



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

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

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

Bryan Ariel Silva-Ramírez ^I

brsilvara@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-9973-663X>

Daniel Alexander Erazo-Amaya ^{II}

daerazoam@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-2097-0579>

Guillermo Gorky Reyes-Campaña ^{III}

gureyesca@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7133-9509>

Correspondencia: gloria.abarca@unach.edu.ec

Ciencias técnica y aplicada

Artículo de investigación

***Recibido:** 10 de abril de 2021 ***Aceptado:** 03 de mayo de 2021 * **Publicado:** 01 de junio de 2021

- I. Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- II. Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- III. Magister en Sistemas Automotrices, Ingeniero Mecánico Especialidad Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.

Resumen

El fenómeno epidemiológico producido por (SARS-CoV-2), ha ocasionado catástrofes económicas en todo el mundo, generando gran presión a los gobiernos en buscar soluciones, encaminando al cierre de ciudades y causando decrecimiento económico en todo el país. Los países se han visto obligados a intentar retomar la normalidad usando normas de bioseguridad considerando síntomas comunes que presentaron pacientes infectados con el (SARS-CoV-2), como síntoma más repetitivo en los pacientes fue la elevada temperatura que presentaban en la gran mayoría de infectados. Por esta razón, siguiendo una serie de parámetros ya establecidos se formuló la implantación de un dispositivo termográfico en medios de transporte público del DMQ mediante un artilugio ocular que tenga la función de medir la temperatura para detectar posibles personas contagiadas. Analizando una serie de datos recopilados entre el dispositivo termográfico y LyfTrack, el estudio reveló que el dispositivo termográfico puede realizar mediciones hasta 5 individuos con un margen de error mínimo al encontrarse ubicado a una altura de 1,75m de altura con una distancia de 1m, con estos parámetros los índices de error son mínimos. El análisis decretó que el dispositivo termográfico llega a tener variaciones en relación a la distancia y la altura que se encuentra ubicado, la temperatura ambiente y la altura del individuo que se pretende medir, por estos motivos se recomienda tomar en cuenta todas estas variables para que el dispositivo pueda realizar las medidas de una forma precisa y eficiente.

Palabras claves: Dispositivo Termográfico; Transporte Público; Temperatura; Parámetros De Medición.

Abstract

The pandemic produced by (SARS-CoV-2), has caused economic catastrophies in all the world, genrating great pressure on governments to search for solutions paving the way to city closures and causing economic shrinkage en the entire country. Countries have been obliged to try to take back normalcy using bio-security norms taking into consideration common symptoms that infected patients presented with (SARS-CoV-2). The most repetitive symptom in patients was the elevated temperature which was present in a great majority of infected patients. For this reason, following a series of parameters already established, the implementation of a thermo-graphic device in DMO's public transport mediums was formulated thourgh an ocular gadget that has the function to measure temperature to detect posible infected people. Analyzing a series of compiled data

between the thermo-graphic device and LyfTrack, the study revealed that the thermo-graphic device can measure up to five individuals with a minimal margin of error by being located at a height of 1.75m at a distance of 1m. With these parameters the margin of error is minimal. The analysis declared that thermo-graphic device can come to have variations in relation to the distance and the height where is located, the surrounding temperature, and the height of the individual that it pretends to take measurements of. For these motives it is recommended to take into account all of these variables so that the device can make precise and efficient measurements.

Keywords: Thermographic Device; Public Transportation; temperature; Measurement Parameters.

Resumo

O fenômeno epidemiológico produzido pelo (SARS-CoV-2) tem causado catástrofes econômicas em todo o mundo, gerando grande pressão sobre os governos na busca de soluções, levando ao fechamento de cidades e causando declínio econômico em todo o país. Os países foram obrigados a tentar voltar à normalidade usando padrões de biossegurança considerando os sintomas comuns que os pacientes infectados com (SARS-CoV-2) apresentavam, já que o sintoma mais repetitivo nos pacientes era a temperatura elevada que apresentavam na grande maioria dos infectados. Por isso, seguindo uma série de parâmetros já estabelecidos, foi formulado o implante de um aparelho termográfico em meio de transporte público no MDQ por meio de um aparelho oftalmológico que tem a função de medir a temperatura para detectar possíveis infectados. Analisando uma série de dados coletados entre o aparelho termográfico e o LyfTrack, o estudo revelou que o aparelho termográfico pode realizar medições em até 5 indivíduos com margem mínima de erro, pois está localizado a 1,75m de altura e distância de 1m, com esses parâmetros, as taxas de erro são mínimas. A análise decretou que o aparelho termográfico possui variações em relação à distância e altura em que está localizado, a temperatura ambiente e a altura do indivíduo a ser medido, por isso recomenda-se levar em consideração todas essas variáveis para que o dispositivo pode realizar medições com precisão e eficiência.

Palavras-chave: Dispositivo Termográfico; Transporte público; Temperatura; Parâmetros de Medição.

