil en el interior de automóviles usando un sistema en tiempo real

José-Sergio Ruiz-Castilla¹, Adrián Trueba-Espinosa¹,
José Hernández-Santiago²

¹ Universidad Autónoma del Estado de México,
México

² Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán,
México

jsergioruizc@gmail.com, atruebae@uaemex.mx,
jose_hernandez_santiago@teschi.edu.mx

Resumen. En el mundo existen 1450 millones de vehículos, mientras que en México existen 50 millones. La mayoría son vehículos familiares de hasta 5 pasajeros. Por otro lado, en México existen 10 millones de niños entre 0 y 4 años. En múltiples eventos han dejado niños dentro del automóvil. Los infantes han sufrido choques de calor, deshidratación e incluso la muerte. Por ejemplo, en Estados Unidos se encontraron 231 muertes entre 1999 y 2007 en el interior de vehículos. Por lo anterior, se propone un Sistema de Seguridad para Infantes en el Interior de automóviles (SSIIA). Dicho sistema iniciará su operación cuando el conductor sale del automóvil y deja dentro a un infante. El sistema detecta al infante y activa un monitoreo de temperatura y del nivel de oxígeno. Cuando el calor o el nivel de oxígeno se vuelven un peligro se inicia una ventilación desde el exterior para mitigar el calor y mantener un nivel de oxígeno suficiente. El sistema deja de funcionar cuando el conductor abre la puerta del automóvil. Para lo anterior, se ha propuesto un dispositivo que lee sensores de la ocupación de los asientos, incluyendo el del bebé. Además de, otros sensores de temperatura, nivel de oxígeno y de puerta cerrada o abierta. En los resultados experimentales es posible probar su eficacia. Finalmente, se concluye que el SSIIA puede salvar la vida a niños dejados en el interior del automóvil bajo los rayos del sol.

Palabras clave: Seguridad infantil, automóvil, sensores, sistema en tiempo real.

Child Safety Inside Cars Using a Real-Time System

Abstract. There are 1.45 billion vehicles in the world, while in Mexico there are 50 million. Most are family vehicles with up to 5 passengers. On the other hand, in Mexico there are 10 million children between 0 and 4 years old. In multiple events it has happened that children have been left inside the car. Infants have

suffered heat shock, dehydration and even death. For example, in the United States, 231 deaths were found between 1999 and 2007 inside vehicles. Therefore, we propose a Safety System for Infants Inside Cars (SSIICA). Said system will start its operation when the driver leaves the car and leaves an infant inside. The system detects the infant and activates temperature and oxygen level monitoring. When the heat or the oxygen level becomes dangerous, ventilation is started from the outside to mitigate the heat and maintain a sufficient oxygen level. The system stops working when the driver opens a door of car. For the above, a device has been proposed that reads seat occupancy sensors, including that of the baby. In addition to other sensors for temperature, oxygen level and open or closed door. In the experimental results it is possible to test its effectiveness. Finally, it is concluded that the SSIICA can save the lives of children left inside the car under the sun's rays.

Keywords: Child safety, automobile, sensors, real-time system.

1. Introducción

En el mundo existen 1,450 millones de vehículos [1]. En México existen 50 millones según INEGI. De los cuales 34 millones de automóviles son familiares [2]. En México, existen 10 millones de niños entre 0 a 4 años [3]. Por lo que, en este trabajo de investigación se propone un sistema de protección a los infantes, entre 0 y 4 años, dejados dentro del automóvil. Dicho sistema, busca detectar y proteger al niño de choques de calor y muerte. El objetivo es crear una red de sensores para detectar un infante dentro del automóvil y cuidar su integridad. A medida que permanezca uno o más ocupantes en el automóvil cerrado habrá una concentración mayor de Dióxido de carbono (CO₂) y otros gases. Por lo que, se propone un sistema de ventilación automatizada para regular la temperatura y mantener el nivel adecuado de oxígeno. Para lograr el objetivo, se plantea una red de sensores para detectar la presencia de un infante y medir la temperatura y el nivel de oxígeno. Si las condiciones internas representan un peligro para el infante se activaría una ventilación desde el exterior para mitigar la temperatura y oxigenar el interior.

