



*Desarrollo de dispositivo termográfico para identificar temperatura corporal en medios de transporte público del DMQ*

*Development of a thermographic device to identify body temperature in public transportation in the DMQ*

*Desenvolvimento de um dispositivo termográfico para identificar a temperatura corporal nos transportes públicos no DMQ*

Guillermo Gorky Reyes-Campaña<sup>I</sup>  
gureyesca@uide.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-7133-9509>

Oscar Fabian Intriago-Garcia<sup>III</sup>  
osintriagoga@uide.edu.ec  
<https://orchid.org/0000-0002-7040-6693>

Nicolas Francisco Gordon-Bedón<sup>II</sup>  
nigordonbe@uide.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-1053-4116>

Andrés Sebastián Pérez-Aguirre<sup>IV</sup>  
anperezag@uide.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-4482-1228>

**Correspondencia:** [gureyesca@uide.edu.ec](mailto:gureyesca@uide.edu.ec)

Ciencias técnicas y aplicadas  
Artículos de revisión

\***Recibido:** 16 de marzo de 2021 \***Aceptado:** 22 de abril de 2021 \* **Publicado:** 05 de mayo de 2021

- I. Ingeniero Mecánico especialidad Automotriz, Magíster Sistemas Automotrices, Coordinador Investigación Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- II. Estudiante de la Escuela de Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- III. Estudiante de la Escuela de Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- IV. Estudiante de la Escuela de Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.

## Resumen

La crisis sanitaria producida por el virus (SARS-CoV-2), se mostró como el punto de inflexión en el comportamiento de las personas, debido a que esta enfermedad causa varios cambios fisiológicos, y a nivel mundial ha provocado grandes problemas, por su mortalidad y complejo tratamiento. Obligando a crear protocolos de bioseguridad para identificar síntomas, comunes, como la elevación de temperatura. Es por esto que, bajo parámetros establecidos se planteó como objetivo principal el desarrollo de un dispositivo termográfico, mediante la entrada visual capaz de medir la temperatura e identificar posibles portadores del virus en el transporte público de Quito. Implementando un proceso de recopilación de datos mediante el análisis y la interpretación de información relacionada al espectro térmico de un individuo, con la finalidad de lograr comparar resultados entre el dispositivo termográfico y otro artefacto que cumpla con funciones térmicas. La recopilación y comparación de datos reveló que el dispositivo termográfico es capaz de captar la temperatura de una forma precisa al utilizar 3 puntos de medición a 0.50 metros de distancia, debido a que el software ajusta parámetros e identifica con precisión la norma térmica de un individuo. A partir del análisis realizado se determinó que el dispositivo, mediante entrada visual tiende a variar su rango de medidas cuando se presentan variaciones en la distancia, la temperatura ambiente y los puntos de medición, es decir que si no se considera estas variables el dispositivo desarrollado no será capaz de cumplir su función de una forma precisa y confiable.

**Palabras clave:** Dispositivo termográfico; temperatura; (SARS-CoV-2); espectro térmico; puntos de medición.

## Abstract

The health crisis produced by the virus (SARS-CoV-2), was shown as the turning point in the behavior of people, because this disease causes several physiological changes, and worldwide it has caused great problems, due to its mortality and complex treatment. Forcing the creation of biosafety protocols to identify common symptoms, such as a rise in temperature. This is why, under established parameters, the main objective was to develop a thermographic device, through visual input capable of measuring temperature and identifying possible carriers of the virus in public transport in Quito. Implementing a data collection process through the analysis and interpretation of information related to the thermal spectrum of an individual, in order to be able to compare results between the thermographic device and another device that fulfills thermal

functions. The collection and comparison of data revealed that the thermographic device is able to accurately capture the temperature by using 3 measurement points at 0.50 meters distance, because the software adjusts parameters and accurately identifies the normothermia of an individual. From the analysis carried out, it was determined that the device, through visual input, tends to vary its range of measurements when there are variations in distance, temperature and measurement points, that is, if these variables are not considered, the device developed will not it will be able to fulfill its function accurately and reliably.

**Keywords:** Thermographic device; temperature; (SARS-CoV-2); thermal spectrum; measurement points.

## Resumo

A crise sanitária produzida pelo vírus (SARS-CoV-2), foi mostrada como o ponto de inflexão no comportamento das pessoas, devido ao facto de esta doença causar várias alterações fisiológicas, e a nível mundial tem causado grandes problemas, pela sua mortalidade e tratamento complexo. Forçando a criação de protocolos de biossegurança para identificar sintomas comuns, tais como a elevação da temperatura. É por isso que, sob parâmetros estabelecidos, o principal objectivo era o desenvolvimento de um dispositivo termográfico, através de entrada visual capaz de medir a temperatura e identificar possíveis portadores do vírus nos transportes públicos em Quito. Implementar um processo de recolha de dados através da análise e interpretação da informação relacionada com o espectro térmico de um indivíduo, a fim de comparar os resultados entre o dispositivo termográfico e outro dispositivo que cumpre as funções térmicas. A recolha e comparação de dados revelou que o dispositivo termográfico é capaz de capturar a temperatura de uma forma precisa, utilizando 3 pontos de medição a 0,50 metros de distância, porque o software ajusta parâmetros e identifica com precisão a normotermia de um indivíduo. A partir da análise foi determinado que o dispositivo, através da entrada visual tende a variar a sua gama de medições quando existem variações na distância, temperatura ambiente e pontos de medição, ou seja, se estas variáveis não forem consideradas, o dispositivo desenvolvido não será capaz de cumprir a sua função de uma forma precisa e fiável.