Introducción

La pandemia por COVID-19 ha puesto bajo gran presión las capacidades de todos los gobiernos del mundo. En países desarrollados y los que se encuentran en desarrollo, los gobiernos nacionales han tenido que tomar medidas extraordinarias para actuar (Guillermo M. Cejudo, 2020). En general, los países han adoptado con diferentes grados de severidad, profundidad y oportunidad medidas de política sanitaria y de contención como el cierre de fronteras, interrupción del transporte aéreo, cuarentenas, aislamiento y distanciamiento social, todo con el fin de ralentizar la transmisión y reducir la mortalidad asociada a la Covid-19 (Hernández R. A., 2020). Sin tener una fecha exacta sobre la posible vacuna contra el Covid-19 varios países decidieron comenzar a reactivar su funcionamiento por esta razón se analizó la implementación de cámaras termografías en el transporte urbano de la ciudad de Quito que servirá como una medida de detección para los posibles portadores del virus mediante las lecturas precisas de su temperatura corporal el cual es uno de los síntomas principales en las personas que padecen el Covid-19.

El transporte urbano es uno de los elementos más utilizados por las personas con un ingreso económico regular, se debe determinar una correcta instalación de la cámara termografía en los buses de la ciudad de Quito para así poder identificar un posible individuo contagiado de Covid-19. De esta manera se analiza y se tiene en cuenta un promedio de las personas que tienen una temperatura elevada dentro del transporte de buses urbanos dentro de la ciudad de Quito, además de esto se tiene en cuenta factores externos que influyen en el análisis de la temperatura por la cámara termografía como la variación del clima dependiendo el día ya que si es día caluroso la temperatura corporal aumenta, después se podrá establecer nuevas medidas de precaución basado en el funcionamiento de la cámara termo gráfica como el aforo de personas dentro del transporte urbano.

Una empresa china acaba de instalar la primera en el aeropuerto El Dorado. Puede medir la temperatura de 5.000 personas en 30 minutos. La solución de medición de temperatura corporal es parametrizable o configurable, es decir, el usuario indica en el software cuál es la temperatura a la que debe disparar una alarma. Por ejemplo, con fines educativos, en el aeropuerto se realizaron pruebas a 36° C, a 37,5° C y a 38° C a los operadores de Opaín.

La cámara, al tomar la temperatura en la frente, detecta que está por encima de lo configurado, genera una alarma sonora imposible de ignorar y toma una foto del pasajero que registró una alta medida. Mide la temperatura corporal de las personas, aun si el flujo o el tráfico de personas es

alto. Mientras se mide la temperatura de 5.000 personas, en aproximadamente 4,2 horas usando un termómetro de frente, uno de los métodos utilizados por la OMS, esta tecnología térmica solo toma 30 minutos. Está en la capacidad de registrar la temperatura de tres personas por segundo, con una precisión de $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$. (Bohórquez, 2020)

Las cámaras termográficas pueden entregar dos tipos de medidas: Medidas cualitativas y medidas cuantitativas como se explican a continuación.

Medidas Cualitativas: Son imágenes que poseen diversos colores por medio de los cuales se pueden identificar los puntos más calientes y verificar la uniformidad de la temperatura de un equipo.

Medidas Cuantitativas: Son valores exactos de temperatura de los puntos calientes que sirven para determinar la gravedad de un problema existente para realizar la acción correctiva pertinente que le permita al equipo volver a su estado normal de operación

- *Marco teórico*

En el año 2020, el coronavirus más conocido era el SARS-CoV, un virus que infecta el tracto respiratorio tanto en su parte superior como inferior y fue identificado por primera vez a finales de febrero de 2003 tras el brote del SARS1 (Síndrome Respiratorio Agudo y Severo) comenzado el año 2002 en Asia. Provocó una ola epidémica en la que más de 8.000 personas se infectaron, entre el 20-30% de pacientes requirieron ventilación mecánica y tuvo una mortalidad cercana al 10% cifra superior en personas ancianas, motivando que la Organización Mundial de la Salud OMS emitiera una alerta sanitaria global. La enfermedad se propagó a más de dos docenas de países en Norteamérica, América del Sur, Europa y Asia antes de que se pudiera contener el brote; desde el año 2004, no ha habido ningún caso conocido. (PAHO, 2020)

El actual brote de la enfermedad por el nuevo coronavirus o COVID-19 surgió en la ciudad china de Wuhan, una metrópoli de 11 millones de habitantes en la provincia de Hubei, donde las autoridades locales inicialmente refirieron un origen desconocido del brote, pero que posteriormente se relaciona con un gran mercado de animales vivos y marisco de esa ciudad. (farmaceuticos, 2020)

Entre el 81-98% de los pacientes presentaron fiebre, se ha informado que los pacientes menos graves suelen tener fiebre baja, mientras que los casos más graves pueden presentar fiebre de baja a moderada. (Chile, 2020)

En la sociedad está extendida cierta fiebrefobia, ya que puede que durante esta pandemia de COVID-19 este por parte justificada. Durante estos días hay que estar atentos si el termómetro rebasa los 37 grados centígrados.

- *Temperatura*

La fiebre ocurre cuando el “termostato” interno del cuerpo aumenta la temperatura corporal por encima de su nivel normal. Este termostato se encuentra en una parte del cerebro llamada hipotálamo. El hipotálamo sabe a qué temperatura debe estar el cuerpo habitualmente alrededor de los 98,6 °F o 37 °C y envía mensajes al cuerpo para mantenerla a ese nivel. En la tabla 1, se observa los rangos de temperatura corporal y los efectos en seres humanos.

Tabla 1: Rangos de temperatura corporal y sus efectos en los seres humanos.