2. Trabajos relacionados

Existen esfuerzos para evitar accidentes de niños dentro de automóviles. Como en el trabajo de [4] que busca la aplicación de Tecnologías de última generación para prevenir la muerte accidental de niños atrapados en vehículos estacionados. En dicho trabajo, se propone un dispositivo de seguridad desde un arreglo de sensores que permitan mitigar o salvar la vida de niños dejados dentro de un automóvil en un estacionamiento. Según el autor en los Estados Unidos alrededor de 38 niños mueren al año por choques de calor después de haber sido dejados dentro de un automóvil.

Mientras que, [5] propone mantener ventilada la cabina del automóvil con el fin de mitigar el efecto invernadero y evitar la elevación de la temperatura.

En este caso se propone que la energía sea tomada desde un panel solar para que el sistema de ventilación sea totalmente independiente del sistema de energía del automóvil. No se considera el escenario de cuando el infante es dejado en la noche y el nivel de oxígeno bajara peligrosamente.

Por otro lado, [6] estudió el caso de muertes de niños dejados dentro de un automóvil. Los infantes murieron por hipotermia o bien por choque de calor. Durante la investigación post mortem se concluyó que algunos infantes murieron después de 6 horas dentro del automóvil. Sin embargo, el tiempo es variable de acuerdo con las condiciones climáticas y características del automóvil

Otro caso raro pero documentado es el trabajo de [7] en el cual se relata cuando un niño de tres años entró al automóvil y cerró la puerta. El niño murió asfixiado, porque se quedó dormido.

Otra causa de muerte en niños dentro de un automóvil es la muerte por hipotermia. En el trabajo de [8] se encontraron 231 muertes en los Estados Unidos desde 1999 hasta 2007. Las muertes fueron por hipotermia en coches estacionados con los infantes dentro. En este caso, el tiempo promedio de sobrevivencia fue de 4.6, horas.

La temperatura dentro de la cabina del automóvil cambia de acuerdo con la estación del año y de las condiciones climáticas. El autor [9] encontró que la temperatura mayor fue de 61, 68 y 76 grados centígrados mientras que la más baja fue de 10 grados, en este caso en Atenas, Grecia. El problema se genera cuando existe alguien dentro y el nivel de oxígeno va bajando.

En el trabajo de [10] se propuso la emisión de una alerta vía celular para alertar al padre que ha dejado a su hijo en el interior del automóvil, Sin embargo, se considera que esta medida es insuficiente debido a que depende de la distancia a la que se encuentre el padre del automóvil.

Por otro lado, podría no funcionar el teléfono por falta de energía o señal. Lo anterior, sigue poniendo en riesgo al infante.

Se añade que, en casos investigados el infante se quedó dormido durante el viaje y al llegar al destino el o los padres descienden dejando al infante dentro del automóvil bajo el sol por horas.

En el trabajo de [11] se encontró que la incidencia más alta de niños que murieron dentro del automóvil fue en menores de 4 años. En este caso, el 95% de niños fueron menores de 4 años y el 5% mayores de 4 años. En relación a las causas, el 27% de los casos sucedió porque los niños estaban jugando y se quedaron atrapados dentro del automóvil, el otro 73% porque los dejaron dentro de automóvil. De este último porcentaje, el 2% de los niños dejados dentro del automóvil fue de manera intencional. Las muertes sucedieron por golpes de calor o por asfixia.

En el trabajo de [12] se encontró que existe una baja conciencia de los padres al dejar a sus hijos dentro del automóvil. En este caso al menos el 24.85% de padres dejaron al menos una vez a sus hijos dentro del automóvil a pesar del riesgo.

En la Tabla 1 se muestran algunas características de los trabajos revisados, también, se agregan características de la propuesta. La tabla compara algunas ventajas de los trabajos revisados y de la propuesta de este trabajo de investigación.