**Palavras-chave:** Dispositivo termográfico, temperatura; (SARS-CoV-2); espectro térmico; pontos de medição.

## Introducción

A finales de 2020, en China se dan a conocer 26 brotes de una desconocida enfermedad, que por sus características y por su evolución, tenía mucha similitud con una tos común. Sin embargo, un paciente de los primeros 26 casos originados en un mercado de mariscos de la ciudad de Wuhan presentaba un diagnóstico de neumonía por etiología desconocida, lo que elevó las sospechas de un nuevo tipo de enfermedad en el paciente. Después de haber presenciado los primeros casos y las primeras muertes por esta enfermedad el 7 de enero del 2020, el centro chino para el control y prevención de enfermedades identificó un agente relacionado con síndromes reparatorios similares al (SARS) y en base a la similitud con el (SARS-CoV) descubierto en 2003, se lo denominó como (SARS-CoV-2). La identificación de este nuevo tipo de virus reveló varias características clínicas que afectaban al organismo de los contagiados. Entre los síntomas con mayor frecuencia en las personas se detectó neumonía, tos seca, fatiga, dolor en la garganta, malestar muscular y fiebre, pero cabe recalcar que los síntomas dependen del paciente ya que, también se logró comprobar que un grupo reducido de personas experimentaron otro tipo de síntomas como vomito, dolores de cabeza, diarrea, hemoptisis, disnea, producción de esputo y linfopenia (Suárez, Suarez Quezada, Oros Ruiz, & Ronquillo De Jesús, 2020; Huang, y otros, 2020).

Después de los hechos expuestos hace meses en China, el mundo se ve afectado por este nuevo agente que se ha propagado por todas las naciones, puesto que el (SARS-Cov-2) también fue identificada como una enfermedad altamente contagiosa en humanos, ya que tiene la característica de permanecer suspendido en el aire a una distancia aproximada de 1,8 metros y además de esto se ha detectado que el virus se mantiene en superficies de diferentes materiales (Adnan Shereen, Khan, Kazmi, Bashir, & Siddique, 2020).

Lamentablemente existe un crecimiento exponencial de contagios, que ha obligado a los países a implementar nuevos protocolos de bioseguridad como una medida de prevención para identificar de posibles casos.

Con la finalidad de implementar una medida de bioseguridad para evitar contagios, el presente artículo se basó en el desarrollo de un dispositivo capaz de identificar la temperatura corporal de las personas que se movilizan en el transporte público de la ciudad de Quito-Ecuador. El desarrollo del tema parte en base a la problemática que se da por la afluencia de personas en el transporte público sin el control de temperatura corporal, ya que uno de los síntomas con mayor frecuencia

entre los posibles contagios por (SARS-CoV-2) es la fiebre, que se define como la elevación de la temperatura corporal fuera de un determinado rango. Obteniendo así la necesidad por desarrollar un dispositivo que permita realizar este tipo de mediciones bajo parámetros específicos dictados por síntomas corporales (Lovell, Carey, Etkind, Higginson, & Edmonds, 2020; Wu, y otros, 2020). Al elemento en mención, se lo ha definido como un equipo termográfico, mediante entrada visual, el cual facilite la medición de la temperatura corporal y se adapte para funcionar en los vehículos del transporte público de la ciudad de Quito, brindando apoyo ante la propagación del (SARS-CoV-2), identificando a las personas con temperatura elevada y recopilando información en tiempo real.

El monitoreo de la temperatura corporal se da gracias a la disponibilidad e interacción de elementos electrónicos y se lo interpreta como una necesidad para verificar el estado de salud de las personas, puesto que al implementar dispositivos que realicen este tipo de mediciones, se brinda el seguimiento necesario, para cuantificar variaciones en el cuerpo humano, que en escenarios específicos pueden significar afecciones a la salud, (Kim, y otros, 2016).

### ***Fundamentos teóricos***

Es de suma importancia comprender que el (SARS-CoV-2) se han propagado por el planeta, de una forma agresiva, iniciando así una batalla diaria para implementar medidas de prevención y detección, con el claro objetivo de frenar la curva de contagios a nivel mundial, mientras se afinan todos los detalles de las vacunas y de su distribución. Esta lucha se basa en la implementación de elementos capaces de, revelar síntomas y de identificar la presencia del virus en las personas.

### ***Dispositivos de medición térmica***

En la actualidad los dispositivos electrónicos toman un papel fundamental en la vida de las personas, puesto que brindar una amplia gama de beneficios al desarrollar e implementar avances tecnológicos año tras año, por lo que el artículo enfatizó el desarrollo de un equipo termográfico electrónico, mediante entrada visual adaptable a la medición de la temperatura de las personas, puesto que este parámetro está estrechamente relacionado con las funciones del cuerpo y en general, se entiende que es posible realizar una evaluación rápida de la salud de un individuo.

Según la norma “ISO 18434-1:2008”, la capacidad de un elemento termográfico de realizar ensayos no destructivos se relaciona hacia el diagnóstico de máquinas bajo condiciones y parámetros establecidos, como guía para la detección de anomalías, que usualmente se presentan por fallas en alguna parte del sistema. Analizando así que una estructura con la capacidad para implementar este tipo de tecnología de monitoreo hacia las condiciones de funcionamiento del sistema provee una solución no agresiva en intervalos cortos de tiempo (ISO - The International Organization for Standardization, 2008).

Los fundamentos con los que trabaja una cámara termográfica se basan en varios enunciados y leyes propuestas sobre radiación infrarroja. Por lo que, para comprender el funcionamiento de un dispositivo con la capacidad de captar este tipo de imágenes, se enfatiza el análisis la “ley de Stefan-Boltzmann” que afirma que la energía de radiación emitida por todos los cuerpos es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura superficial del objeto (Peña Rodríguez & Neita Duarte, 2011).

$$W = \sigma T^4 \quad [\text{Ec 1}]$$

Donde los “W” se considera como la potencia emisiva superficial; “ $\sigma$ ” se define como la constante de Stefan-Boltzmann de  $(5,67 \times 10^{-8}) \text{ W/ cm}^2 \text{ K}^4$  y por último “T” de la temperatura.

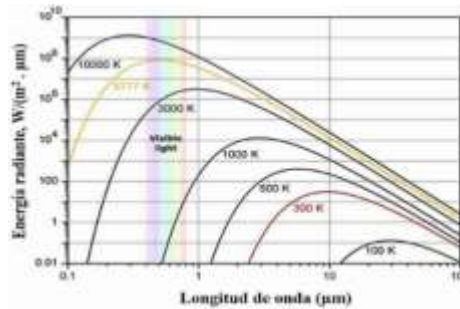
Después de comprender una de las leyes fundamentales, será de suma importancia considerar que, el espectro visual que brinda las cámaras se da gracias a su captación de ondas para la lectura de imágenes infrarrojas y según “La ley de Wien” es la relación establecida entre la temperatura y la longitud de onda de un cuerpo. (Peña Rodríguez & Neita Duarte, 2011)

$$\lambda_{max} = \frac{2897,6}{T} (\mu\text{m} * K)$$

Donde se considerará que la longitud de onda “ $\lambda$ ” es igual a relación obtenida entre la constante propuesta por “Wien” de  $2897,6 \mu\text{m} * K$  y la temperatura “T”. Es así como La ley de “Wien” interpreta una clara consecuencia, que se la define como los intervalos de térmicos de un cuerpo negro, bajo la clara premisa que especifica, mientras mayor sea la temperatura irradiada de dicho cuerpo menor será la longitud de onda y, por el contrario, mientras menor sea la temperatura mayor será la longitud de la onda (Mártel, 2016).