RANGO	SÍNTOMA
27 °C	Nivel Inferior Antes De Morir
28°C	Hipotermia Grave, Perdida De La Consciencia
32,2°C -35°C	Hipotermia Leve (Temblores Musculares)
33 °C	Enfriamiento
36,5°C	Temperatura Corporal Central Normal, Axilar
36,7°C	Temperatura Corporal Central Normal, Sublingual
37°C	Fiebre corporal central normal
37,8°C- 38,5 °C	Fiebre Moderada
39°C	Fiebre Alta
40 °C - 42°C	Fiebre Muy Alta Hiperpirética
42°C	Insuficiencia Circulatoria
42,6°C-42,8°C	Muerte Por La Desnaturalización De Proteínas Y Encima

Fuente: (OVACEN, 2020)

Así, la fiebre es un síntoma que el cuerpo activa su sistema inmune para crear una defensa contra el virus o bacterias que lo están atacando.

Cuando un virus o bacteria logra penetrar las barreras físicas del cuerpo, aumenta la temperatura, con el fin de activar el sistema inmune y lograr la destrucción de gérmenes perjudiciales. (Infosalus, 2020)

- *Transmisión*

Una enfermedad infecciosa es causada por organismos o virus que entran al cuerpo que se transmite de una persona a otra de manera directa o indirecta.

La transmisión directa de una enfermedad es por medio de los estornudos, la tos, el contacto físico o las transducciones de sangre. Al estornudar o toser los microbios van en las gotas de humedad

expendidas por la nariz y la boca. La transmisión indirecta de una enfermedad ocurre cuando los patógenos pasan de una persona a otra por un agente intermediario los organismos que están en los objetos pasan a los seres vivientes por medio del contacto con esos objetos. (ARTICULOS, 2020)

La evidencia actual sugiere que el COVID-19 se propaga entre las personas por contacto directo, indirecto a través de objetos o superficies contaminadas, o por contacto cercano con personas infectadas a través de secreciones de la boca y la nariz.

Estas incluyen saliva, secreciones respiratorias o gotitas de secreción y se liberan de la boca o la nariz cuando una persona infectada tose, estornuda, habla o canta, por ejemplo. Las personas que están en contacto cercano con una persona infectada se contagian de COVID-19 cuando esas gotitas infecciosas entran en su boca, nariz u ojos.

Para evitar el contacto con estas gotas, es importante mantenerse al menos a un metro de distancia de otras personas, limpiarse las manos con frecuencia y cubrirse la boca con un pañuelo desechable o doblado al estornudar o toser (Aguilar, 2020). Cuando no es posible distanciarse físicamente, usar una mascarilla de tela es una medida importante para proteger a los demás. La limpieza de manos con frecuencia también es crítica.

Las personas con el virus en la nariz y la garganta pueden dejar gotitas infectadas en objetos y superficies llamadas fómites, cuando estornudan, tosen o tocan superficies, como mesas, pomos de las puertas y pasamanos. Otras personas pueden infectarse al tocar estos objetos o superficies, y luego tocarse los ojos, la nariz o la boca antes de lavarse las manos.

Esta es la razón por la cual es esencial lavarse bien las manos regularmente con agua y jabón o un producto desinfectante a base de alcohol, y limpiar las superficies regularmente. La Organización Mundial de la Salud actualmente, la transmisión de COVID-19 se produce principalmente en personas cuando tienen síntomas, y también puede ocurrir justo antes de que desarrollen síntomas, cuando están cerca de otras personas durante períodos prolongados de tiempo. Si bien alguien que nunca desarrolla síntomas también transmite el virus a otros, aún no está claro en qué medida ocurre esto y se necesita más investigación en esta área. Limitar el contacto con personas infectadas con COVID-19, lavarse las manos exhaustiva y frecuentemente y usar una máscara cuando no se puede garantizar al menos 1 metro de distancia física, ayuda a romper las cadenas de

transmisión (ONU, 2020). En la tabla 2 se observa los diferentes tipos de transmisión del COVID-19

Tabla 2: Tipos de transmisión del COVID- 19

TRASMISIÓN	
TIPO	FACTORES
Transmisión por contacto y por gotículas	Contacto directo, indirecto o estrecho con personas infectadas a través de las secreciones contaminadas, por ejemplo, la saliva
Transmisión aérea	Vía aérea durante la realización de técnicas médicas en las que se produzcan aerosoles
Transmisión por fómites	Las secreciones respiratorias o las gotículas que las personas infectadas expulsan pueden contaminar las superficies y los objetos
Otras vías de transmisión	muestras biológicas, por ejemplo, en la orina y las heces de determinados pacientes

Fuente: (SALUD, 2020)

- *Parámetros de medición*

La lucha contra la Covid-19 ha supuesto un verdadero reto a nivel mundial, minimizar la propagación sigue siendo un objetivo prioritario. El sistema productivo y los procesos sociales tienen que seguir permitiéndonos la sostenibilidad de la sociedad, por esto es crucial aplicar todos los esfuerzos en el establecimiento de soluciones y medidas necesarias que previenen y mitiga el contagio y al mismo tiempo que generen la confianza de estar protegidos de cara al retorno de las actividades cotidianas pasada la etapa de la cuarentena. Por tal motivo se implementa sistemas para mitigar los contagios, es por esto que fabricantes de tecnología han desarrollado dispositivos para la medición de la temperatura corporal y así lograr un control seguro de los accesos en espacios concurridos, detectando de manera instantánea y efectiva a las personas con fiebre, uno de los síntomas más frecuentes de la enfermedad.