Tabla 1. Tabla comparativa de trabajos revisados y la propuesta.

Características de las soluciones de los trabajos revisados	Características del método propuesto
Se propone una ventilación usando un panel solar [5]. No funciona de noche y lugares cerrados.	Se propone un sistema con una batería. Puede funcionar de día y de noche.
Se encontró que los niños permanecieron vicos hasta seis horas [6].	Se activará la ventilación cuando la temperatura sea alta y cuando falte oxígeno.
En el caso de [7] en niño se quedó dormido.	El niño puede seguir dormido y aun así el sistema ventilará el espacio
En el caso de [8], los niños murieron por hipotermia.	No se propone solución para este escenario.
En el trabajo de [10], se propone un mensaje por el celular a la madre o tutor. Depende del funcionamiento del celular.	El sistema es autónomo. No se requiere activar por el usuario.

3. Cabina del automóvil

El habitáculo del automóvil se denomina cabina. Así nos referiremos en adelante. La cabina puede ser para dos pasajeros y hasta 7 pasajeros en camionetas familiares. Sin embargo, en este trabajo nos enfocaremos a automóviles que tienen hasta 5 pasajeros que son la gran mayoría. El automóvil puede quedarse con los vidrios abiertos o cerrados.

3.1. Riesgos dentro del automóvil

- Asfixia. Cuando el nivel de oxígeno es muy bajo, puede causar la pérdida del conocimiento y la Muerte,
- Insolación. Cuando la temperatura es muy alta y deshidrata al infante,
- Muerte por asfixia. Cuando el nivel de oxígeno es insuficiente para mantener a la persona consciente y con vida,
- Hipotermia. El infante puede sufrir hipotermia si la temperatura es muy baja durante mucho tiempo.

3.2. Sensores para la detección

Existen dos soluciones para evitar daños al infante. La primera consiste en mantener la temperatura y nivel de oxígeno óptimo todo el tiempo. Esta solución es 100% segura, pero se requiere de energía para mantener los niveles. La segunda consiste en detectar

Tabla 1. Sensores para detectar la presencia del infante en el interior del automóvil.

Sensor	Función	Desventaja
Sensor en los asientos	Detecta si el asiento está ocupado (incluido el asiento de bebés)	Podría haber algún objeto de peso similar en el asiento
Sensor de movimiento	Detecta si alguien se mueve dentro de la cabina del automóvil	Con temperaturas altas se puede detectar movimiento
Sensor de temperatura	Puede detectar cuerpos con temperatura corporal	Dentro de la cabina puede haber temperaturas superiores a los 36 grados centígrados
Sensor de gases tóxicos	Detecta gases tóxicos como dióxido de carbono y monóxido de carbono	

la presencia del infante y mantener la temperatura y el nivel de oxígeno, mientras dure su estancia. Para detectar la presencia del infante se requieren sensores, con cierta redundancia para evitar fallas posibles. Ver la Tabla 2.

Lo anterior indica que podría ser necesario más de un sensor para estar seguros de que hay un infante dentro del automóvil cerrado. En la solución propuesta se han incluido los sensores de los asientos.

4. Método propuesto

Se propone el Sistema de Seguridad para Infantes en el Interior de Automóviles (SSIIA), el cual se activa cuando el conductor sale del automóvil y lo cierra con un infante dentro.

Para lograr la propuesta de solución se presenta un diagrama de flujo que permite mostrar los pasos a seguir. Ver la Fig. 1.

Se trata de un sistema en tiempo real que debe ser autónomo. Requiere de una fuente de alimentación, en este caso se propone una batería recargable mientras el automóvil está en funcionamiento. El sistema deberá estar en espera de datos de los sensores de los asientos para activar a Oc. Una vez activado Oc se activará el VAIA. El VAIA monitorea las entradas de TIA y NOIA. Si TIA o NOIA indican un riesgo de peligro se enciende el VAIA.