**Gráfico 1:** Longitud de Onda vs Energía Radiada.



Fuente: Densidad espectral (Mártel, 2016)

### ***Parámetros de medición***

Es importante comprender que la capacidad de obtener imágenes en tiempo real de los equipos termográficos se debe a la naturaleza de los cuerpos para irradiar su energía en función de su temperatura, como lo proclama e identifica la relación de “la ley de Kirchhoff”.

$$\alpha = \epsilon \quad [\text{Ec } 3]$$

Afirmando así que todos los cuerpos son capaces de emitir “ $\epsilon$ ” su propia energía radiante y absorber “ $\alpha$ ” la misma cantidad de energía proveniente de elementos externos (Ruiz Echeverri & Meza Arenas, 2018).

$$\epsilon + \tau + \rho = 1 \quad [\text{Ec } 4]$$

Siendo así que “ $\tau$ ” es la radiación transmitida que atraviesa al cuerpo sin afectarlo; “ $\rho$ ” es la radiación reflejada y “ $\epsilon$ ” es la radiación saliente de un cuerpo, que sumada con las anteriores equivalen a “1” y se definen como radiación incidente de un cuerpo ideal. Sin embargo, en la realidad no todos los organismos son “cuerpos negros”, es decir que no todos emiten el 100% de su energía, mientras igualan a 0 su capacidad de transmitir y reflejar energía radiante, sino todo lo contrario, puesto que los cuerpos varían su opacidad y limitan su capacidad de transmitir energía infrarroja (Peña Rodríguez & Neita Duarte, 2011).

$$\tau = 0 \rightarrow \epsilon + \rho = 1 \quad [\text{Ec } 5]$$

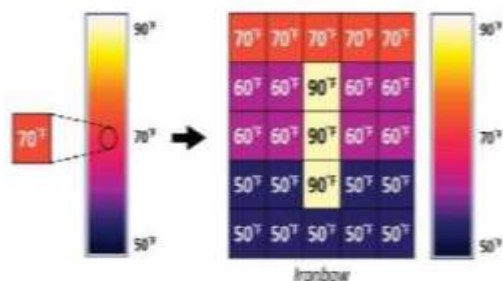
Donde la suma de la radiación saliente “ $\epsilon$ ” y la radiación reflejada “ $\rho$ ”, se la conoce como el 100% de la energía infrarroja saliente.

Materiales y métodos

## Método

Para la elaboración del proyecto se emplearon dos métodos, primero el deductivo y segundo el inductivo, donde el primero se caracteriza por extraer una conclusión referente a una premisa establecida en base a una serie de proposiciones interpretadas como aseveraciones que fueron utilizadas como fundamentos para el segundo método; donde se aplicó el estudio realizado de forma general, en relación a los hechos recopilados como conclusiones universales, fundamentos y leyes (Hernández Sampieri, 2014; Díaz Barriga López & Pulido Torres, 2019). Es así como la investigación se enfocó en el análisis termográfico del cuerpo humano, debido a su capacidad para recibir, producir y emanar energía, referente a la frecuencia de ondas infrarrojas irradiadas, que varían su espectro ante la intermitencia térmica de una baja y alta temperatura, que será medida en un rango espectral que oscila entre las 8 y 14  $\mu\text{m}$  a una tasa de imagen proyectada sobre los 8.7 Hz, mediante la comparación cuantitativa, referente a múltiples parámetros que interviene en la medición como un método de evaluación; que en este caso se lo atribuye al diseño de un equipo termográfico, mediante entrada visual, con la capacidad de cuantificar y procesar un valor total, dentro de un determinado ecosistema (Mariño Mur, 2012).

Gráfico 2: Intermitencia térmica a baja y alta.



Fuente: Cámara térmica (Zoo Med University, 2021; Camara Termica, 2021)

## Materiales

### *Frecuencia de onda*

El equipo termográfico, mediante entrada visual se caracteriza por ser un sistema que trabaja en conjunto con la implementación de un software y el desarrollo de un hardware que, gracias a la interacción de varios materiales, corrigen y compensan señales, con el claro objetivo de obtener un resultado de la energía registrada al 100% (Pascual Arribas, 2016).



### **Cámara**

En la actualidad la amplia gama de materiales y dispositivos electrónicos han permitido desarrollar equipos con la capacidad de ser implementados en diferentes campos, es por esto que con la finalidad de crear un equipo termográfico que se acople a la necesidad del proyecto, se realizó una comparación entre 3 cámaras termográficas y sus características.

**Tabla 1:** Comparación entre cámaras termográficas

Cámaras termográficas			
Características	Seek Thermal Compact Pro	Fluke Tis60+	Flir One Pro
Precisión	±3°C	±2°C	±3°C
Frecuencia de refresco	<9Hz	9- 30 Hz	8.7Hz
HFOV / VFOV	32°	34,1°/25,6°	55°/43° ±1°
Resolución térmica	320 x 240	320 x 240	160 x 120
Sensibilidad térmica NETD	<70mK	45mK	70mK
Banda espectral	7,5–14 μm	7,5–14 μm	8 – 14 μm
Resolución visual	76,800px	76,800px	1,555,200px
Puntos de medición	2	3	3

Fuente: (FLIR Systems, Inc©, 2020; Seek Thermal© , 2020; Fluke Corporation©, 2021)

Después de comparar las características expuestas, la cámara escogida como referencia para el desarrollo del equipo fue la FLIR®, puesto que se acopla como un dispositivo termográfico con la habilidad de captar y realizar mediciones de imágenes infrarrojas en tiempo real, junto a varias características de diversos mecanismos sincronizados entre sí. Lo que ha permitido entender que la construcción del elemento diseñado debe fundamentarse en base en la unión de partes como, instrumentos de imagen óptica infrarroja, interfases de proyección, programas de control termográfico y puertos periféricos, que trabajan en conjunto con la finalidad de obtener un valor determinado (FLIR Systems, Inc©, 2020).