Los fabricantes IoT y del sector de la seguridad y videovigilancia se han dado a la tarea de adaptar rápidamente sus soluciones para adecuarlas a las necesidades actuales; desarrollando avanzados dispositivos y sistemas de radiometría térmica en función de servir como un primer filtro en la detección de variaciones en la temperatura corporal y contribuir al cumplimiento de las normas recomendadas para salvaguardar la vida. (GatronicGroup, 2020)

- *Trasmisión del calor*

Transmisión o transferencia de calor, la cual se produce entre dos superficies o medios que se encuentran a diferente temperatura y siempre desde el que dispone una mayor temperatura hacia el de menos temperatura. Esta transferencia de calor, se puede llevar a cabo de tres formas diferentes, las cuales se explican más en profundidad en los siguientes subapartados:

Conducción: Depende de la conductividad térmica del material en contacto, es decir, de la rapidez con la que permite que se transmita la energía calorífica.

Convección: Se lleva a cabo por las corrientes de convección, las cuales provocan que se mueva el fluido según su temperatura y la densidad asociada a la misma.

Radiación: Consiste en la propagación de energía electromagnética. (Hernández E. M., 2019)

- *Conducción y convección*

La principal diferencia entre la conducción y la convección es que, mientras la transferencia de calor a través de un elemento sólido sólo se produce por conducción, cuando tiene lugar a partir de un líquido o gas, puede darse de ambas formas, en función del tipo de desplazamiento que realice el fluido; y, además, este intercambio de energía se ejecuta sin tener asociado transporte de materia alguno (Pablo Barrera, 2017).

$$Q = \frac{K}{L \times A \times \Delta T}$$

[Ec 1]

Q = calor transferido

K = conductividad térmica

L = espesor del material

A = área normal para el flujo

ΔT = diferencia de temperatura

Por otro lado, cuando hablamos de convección, se toma en cuenta que el calor se propaga sin contacto directo, a través de las corrientes de convección, en las que las partes de la sustancia a mayor temperatura disminuyen su densidad respecto a las más frías. Así pues, las zonas más calientes y menos densas, se desplazan a las capas altas; mientras que las menos calientes y con mayor densidad, se trasladan a las capas bajas. (Hernández E. M., 2019)

$$T(t) = T_{amb} + (T_i - T_{amb})e^{-KT}$$

[Ec 2]

$T(t)$ = Temperatura en dominio del tiempo.

T_{amb} = Temperatura ambiente.

T_i = Temperatura inicial.

K = Constante de proporcionalidad de enfriamiento.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de la investigación se utilizará un método deductivo, la cual es una forma de razonamiento para transformar los conocimientos de casos particulares a conocimientos más general, que evidencia la similitud de los fenómenos individuales, encontrando peculiaridad de un grupo definido. Los aspectos que los caracterizan se da el comienzo a implementación del método inductivo que da prioridad al razonamiento para llegar a conclusiones que han partido de hechos aceptados y válidos, su aplicación es de carácter general ya que se inicia con un estudio de hechos individuales y se finalizan formulando conclusiones universales se da como propuesta de una ley, principio o fundamento de una teoría (Sampieri, 2014). El análisis de esta investigación se ha dado prioridad a los métodos previamente elegidos ya que al analizar un elemento particular en relación a todas las variables externas que influyen en la obtención de una temperatura adecuada con la cámara , el cual cumplen criterios de normativas de medición y de calidad, según los datos obtenidos en esta cámara se determina que las distancias deben estar entre 0.5 y dos metros, esto implica que tomando en cuenta las variables de las alturas, el presente estudio busca analizar cual sería la posición ideal en relación con la precisión de las medidas.

Como primer paso tomará en cuenta la ubicación de la cámara en el interior del bus con sus respectivas pantallas, en base diseño de una carcasa protectora con el fin de que la cámara se mantenga estática en el lugar asignado de la misma manera detectar el lugar adecuado en el ingreso de las personas y que no llegue a incomodar al personal que usa el transporte público para así luego colocar el sistema de programación en un lugar no visible para los pasajeros con el fin de mantener el control de la temperatura de las personas.

Materiales

Cámara térmica

El sistema de vídeo inteligente cuenta con un sensor de imagen térmica de alto rendimiento integrado y calibrado, permitiendo detectar la ubicación exacta de los puntos calientes en toda la imagen. (Grupocartronic, 2020)

Figura 1: Cámara termográfica fabricada por estudiantes de la Universidad Internacional Del Ecuador.



Fuente: Autores

Normativa

Las mediciones se realizan en lugares en donde existe una gran circulación de personas por este motivo se tiene en cuenta una serie normas y estándares para una correcta recopilación de datos. Bajo la Norma ISO/TR – 13154:2017, indica el procedimiento de operación a la hora de estimar la temperatura facial, además de indicar el cumplimiento de que se trata de un equipo médico e incorporando los requisitos para el despliegue, implementación y operación de las cámaras termográficas (Standard, “IEC 80601-2-59:2017 Medical electrical, 2017).