4.1. Red de sensores

4.1.1. Sensores de asientos

Existen diversos sensores para asientos de automóviles incluyendo sensores para detectar infantes. En este caso se proponen sensores comerciales que podrían adquirirse en el mercado. Si el automóvil tiene sensores desde la armadora pueden conectarse al SSIIA. Los sensores que se proponen se muestran en la Fig. 2.

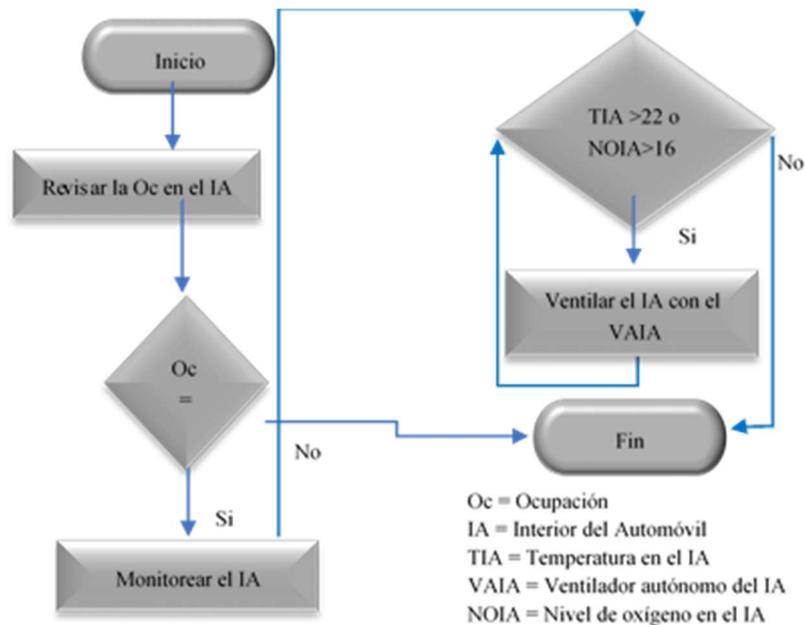


Fig. 1. Diagrama de flujo del método propuesto.

Este sensor mide el peso desde 5 kg. Por lo que detecta desde un niño de un año o más. En este caso si existen de 430 a 480 ohmios significa “Asiento no ocupado” y si la señal es de 120 ohmios o menos significa “Asiento ocupado”. Dichos sensores son comerciales y pueden implementarse a cada asiento.

4.1.2. Sensores de temperatura

Se requiere también un sensor de temperatura para el interior del automóvil. La temperatura depende del exterior. Sin embargo, la temperatura puede ser mayor en el interior por el efecto invernadero. El calor es mayor debido a que las partículas de luz ingresan, pero no pueden salir y se acumulan dentro de la cabina, generando muy altas temperaturas. El sensor de temperatura tiene la función de enviar una señal cuando la temperatura podría provocar un choque de calor al infante. Se propone el sensor de la Fig. 3.

Este sensor tiene las siguientes características. Sensor de temperatura interior, Peso [kg]: 0,05, Fabricante del sensor: VALEO. Este sensor es requerido aun cuando los automóviles tienen un termómetro para el motor y otro para el medio ambiente exterior.

4.1.3. Sensores de nivel de oxígeno

A medida que respiramos dentro de la cabina cerrada del automóvil la cantidad de oxígeno va disminuyendo gradualmente. Si el infante se queda por horas dentro de la cabina el nivel de oxígeno bajará hasta volverse un riesgo de asfixia. El sensor enviará



Fig. 2. Sensor de asiento de pasajeros para automóviles [13].



Fig. 3. Sensor de temperatura para interior de vehículos [14].

una señal cuando el nivel de oxígeno se convierte en un riesgo. Se propone el sensor de la Fig. 4.

4.1.4. Sensores de puertas del automóvil

Los automóviles detectan cuando una puerta está abierta o cerrada. En este caso, se pueden usar los sensores instalados desde la fabricación o bien añadir algún sensor adicional a cada puerta. El sensor es importante porque sirve para que el SSIIA deje de funcionar cuando se abre la puerta del automóvil. Se supone que al abrir la puerta entrará aire más fresco y se disipará el calor.