### **Instrumento de imagen óptica infrarroja**

El instrumento encargado de la captación de imágenes parte del hardware constituido por la cámara termográfica IR, que tiene como principal característica la implementación del sistema MSX con

2 cámaras; la primera capaz de captar ondas infrarrojas y la segunda responsable de visualizar imágenes VGA, con la finalidad de obtener una imagen IR con detalles de mayor resolución (FLIR Systems, Inc., 2019).

Los lentes ópticos tienen la capacidad de realizar mediciones en base al procesamiento de algoritmos con fórmulas establecidas por leyes sobre la radiación infrarroja, para así ser utilizado como base en la medición de la variación térmica de varias personas, debido a que ofrece una amplia gama de características mostradas en la tabla 5.

**Tabla 2:** Principales características de funcionamiento

Rama	Característica
Precisión	$\pm 3^{\circ}\text{C}$ o $\pm 5\%$ , porcentaje típico diferencial entre el ambiente y la escena térmica.
Rango dinámico	$-20^{\circ}\text{C}$ a $400^{\circ}\text{C}$
Distancia mínima de enfoque	Térmica 15cm / MSX 30cm
Frecuencia de refrescó	8.7 Hz
HFOV / VFOV	$55^{\circ} \pm 1^{\circ}$ / $43^{\circ} \pm 1^{\circ}$
Resolución térmica	160 x 120
Sensibilidad térmica NETD	70 mK
Banda espectral	8 – 14 $\mu\text{m}$ , en un píxel de 12 $\mu\text{m}$
Resolución visual	Lente de 1440 x 1080
Puntos de medición	3 a la par

**Fuente:** Apliter Termografía (FLIR Systems, Inc©, 2020; FLIR Systems, Inc., 2019)

Las características del elemento y su funcionamiento en conjunto se rigen al cumplimiento de normas y certificaciones, creadas por organismos internacionales que proporcionan una o varias granatitas sobre la actividad a realizar en los diferentes entornos existentes, como se pueden observar en la tabla 6.

**Tabla 3:** Normativas y certificaciones.

Normativas y certificaciones	
Tipo	Aplicación
RoHS	Reducción de sustancias peligrosas en dispositivos eléctricos y electrónicos (AsIAP, 2003).
Ce / FCC	Comprobación del funcionamiento adecuado, bajo medidas establecidas en América y Europa (Nativ Or ).

Directiva 2014/30/EU	Compatibilidad electromagnética de los dispositivos (Diario Oficial de la Unión Europea, 2014).
Estándar EN 61000-3-2:2014	Límites para las emisiones de corriente armónica, según “EMC” (compatibilidad electromagnética) (EPSMA, 2018).
Estándar EN 61000-3-3:2013	Límites de cambio y fluctuación para sistemas de bajo voltaje, para “EMC” (compatibilidad electromagnética) (IEC, 2013).
Estándar EN 55032:2012	Requisitos de emisión de los equipos de multimedia según, “EMC” (compatibilidad electromagnética) (ETSI, 2015).
Estándar EN 55022	Información técnica para realizar pruebas en base métodos de medición (ETSI, 2015; ISL , 2017).

**Fuente:** (AsIAP, 2003; Nativ Or ; Diario Oficial de la Unión Europea, 2014; EPSMA, 2018; IEC, 2013; ETSI, 2015; ISL , 2017)

### ***Puertos periféricos***

El dispositivo termográfico en el proceso previo a la obtención de datos, se proyecta como un elemento que tiene la necesidad y la capacidad de relacionarse con otros instrumentos electrónicos como teléfonos, pantallas y computadoras, para exhibir imágenes con valores térmicos; es por esto que se consideró como prioridad establecer la conexión hacia la interfase por medio de cables macho / hembra USB 2.0 y USB tipo “c” en varios puertos, con el propósito de permitir la transmisión de energía y datos por largos periodos de tiempo (IDUS Technology, 2016).

## **Resultados y discusión**

### ***Procedimiento***

El equipo termográfico, mediante entrada visual, se basa en la aplicación de varios procesos referentes al cumplimiento de parámetros establecidos por la integración de materiales, que se conjugan con el propósito de medir la temperatura de una forma precisa y objetiva para lograr identificar valores admisibles o inadmisibles, según las consideraciones del sector de la salud, en referencia a la crisis sanitaria provocada por el (SARS-CoV-2). Definiendo así que el procedimiento para la obtención de datos se basó en el análisis y la modificación de los parámetros del software para procesar la información proveniente del hardware, dentro del espacio protegido por una carcasa, que se adaptó hacia el entorno en donde se realizaron las pruebas de campo.

### ***Software***

El software es la herramienta que se encarga del control del elemento termográfico y se identifica como el conjunto de operaciones programadas en un determinado lenguaje, que permite realizar

mediciones, tomar capturas y calibrar el dispositivo. Es así como el funcionamiento de la cámara termográfica se basó en la implementación del lenguaje de programación de tipo intermedio, que se caracteriza por compilar códigos fuente elaborados dentro de un programa informático, para poder ejecutarlos en varios dispositivos o en una máquina virtual. Por lo que para lograr diseñar y modificar parámetros, se utilizó el programa informático “MATLAB Resources”, que se caracteriza por emparentar, alterar y facilitar la interacción entre el software y hardware (MATLAB Resource FLIR, 2016).