Norma UNE-EN IEC 80601-2-59:2019, para la detección de fiebre a distancia (Standard, “IEC 80601-2-59:2017 Medical electrical, 2017), esta última norma incluye la clasificación y tipo de equipamiento a emplear, las protecciones que se deben usar frente a riesgos eléctricos, mecánicos y por exceso de radiación y/o temperaturas, y, otro tipo de indicaciones. Así, también establece los límites de los testeos de caracterización que se llevan a cabo en el lugar de trabajo.

Ruta

Los motivos de viajes dentro de los días laborables según los estudios como el trabajo son las actividades de mayor incidencia dentro de la ciudad con un 32,5% y 31,1% respectivamente, es

decir son desplazamientos por causa obligatoria estos dos representan aproximadamente dos tercios del total. (Sánchez, 2017)

La cooperativa 6 de diciembre de buses de transporte público en Quito, ya que cumple con una ruta de 8 paradas. Las unidades lo hacen con intervalos de quince minutos desde su punto de partida, en el terminal Quitumbe junto a la plazoleta de embarque. Su destino final es el terminal de Carcelén, ubicado al extremo norte. Tiene diferentes paradas, en el trayecto que dura una hora 15 minutos.

A las 05:00 sale el primer bus desde Quitumbe de lunes a viernes y el último que retorna a esta terminal lo hace a las 18:30. Al contrario desde la terminal de Carcelén sale a las 06:20 y el último carro que ingresa lo hace a las 19:00.

El recorrido de la unidad continúa por la Av. Quitumbe hasta llegar al Puente de Guajaló, hasta aquí realiza dos paradas, la primera frente al terminal del Centro Comercial y la otra pasando el puente de Guajaló donde se estacionan las furgonetas que cubren la ruta hasta Carapungo. Sobre la Av. Simón Bolívar la unidad hace paradas en San Martín, La Forestal, Patrimonio Familiar, el desvío a la Autopista General Rumiñahui, Nayón, redondel de Zámbriza, el Intercambiador de Carapungo y Carcelén, en la bomba de gasolina, no entra a la terminal. (Hora, 2017)

Figura 2: Trayecto que realiza el bus de la cooperativa 6 de diciembre



Fuente: Google Maps (Maps, 2017)

Personas

La medición adecuada de temperatura se estableció que el promedio de la estatura de las personas en la capital del Ecuador es de 1,64m, clasificando los grupos en secciones de gente alta, media y estatura infantil, en el cual dependiendo de las diferentes estaturas se estableció el punto exacto con los ángulos adecuados para una medición puntual.

El promedio de la gente alta se estableció un valor de 1,82m y el valor promedio de la estatura infantil es de 1,08m.

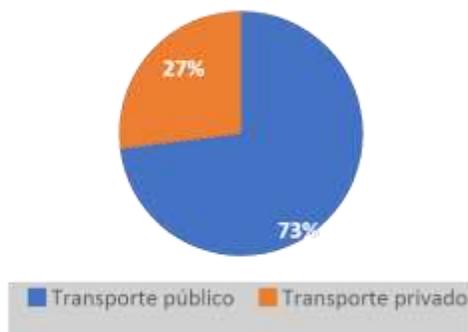
Las comprobaciones determino que las diferentes estaturas de las personas no afectaron en gran escala al resultado final ya que el dispositivo de medición cuenta con un ángulo amplio con la capacidad de captar la mayoría de detalles en su entorno.

Horario

El desplazamiento de las personas es un factor importante dentro del desarrollo de las personales y laborales. “Según encuestas de movilidad realizadas por la Comunidad de Madrid para el Municipio de Quito se demuestra que el 73% de la población utiliza el transporte público como movilización diaria. (Ortega, 2018). En la figura 3, se observa los porcentajes de personas que utilizan el trasporte público y el trasporte privado.

Porcentajes de personas que utilizan el trasporte urbano y trasporte público.

Figura 3: Porcentajes de personas que utilizan el trasporte urbano y trasporte público.



Fuente: (Ortega, 2018)

Resultados y discusión

Datos de entrada

Para los datos de entrada se toma a consideración diferentes variantes que puede afectar a la medición de la cámara termográfica, como primer enfoque el horario en la mañana se lo realizo a las 07:00am, en la tarde a las 12:00pm y la última prueba a las 17:00pm. En cada una de las pruebas se tomó como una constante la temperatura ambiente de esta manera cuando el clima se encuentre caluroso los vasos sanguíneos de la piel se ensanchan aumentando la temperatura corporal y cuando el clima esta con una temperatura baja los vasos sanguíneos de la piel estrechan bajando

la temperatura corporal. Como segundo enfoque la edad de los diferentes sujetos, al ser un niño la altura es menor a la de un joven o la de un adulto mayor por lo que ellos llevan una postura encorvada por el paso del tiempo. Como tercer enfoque si la unidad cuenta con gradas en la entrada por que este disminuirá la altura de las personas que usan este medio para movilizarse. En la tabla 3 se observa todos los enfoques tomados como datos de entrada.