Por lo que, al abrir la puerta se enviará una señal para que sistema deje de funcionar. Los sensores de las puertas son como se muestra en la Fig. 5.

Es necesario conectar el SSIIA a los sensores de las puertas, toda vez que la mayoría de los vehículos tienen instalados los sensores desde su fabricación. En este caso, no importa cual puerta se abra, eso garantiza que el infante es salvado o bien la cabina es ventilada y ya no es necesaria una ventilación automatizada.



Fig. 4. Sensor de nivel de oxígeno [15].



Fig. 5. Sensor de puerta abierta de automóvil [16].

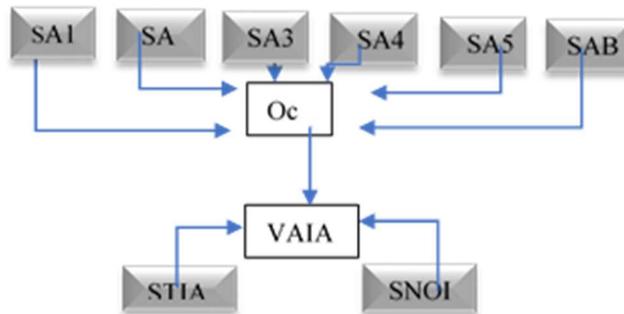


Fig. 6. Diagrama de sensores dentro del automóvil.

La red de sensores debe instalarse dentro de la cabina del automóvil de acuerdo con el siguiente diagrama. Ver la Fig. 6.

Los sensores corresponden a: SA1 Sensor del asiento 1, SA2 Sensor del asiento 2, SA3 Sensor de asiento 3, SA4 Sensor de asiento 4, SA5 sensor de asiento 5, SAB Sensor de asiento del bebé, STIA Sensor de la temperatura en el interior del automóvil y el SNOIA Sensor del nivel de oxígeno en el interior del automóvil

Leer SA1, SA2, SA3, SA4, SA5, SAB

```
Si Oc = SA1+ SA2 + SA3 + SA4 + SA5 + SAB
  Si Oc >= 1 Entonces Oc = True
  Si Oc = False
    Fin
  Sino
    VAIA = False
    Mientras VAIA = False
      Leer TIA
      Leer NOIA
      Leer SPC
      Si VAIA >= 1
        VAIA = True
        Ventilar el IA
      Sino
        VAIA = False
    Fin de Mientras
  Fin de Sino
Leer SA1, SA2, SA3, SA4, SA5, SAB
Fin de Si
```

Código 1. Código para el funcionamiento del SSIIA.

En este caso los sensores SA1, SA2, SA3, SA4, SA5 y SBA corresponden a los sensores de cada uno de los asientos incluyendo el asiento para bebés. Si se detecta algún ocupante en cualquier asiento se activa Oc. Al activarse Oc se activa el VAIA para iniciar la medición de temperatura y nivel de oxígeno, a través de los sensores STIA y SNOIA. El VAIA iniciará la ventilación hasta que la temperatura o el nivel de oxígeno dejen de ser un peligro. Como es un sistema de tiempo real podrá volver a activarse si es necesario.

4.2. Comportamiento del sistema

El comportamiento del sistema basado en sensores se muestra en un diagrama de estados. Ver la Fig. 7.

Como sistema real está en ejecución todo el tiempo. Cuando el automóvil está ocupado se activa OC, pero no se activa el VAIA. El VAIA solo funciona si TIA es mayor de 22 grados o el nivel de Oxígeno es menor a 16 por ciento. El VAIA deja de funcionar cuando una puerta se abre.

Para lograr el funcionamiento del SSIIA se requiere un algoritmo implementado en algún lenguaje de programación. El programa reside en una tarjeta Arduino. Ver el código 1.