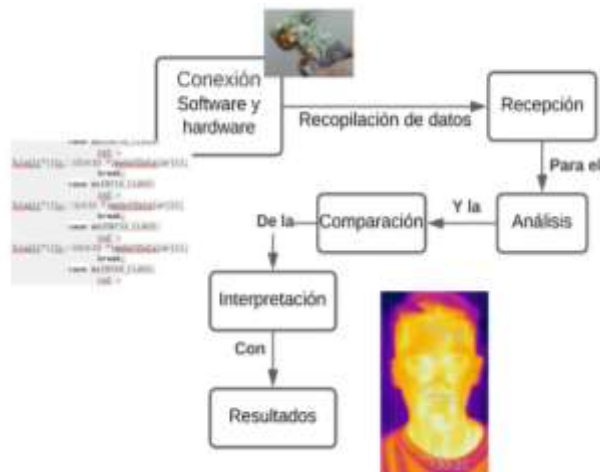
**Gráfico 3:** Funciones para clasificación de datos.

```
defineCRT_SECURE_NO_WARNINGS_UIDE_SCAN_CAM1#
#include "mex.h" _RANGE _ VRBL//4S
#include "tc.file/tc.file.h" _ DSCT//0.5_1_1.5
#include <typeinfo> _ MOD // ENT_END //01
//mex FlirMovieReaderMex.cpp -I%FILESDKDIR%include -
L%FILESDKDIR%bin/x64/Release -ltc.lib -ltc.file.lib -ltc.reduce.lib
//matlab data marshalling helper functions
template<typename T> struct mxClassFromType;
```

**Fuente:** Autores, 2021

La principal característica del sistema en general es la unión de elementos e información programada que funcionan en conjunto, bajo un determinado flujo de recopilación, recepción, análisis, comparación e interpretación de datos, para entregar y mostrar resultados térmicos precisos.

**Gráfico 4:** Funcionamiento software y hardware.



**Fuente:** Autores, 2021

### *Recopilación de datos*

El termómetro infrarrojo Lyftrack fue implementado en el análisis del presente estudio, debido a su capacidad para realizar ensayos no destructivos a distancia, debido a que basa su funcionamiento en un sensor infrarrojo que interactúa con otros componentes y registra la temperatura del cuerpo de una persona bajo normativas aceptadas por varios entes internacionales, como se puede observar en la tabla (LYFTRACK©, 2020).

**Tabla 4:** Características de funcionamiento

Rama	Característica
Modelo	IR 988
Rango del display	34.8 °C – 42.5 °C
Distancia mínima de enfoque	Térmica 15cm / MSX 30cm
Precisión	0.1 °C/°F
Distancia de medición	3 – 5 Cm
Memoria interna	32 unidades
Error admisible	±0.2°C
Estabilización	20s
Certificaciones	FCC, FDA, VRohs & CE

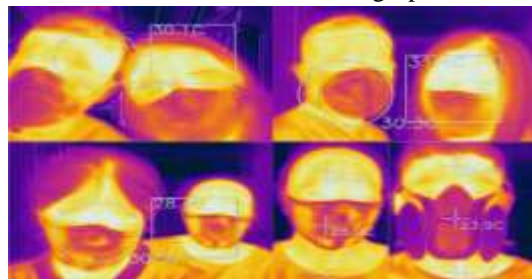
**Fuente:** LyfTrack (LYFTRACK©, 2020).

### **Comparativa de datos**

#### *Primera etapa*

La medición grupal fue considerada como la primera etapa para comparar datos, debido a la capacidad del dispositivo termográfico para medir varios puntos en tiempo real.

**Gráfico 5:** Medición grupal.

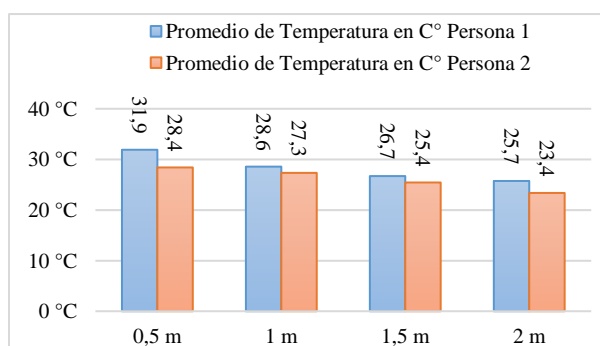


**Fuente:** Autores, 2021

Sin embargo, por las características del software para ajustar valores conforme el entorno y sobre todo por el riesgo de contagio grupal, se optó por descartar mediciones de este tipo. Además, no se realizó una comparación de datos con el termómetro infrarrojo LyfTrack debido a que el instrumento solo permite medir individualmente a las personas.

Con el objetivo de comprender que el dispositivo no está optimizado para obtener mediciones precisas en la presencia de varios individuos, se definieron parejas y se analizaron valores térmicos a 0.5m, 1m, 1.5m y 2 metros de distancia.

**Gráfico 6:** Datos en pareja de la primera etapa.

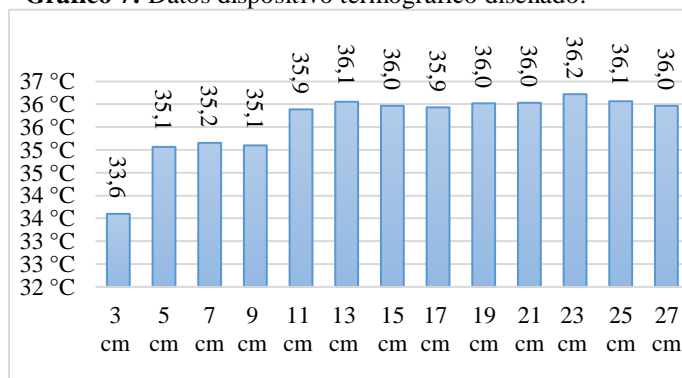


Fuente: Autores, 2021

### *Segunda etapa*

Para la segunda etapa de recopilación y comparación de datos térmicos, se instauró un proceso de medición con el dispositivo termográfico diseñado y con el termómetro infrarrojo LyTrack, a diferentes longitudes, que partían desde los 3 cm hasta 29 cm, con intervalos de 2 centímetros entre cada punto de medición.

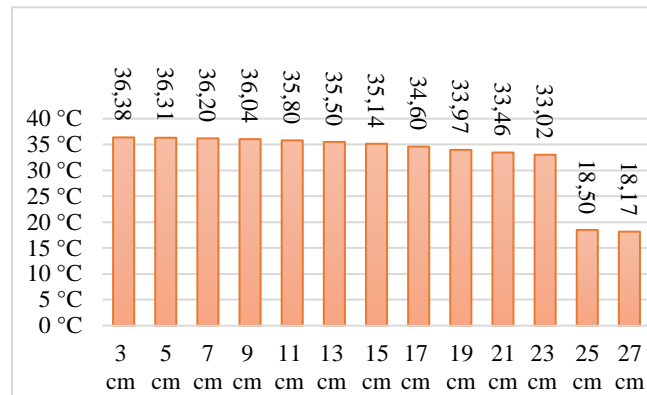
**Gráfico 7:** Datos dispositivo termográfico diseñado.