Tabla 3: Datos de entrada

DATOS	7:00	12:00.	17:00
Temperatura	32,2°	35,5°	33,7°
Cámara	Si	Si	Si
Adultos	Si	Si	Si
Jóvenes	Si	No	Si
Niños	No	Si	No
Gradas	Si	Si	Si
Ambiente	9°	18°	12°

Fuente: Autores

Teniendo los datos de entrada la cámara cuenta con un sistema de auto calibración que aumenta la exactitud de la medición. El equipo emite de manera constante radiación infrarroja que la cámara capta y toma como referencia para mantenerse calibrada. Su elevada estabilidad de 0, 03 ° C lo convierte en un dispositivo extremadamente fiable, mientras que su amplia zona de generación de temperatura permite un alto rango de trabajo. (GatronicGroup, 2020)

Propuestas

Se toma en consideración 10 propuestas con el fin de observar la variación que existe en cada una, en la propuesta 1 se realiza un comparativo ente la cámara termográfica y una LyfTrack tomando como parámetros una altura de 1m con una distancia de 1m. En la propuesta 2 se realizó comparativa de la cámara termográfica con el LyfTrack cambiando los parámetros de distancia manteniendo la altura de 1m con una distancia de 1,75m. En la propuesta número 3 se realiza la comparativa de la cámara termográfica con LyfTrack manteniendo la altura de 1m, pero varia la distancia aumentándola 2,5m. Para la propuesta número 4 se varia la altura aumentándola a 1,75m y con una distancia de 1m. en la propuesta 5 se aumenta la distancia 1,75 con una altura de 1,75m. Para la propuesta 6 se aumenta la distancia a 2,5m manteniendo la altura de 1,75m. En la propuesta 7 se aumenta la altura a 2m a una distancia de 1m. en la propuesta 8 se aumenta la distancia a 1,75m con una altura de 2m. en la propuesta 9 se aumenta la distancia a 2,50m con una altura de

2m. Para propuesta 10 se realiza la medición sometiendo a temperaturas extremas de calor y frío. Una vez analizadas todas las propuestas llama la atención 3 propuestas que presentaremos a continuación.

Propuesta 1

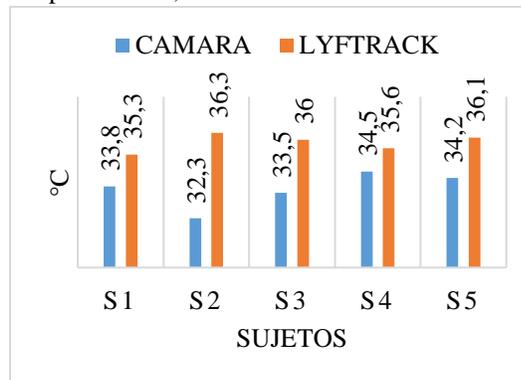
En la siguiente propuesta se realizó la comparativa entre la cámara termográfica y la LyfTrack a 5 sujetos para detallar el promedio de variación que en la propuesta 1 es la que presento menos variación, se encuentra colocada a una altura de 1,75m con una distancia de 1m. En la tabla 4 se observa los parámetros que arrojaron los sujetos puestos a prueba en la propuesta 1.

Tabla 4: Comparativa 1,75m de altura por 1m de distancia

SUJETOS	CAMARA	LYFTRACK
S1	33,8	35,3
S2	32,3	36,3
S3	33,5	36
S4	34,5	35,6
S5	34,2	36,1

Fuente: Autores

Figura 4: Comparativa a 1,75m de alto con una distancia de 1m



Fuente: Autores

Propuesta 2

En la siguiente propuesta se realizó la comparativa entre la cámara termográfica y la pistola infrarroja a 5 sujetos para detallar el promedio de variación que en la propuesta 2 fue la que presento mayor promedio de variación entre la cámara termográfica y el LyfTrack que se encuentra

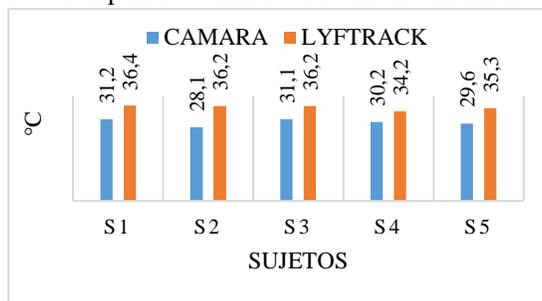
ubicada a una altura de 2m a una distancia de 2,5m. En la tabla 5 se observa los parámetros que arrojaron los sujetos a prueba en la propuesta 2.

Tabla 5: Comparativa 2m de altura por 2,5m de distancia

SUJETOS	CAMARA	LYFTRACK
S1	31,2	36,4
S2	28,1	36,2
S3	31,1	36,2
S4	30,2	34,2
S5	29,6	35,3

Fuente: Autores

Figura 5: Comparativa a 2m de alto con una distancia de 2,5m



Fuente: Autores

Propuesta 3

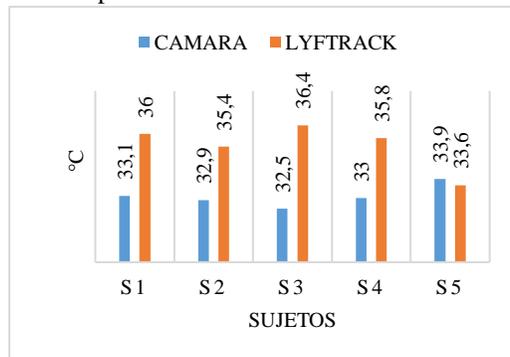
En la siguiente propuesta se realizó la comparativa entre la cámara termográfica y el LyfTrack a 5 sujetos para detallar el promedio de variación que en la propuesta 3 es la otra opción que presento una menor promedio variación entre la cámara termográfica y el LyfTrack, se encuentra colocada a una altura de 1m con una distancia de 1,75. En la tabla 6 se observa los parámetros que arrojaron los sujetos a prueba en la propuesta 3.