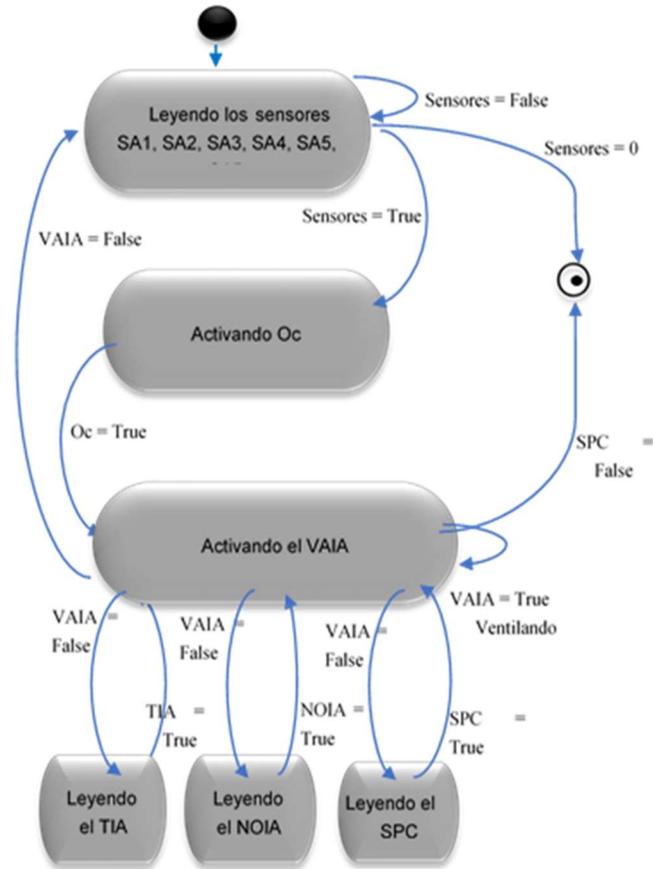


Fig. 7. Diagrama de estados del SIIA.

5. Resultados experimentales

La Tabla 3 muestra los escenarios posibles de las lecturas de los sensores SA1, SA2, SA3, SA4, SA5, y SAB. Si todos los sensores emiten 0, entonces el sistema puede dejar de funcionar. Si uno o más sensores de asientos envían 1, entonces se activa Oc.

Como se puede observar cambia el estado cuando al menos un asiento está ocupado por el infante. En este caso Oc es True. Si todos los sensores son False el estado es False. Una vez que Oc es True el estado del VAIA es True y comenzará un ciclo que se repetirá ventilando el IA hasta que la puerta sea abierta. Ver la Tabla 4.

El VAIA ventilará el IA mientras los sensores TIA y NOIA envíen el valor de 1. El VAIA podría detenerse si los valores son 0, pero se vuelve a activar si los sensores en cuanto se envían un 1 de nuevo.

Tabla 2. Escenarios de la lectura de los sensores de los asientos.

Escenario	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SAB	Oc activado
1	0	0	0	0	0	0	False
2	1	0	0	0	0	0	True
3	0	1	0	0	0	0	True
4	0	0	1	0	0	0	True
5	0	0	0	1	0	0	True
6	0	0	0	0	1	0	True
7	0	0	0	0	0	1	True

Tabla 3. Escenarios de las lecturas de los sensores de temperatura, oxígeno y puerta cerrada.

Escenario	TIA	NOIA	SPA	VAIA
1	0	0	0	False
2	1	0	0	True
3	0	1	0	True
4	0	0	1	True
5	1	1	1	True

6. Conclusiones y trabajo futuro

Se concluye que un sistema en tiempo real puede ser capaz de ventilar el interior de un automóvil y salvar a infantes dejado en el interior bajo los rayos del sol. Se requiere que el sistema sea autónomo porque el automóvil está detenido y apagado en algún estacionamiento u otro lugar. Que la energía puede tomarse de una batería recargable desde el propio automóvil. Que es necesario instalar sensores en los asientos, incluyendo el asiento para bebés para detectar al infante. Que una vez detectado el infante el sistema iniciará la medición de la temperatura y del nivel de oxígeno. Que el sistema puede ventilar el interior manteniendo condiciones favorables para mitigar el riesgo para el infante. Que al abrir la puerta del automóvil el sistema puede dejar de funcionar. Que el sistema puede instalarse desde la fabricación del automóvil, pero que también podría adoptarse a automóviles usados.