Fuente: Autores, 2021



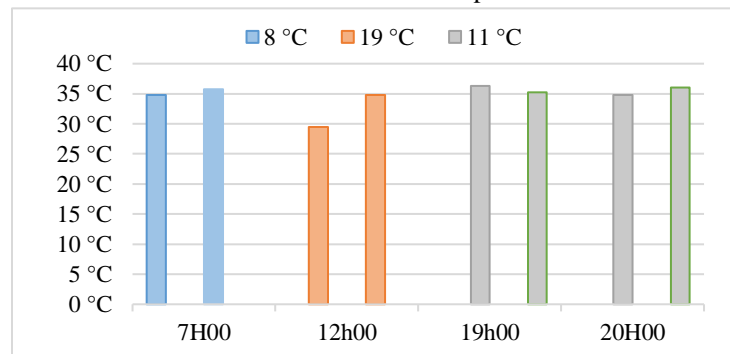
**Gráfico 8:** Datos termómetro infrarrojo LyTrack.



Fuente: Autores, 2021

En la comparativa de datos también se tomó en cuenta la temperatura del ambiente en diferentes horarios, para contemplar si la variación de la misma resulta en un incremento o una disminución en los valores arrojados por los instrumentos de medición. Donde las columnas ubicadas en el lado izquierdo hacen referencia al termómetro infrarrojo LyTrack y las columnas ubicadas en la derecha son del dispositivo termográfico diseñado.

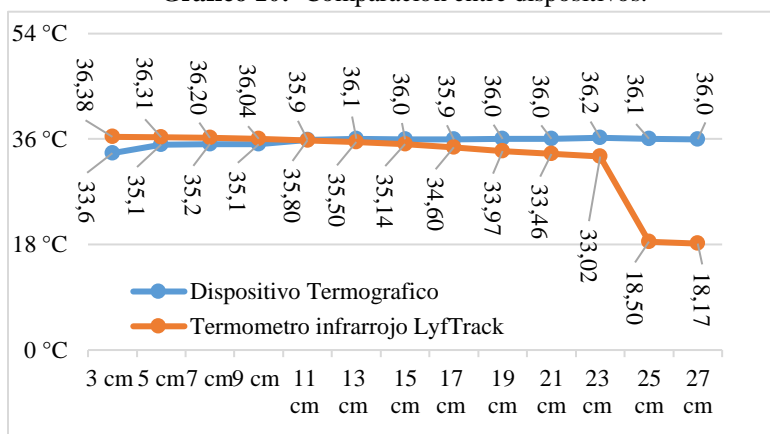
**Gráfico 9:** Relación térmica Hora / Temperatura ambiente.



Fuente: Autores, 2021

Después de realizar las pruebas de campo, se logró definir que el punto adecuado para medir la temperatura con el termómetro infrarrojo LyfTrack se encuentra en la frente a 3 centímetro del individuo; mientras que el dispositivo termográfico diseñado a esta distancia entrega valores imprecisos.

**Gráfico 10:** Comparación entre dispositivos.



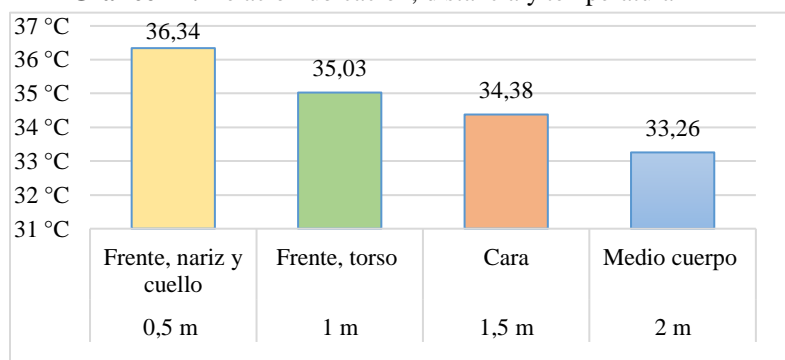
Fuente: Autores, 2021

Además de lo mencionado previamente, fue posible constatar que el termómetro infrarrojo LyfTrack realiza mediciones precisas a cortas distancias. Por el contrario el dispositivo termográfico diseñado, demostró que estos rangos no son favorables debido a la variación e intermitencia térmica captada.

### Tercera etapa

La recolección de información en la tercera etapa se basó en ubicar el dispositivo termográfico diseñado en un lugar fijo, con tres puntos de medición constantes a 0.50m, 1m, 1.5m y 2 metros de longitud, con el propósito de lograr identificar la distancia adecuada, para conseguir mediciones precisas de la temperatura corporal de las personas.

**Gráfico 11:** Relación ubicación, distancia y temperatura



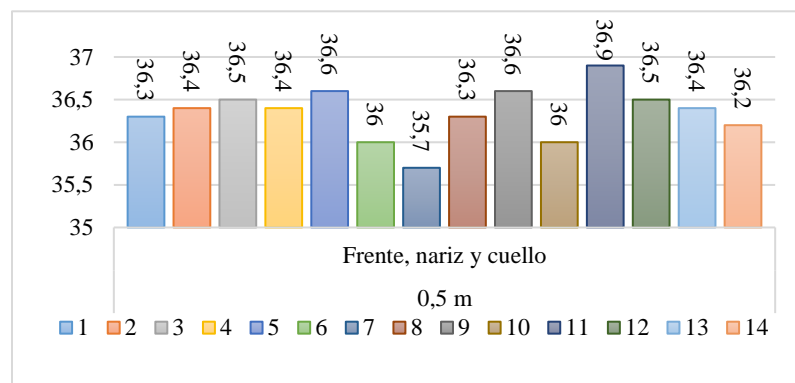
Fuente: Autores, 2021

Asimismo, el gráfico 12 indica que el dispositivo termográfico diseñado en distancias cortas tiende a emitir datos térmicos de forma ascendente y con grandes intervalos.

El gráfico 13 muestra que el termómetro infrarrojo LyfTrack emite valores de forma descendente y su precisión aumenta cuando menor es la distancia.