Tabla 6: Comparativa 1m de altura por 1,75m de distancia

SUJETOS	CAMARA	LYFTRACK
S1	33,1	36
S2	32,9	35,4
S3	32,5	36,4
S4	33	35,8
S5	33,9	33,6

Fuente: Autores

Figura 6: Comparativa a 1m de alto con una distancia de 1,75m



Fuente: Autores

Propuesta final

En la propuesta final tomando datos de la propuesta 1 que en la comparativa de la cámara termográfica y el LyfTrack que se le realizó a 5 sujetos diferentes puestos a prueba fue la propuesta que presentó menos porcentaje de variación en las mediciones, se colocó la cámara termográfica a una altura de 1,75m con una distancia de 1 metro para poder realizar las pruebas grupales en esta prueba se colocó en la medición de la cámara termográfica a sujetos para la medición grupal se comenzó la medición con un grupo de 2 personas después se le aumentó una 3ra persona y de esta manera se fue aumentando la cantidad de sujetos hasta que se completa un grupo de 5 personas la variación en cada prueba no varió mucho la mayor variación se dio cuando se encontraba el grupo de 5 personas que la variación se encontró dentro del rango de la propuesta 1. En la tabla 7 se observa los datos que arrojó la cámara termográfica a grupos hasta de 5 para el porcentaje de variación.

Tabla 7: Comparativa de promedio de variación en grupos a una altura de 1,75m y 1m de distancia

TEMPERATURA °C					
	S1	S2	S3	S4	S5
Inicial	36,6	36	35	34	34,2
Grupo 1	36	35,8			
Grupo 2	34,7	33,7			
Grupo 3	34,4	33,7	34	34	
Grupo 4	33,85	32,8	34,4	34	33,8

Fuente: Autores

Figura 7: Cámara colocada en el bus a una altura de 1,75 con una distancia de 1m.



Fuente: Autores

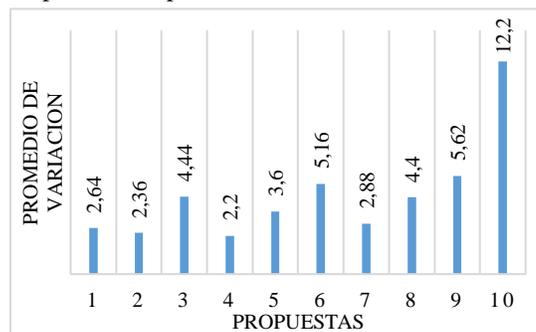
Dentro del análisis de las 10 propuestas planteadas la mejor opción en cuanto a promedio de variación es la propuesta 1 es la que tiene menor porcentaje lo que facilita mediciones más exactas. En la tabla 8 se observa cada una de las 10 propuestas previamente planteadas con su porcentaje de variación.

Tabla 8: Porcentaje de variación de las propuestas

PROPUESTAS	PORCENTAJE DE VARIACIÓN
Propuesta 1=1m de alto por 1m de largo	2,64
Propuesta 2= 1m de alto por 1,75m de largo	2,36
Propuesta 3= 1m de alto por 2,50m de largo	4,44
Propuesta 4= 1,75m de alto por 1 de largo	2,2
Propuesta 5= 1,75m de alto por 1,75 de largo	3,6
Propuesta 6= 1,75m de alto por 2,50de largo	5,16
Propuesta 7= 2m de alto por 1mde largo	2,88
Propuesta 8= 2m de alto por 1,75m de largo	4,4
Propuesta 9= 2m de alto por 2,50 de largo	5,62
Propuesta 10= sometido a condiciones de calor y frio	12,2

Fuente: Autores

Figura 8: Comparativa de promedios de variación de las diferentes propuestas



Fuente: Autores

Discusión

Altura estandar

Para la medición de una estatura estándar de la población en la ciudad de Quito que es de 1.64 metros, se estableció un ángulo de 6.27° tomando en cuenta que como cateto adyacente se tiene 1 metro y cateto opuesto 1.75 metros, recalcando que el valor de 1.75m no sería el dato real al contrario es la diferencia entre la altura de la cámara con respecto a la altura estándar de la población quiteña, la diferencia entre la cámara y la altura estándar es de 0.11m, en la ecuación 3 se muestran los cálculos del ángulo de inclinación y la distancia con respecto al ángulo.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{CO}{CA}$$

[Ec 3]

CO= Cateto Opuesto.