Referencias

1. Amadoz, S.: ¿Cuántos coches hay en el mundo en circulación? El Motor. Disponible en: <https://motor.elpais.com/actualidad/cuantos-coches-hay-en-el-mundoencirculacion/> (2022)
2. INEGI.: Parque vehicular. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/> (2022)
3. Amadoz, S.: Población de niños entre 0 y 4 años. El Motor. Disponible en: <https://motor.elpais.com/actualidad/cuantos-coches-hay-en-el-mundo-en-circulacion/> (2022)
4. Aiello, V., Borazjani, P. N., Battista, E., Albanese, M.: Next-generation technologies for preventing accidental death of children trapped in parked vehicles. In: Proceedings of the

- 2014 IEEE 15th International Conference on Information Reuse and Integration (IEEE IRI), pp. 508–513 (2014) doi: 10.1109/IRI.2014.7051931
5. Vishweshwara, S. C., Al-Dhali, J. M.: Study of Excessive Cabin Temperatures of the Car Parked in Oman and its Mitigation. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, vol. 4, no. 9, pp. 18–22 (2013)
 6. Krous, H. F., Nadeau, J. M., Fukumoto, R. I., Blackbourne, B., Byard, R. W.: Environmental Hyperthermic Infant and Early Childhood Death: Circumstances, Pathologic Changes, and Manner of Death. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, vol. 22, no. 4, pp. 374–382 (2021)
 7. Byard, R. W., James, R. A.: Car window entrapment and accidental childhood asphyxia. *Journal of Paediatrics and Child Health*, vol. 37, no. 2, pp. 201–202 (2001) doi: 10.1046/j.1440-1754.2001.00586.x
 8. Booth, J. N., Davis, G. G., Waterbor, J., McGwin, J. G.: Hyperthermia deaths among children in parked vehicles: an analysis of 231 fatalities in the United States, 1999–2007. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, vol. 6, no. 2, pp. 99–105 (2010) doi: 10.1007/s12024-010-9149-x
 9. Grundstein, A., Meentemeyer, V., Dowd, J.: Maximum vehicle cabin temperatures under different meteorological conditions. *International Journal Biometeorology*, vol. 53, no. 3, pp. 255–261 (2009) doi: 10.1007/s00484-009-0211-x
 10. Hairulizam, M., Abdul, H. O., Siti, S. Y., Shahreen, K., Mohd, F.: Minimizing heatstroke incidents for young children left inside vehicle. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 160 (2016) doi:10.1088/1757-899X/160/1/012094
 11. Guard, A., Gallagher, S. S.: Heat related deaths to young children in parked cars: an analysis of 171 fatalities in the United States, 1995–2002. *Injury Prevention*, vol. 11, no. 1, pp. 33–37 (2005) doi: 10.1136/ip.2003.004044
 12. Alowirdi, F. S., Al-harbi, S. A., Abid, O., Aldibasi, O. S., Jamil, S. F.: Assessing parental awareness and attitudes toward leaving children unattended inside locked cars and the risk of vehicular heat strokes. *International Journal of Pediatrics and Adolescent Medicine*, vol. 7, no. 2, pp. 93–97 (2020) doi: 10.1016/j.ijpam.2019.11.004
 13. Ingeniería y Mecánica Automotriz: ¿Qué es el sensor de peso de asiento y cómo funciona? Disponible en: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-de-peso-de-asiento-y-como-funciona/> (2022)
 14. AUTODOC: Valeo 508793 Sensor, temperatura interior. TecAlliance. Disponible en: <https://www.autodoc.es/valeo/7927015> (2022)
 15. UbiBot: Embedded RJ45*, worry-free network connection. UBIBOT. Disponible en: <https://www.ubibot.com/ubibot-gs1/> (2022)
 16. AliExpress: Sensores de puertas abiertas de automóviles. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/> (2022)