Gracias a las mediciones realizadas en un grupo de 14 personas se logó identificar que la distancia adecuada para medir la temperatura de las personas es 0.50 metros, puesto que los valores se mantienen constantes y varían de 0.1 °C a 0.2 °C, como se puede observar en el gráfico 12.

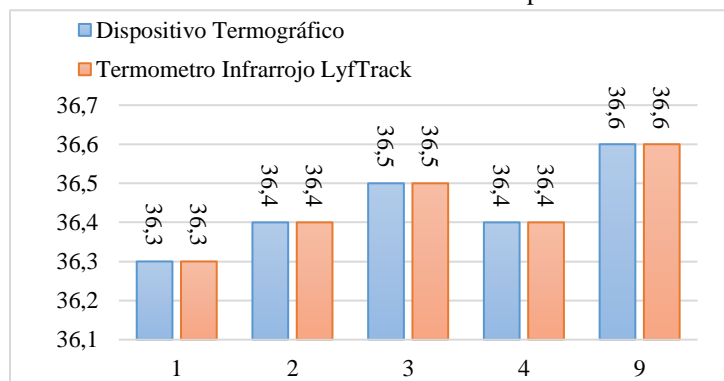
**Gráfico 12:** Distancia referencial adecuada dispositivo termográfico diseñado.



Fuente: Autores, 2021

Para demostrar que el dispositivo termográfico diseñado tiene la capacidad de identificar la temperatura de las personas de una forma precisa, se realizaron mediciones a la distancia adecuada de 0,03 metros del termómetro infrarrojo LyfTrack y se cortejaron con los datos capturados a la distancia adecuada del dispositivo termográfico diseñado.

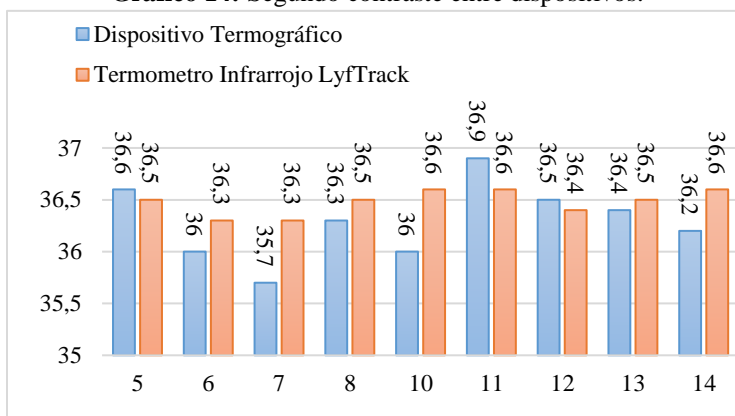
**Gráfico 13:** Primer contraste entre dispositivos.



Fuente: Autores, 2021

El primer contraste realizado entre los dispositivos permitió observar que 5 de las mediciones no tiene variaciones, es decir que el dispositivo se muestra como un instrumento que trabaja con un rango de error de  $\pm 0.0^{\circ}\text{C}$ .

**Gráfico 14:** Segundo contraste entre dispositivos.



Fuente: Autores, 2021

Mientras que para el segundo contraste se observó que en 9 de las mediciones existieron fluctuaciones que se extendieron hasta un máximo de diferencia de  $0.6^{\circ}\text{C}$ . Revelando que el dispositivo termográfico, mediante entrada visual se muestra como un instrumento capaz trabaja con un rango de error que no excede los  $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$  grados de diferencia con relación a otros instrumentos, como el detallado previamente.

## Conclusiones

Un dispositivo termográfico que realiza mediciones en tiempo real a varios puntos del espectro térmico de un individuo interpreta leyes algorítmicas destinadas a revelar la temperatura mediante procesos realizados por un software y un hardware, ya que así, las partes implementadas establecen canales de comunicación y permiten recopilar datos de una forma precisa.

La cámara termográfica desarrollada tiene la capacidad para realizar mediciones a varias distancias, por lo que para interpretar y analizar la información entregada es necesario capturar datos en diferentes etapas.

El dispositivo termográfico y sus valores medidos tienen a cambiar, por lo que, se realizaron mediciones en 3 etapas; la primera etapa destinada a la medición grupal, revelo que el instrumento

tiene la capacidad capturar y elaborar un promedio del cuadro captado, en relación al ambiente que lo rodea, sin embargo el valor de un punto en específico tiene un margen de error de  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ; la segunda etapa demostró que el elemento tiene la capacidad de medir puntos específicos a cortas distancias, pero su valor es inestable e impreciso con un margen de  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  a comparación con otro instrumento; en la tercera etapa se utilizaron más puntos y rangos para medir la temperatura, lo que releva que a una distancia adecuada el instrumento es preciso en sus mediciones, debido a que tiene un margen de error de  $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ , en relación con otro instrumento.

La distancia adecuada para realizar mediciones con el dispositivo termográfico fue de suma importancia, puesto que al contrastar los datos con otro instrumento termográfico, se logró identificar que en el 36% de los participantes, el margen de error es de  $\pm 0.0^{\circ}\text{C}$  y en el 64% los de los participantes, el margen de error es de  $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ , es decir que en el 100% de las muestras registradas, existe un margen de error que no supera el  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , lo que demuestra que el instrumento es un artefacto capaz de realizar mediciones precisas. Es por esto que la identificación de condiciones para el funcionamiento óptimo del dispositivo tiene gran relevancia, puesto que revela su capacidad operativa en diversos ambientes.

## Referencias

1. Adnan Shereen, M., Khan, S., Kazmi, A., Bashir, N., & Siddique, R. (2020). COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. *Journal of Advanced Research*, 24(2090-1232), 91-98.
2. AsIAP. (2003). Asociación de Informáticos del Uruguay. Recuperado el 01 de 02 de 2021, de <http://www.asiap.org/AsIAP/index.php/raee/300-articulos/3004-que-es-el-rohs-y-por-que-es-importante>
3. Camara Termica. (01 de 02 de 2021). CamaraTermica.Info. (CamaraTermica.Info) Recuperado el 03 de 02 de 2021, de <https://www.camaratermica.info/camara-termica-de-caza-nocturna/>
4. Diario Oficial de la Unión Europea. (2014). Directiva 2014/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 30(L 96/79), 1-28.
5. Diario Oficial de la Unión Europea. (2014). Directiva 2014/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 65(L173/349), 1-30.

6. Díaz Barriga López, A., & Pulido Torres, O. (2019). Sites Fundamentos de la investigación. (Instituto Tecnológico de Tijuana) Recuperado el 25 de 01 de 2021, de <https://sites.google.com/site/fundamentosdelainvestigacionla/unidad-2-la-investigacion-como-un-proceso-de-construccion-social/2-3-tipos-de-metodos-inductivo-deductivo-analitico-sintetico-comparativo-dialectico-entre-otros>
7. EPSMA. (2018). PFC Harmonic Current Emissions – Guide to EN61000-3-2:2014. European Power Supplies Manufacturers' Association , 2(3-2), 1-19.
8. ETSI. (2015). Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Impact of CENELEC EN 55032 on ETSI EMC Standards . European Telecommunications Standards Institute, 1.1.1(1), 1-12.
9. FLIR Systems, Inc. (11 de 04 de 2019). Apliter Termografía. Recuperado el 29 de 01 de 2021, de <https://apliter.com/wp-content/uploads/2019/09/FLIR-FLIR-ONE-PRO-C%C3%A1mara-termogr%C3%A1fica-para-smartphone-Ficha-t%C3%A9cnica.pdf>
10. FLIR Systems, Inc©. (2020). FLIR. (FLIR.com) Recuperado el 25 de 01 de 2021, de <https://www.flir.com/products/flir-one-pro/>
11. Fluke Corporation©. (2021). Fluke.com. Recuperado el 15 de 02 de 2021, de <https://www.fluke.com/es-ec/producto/camaras-termicas/tis60plus>
12. Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación Sexta edición. En R. Hernández Sampieri, Metodología de la investigación Sexta edición (pág. 634). Mexico: McGRAW-HILL Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
13. Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., . . . Caot, B. (2020). Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. Elsevier Ltd, 395(S0140-6736(20)30183-5), 507-513.
14. IDUS Technology. (09 de 10 de 2016). Pinterest. Recuperado el 10 de 03 de 2021, de <https://www.pinterest.es/pin/583356957961688828/>
15. IEC. (2013). Electromagnetic compatibility (EMC) Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current  $\leq 16$  A per phase and not subject to conditional connection . International Electrotechnical Commission, 3(3-3), 1-24.



16. ISO - The International Organization for Standardization. (2008). Condition monitoring and diagnostics of machines Thermography - Part1: General Procedures. International Standard, 01(ISO 18434-1), 1-32.
17. Kim, D.-S., Hwang, T.-H., Yong Song, J., Hwa Park, S., Park, J., Yoo, E.-S., . . . Park, J.-S. (2016). Design and fabrication of smart band module for measurement of temperature and GSR (galvanic skin response) from human body. ELSEVIER, 168(10.1016), 1577-1580.
18. Lovell, N., Carey, I., Etkind, S., Higginson, I., & Edmonds, P. (01 de 07 de 2020). Characteristics, Symptom Management, and Outcomes of 101 Patients With COVID-19 Referred for Hospital. Journal of Pain and Symptom Management, págs. 77-81.
19. LYFTRACK©. (2020). <https://lyftrack.com/>. (LYFTRACK©) Recuperado el 21 de 03 de 2021, de <https://lyftrack.com/>
20. Mariño Mur, A. (2012). Caracterización Térmica de un conjunto de edificaciones del Pirineo Oscense Mediante Termografía Infrarroja. València: Universidad Politécnica de València, Escuela Técnica Superior Ingeniería de Edificación.
21. Mártil, I. (27 de 05 de 2016). Público. Recuperado el 23 de 05 de 2021, de <https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2016/05/27/la-invisible-y-muy-real-radiacion-infrarroja/>
22. MATLAB Resource FLIR. (14 de 02 de 2016). Face-Detection-and-Tracking-Sample-Code.zip. (FLIR) Recuperado el 03 de 03 de 2021, de <https://flir.app.box.com/s/o1t1safir7o2soqj2vvnv4vy7e1qnmz9a>
23. Nativ Or . (s.f.). CEO 360 Compliance. Recuperado el 01 de 02 de 2021, de [https://contact.telit.com/hubfs/Events/IoT%20Roadshow/2019/Minneapolis/Minneapolis%20Presentations/Telit\\_Technical\\_Workshop\\_2019\\_FCC\\_and\\_CE\\_Wireless\\_Certification\\_Nativ\\_Or.pdf](https://contact.telit.com/hubfs/Events/IoT%20Roadshow/2019/Minneapolis/Minneapolis%20Presentations/Telit_Technical_Workshop_2019_FCC_and_CE_Wireless_Certification_Nativ_Or.pdf)
24. Pascual Arribas, R. (2016). Captura y procesamiento de imágenes de una cámara térmica. En Captura y procesamiento de imágenes de una cámara térmica (págs. 13-19). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos.

25. Peña Rodríguez, E. O., & Neita Duarte, L. Y. (2011). Temperatura Y Calor . En Principios Básicos de la Termografía Infrarroja y su Utilización como técnica para mantenimiento predictivo (págs. 56-221). Floridablanca: Universidad Pontificia Bolivariana - Facultad de Ingeniería Electrónica.
26. Ruiz Echeverri, J. M., & Meza Arenas, J. M. (2018). Fundamentos para una metodología para el diagnóstico cuantitativo de la función lagrimal humana utilizando termografía Infra-Roja. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira - Departamento de Física, grupo de Electrofisiología.
27. Seek Thermal© . (2020). Thermal.com. Recuperado el 15 de 02 de 2021, de <https://www.thermal.com/uploads/1/0/1/3/101388544/compactpro-sellsheet-usav1.pdf>
28. Suárez, V., Suarez Qezada, M., Oros Ruiz, S., & Ronquillo De Jesús, E. (2020). Epidemiology of COVID-19 in Mexico: From the 27th of February to the 30th of April 2020. Elsevier España, 220(5), 463-471.
29. Wu, Y., Jing, W., Liu, J., Ma, Q., Yuan, J., Wang, Y., Liu, M. (2020). Effects of temperature and humidity on the daily new cases and new deaths of COVID-19 in 166 countries. ELSEIVER Science of the Total Environment, 729(139051), 1-7.
30. Zoo Med University. (2021). Training Zoo Med University. (Zoo Med University) Recuperado el 03 de 02 de 2021, de <https://training.zoomed.com/associate-lighting/>