CA = Cateto Adyacente

$$\theta = \tan^{-1} \frac{0,11}{1}$$

$$\theta = 6,27^\circ$$

$$h^2 = CO^2 + CA^2$$

[Ec 4]

$h = \text{Altura}$

$$h^2 = CO^2 + CA^2$$

$$h^2 = 0,11^2 + 1^2$$

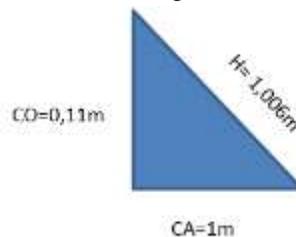
$$\sqrt{h^2} = \sqrt{0,11^2 + 1^2}$$

$$h = \sqrt{0,012 + 1}$$

$$h = \sqrt{1,012}$$

$$h = 1,0060m$$

Figura 9: Valor en relación del ángulo con la posición de la persona



Fuente: Autores

Altura en niños

El promedio de la estatura de los niños en Quito es de 1.08 metros, la diferencia de dicha altura promedio con la altura de la cámara que es 1.75m tenemos un valor de 0.67m y la distancia lineal de 1m sigue siendo la misma. En la ecuación 5 muestran los cálculos del ángulo de inclinación y en la ecuación 6 de la distancia angular con respecto a la altura estándar.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{CO}{CA}$$

[Ec 5]

*CO= Cateto Opuesto.**CA = Cateto Adyacente*

$$\theta = \tan^{-1} \frac{0,67}{1}$$

$$\theta = 33,82^\circ$$

$$h^2 = CO^2 + CA^2$$

[Ec 6]

h= Altura

$$h^2 = 0,67^2 + 1^2$$

$$\sqrt{h^2} = \sqrt{0,67^2 + 1^2}$$

$$h = \sqrt{0,45 + 1}$$

$$h = \sqrt{1,45}$$

$$h = 1,21m$$

Altura superior

EL promedio de la población con una estatura superior a la estándar en Quito es de 1.82m de altura con respecto a la ubicación de la cámara que es de 1.75m, dicha diferencia entre los dos valores es 0.07m en el cual el ángulo de inclinación es de 4°, vemos que no varía mucho con relación a una medición lineal. En la ecuación 7 y 8 se muestran los cálculos de la gente con una estatura superior a la estándar en Quito.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{CO}{CA}$$

[Ec 7]

$CO =$ Cateto Opuesto.

$CA =$ Cateto Adyacente

$$\theta = \tan^{-1} \frac{0,07}{1}$$

$$\theta = 4^\circ \text{ hacia arriba}$$

$$h^2 = CO^2 + CA^2$$

[Ec 8]

$$\theta = \tan^{-1} \frac{0,07}{1}$$

$$\theta = 4^\circ \text{ hacia arriba}$$

$$h^2 = CO^2 + CA^2$$

Análisis general

La propuesta 3 ya detalla y la cual nos demostró que la mejor opción para tener en cuenta para una medición mucho más exacta. En la figura 10 se muestra la fotografía captada por la cámara termográfica en donde se observa la prueba realizada a un grupo de 5 sujetos de diferentes alturas en donde se observa que la cámara si mide la temperatura a todos aquellos a los que enfoca.

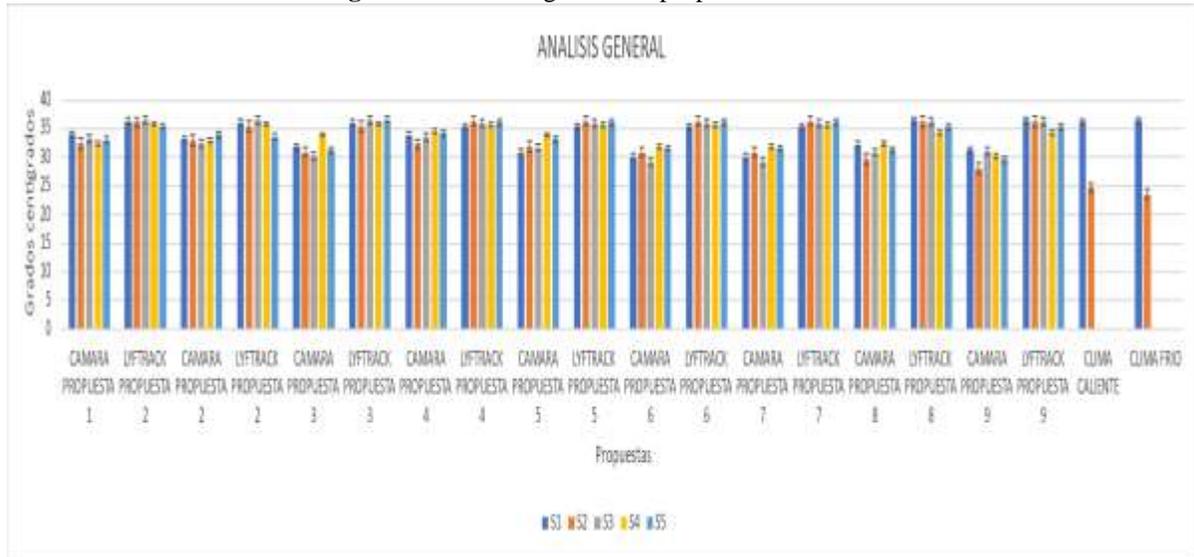
Figura 10: Medición de la temperatura a sujetos de diferentes alturas con cámara termográfica ubicada 1,75 m de alto por 1m de distancia



Fuente: Autores

En la figura 11 se muestran todas las propuestas que se plantearon con comparativa que se realizaron con las diferentes alturas y diferentes distancias a diferentes individuos y se puede observar que la que menos porcentaje de variación es siempre y cuando tomemos la distancia de la propuesta 3 que nos ofrece un porcentaje de error mucho menor que las otras propuestas.

Figura 11: Análisis general de propuesta



Fuente: Autores

bajo el actual proceso de bioseguridad que se implementó a raíz de la pandemia, lo que facilita el proceso de ingreso al sistema de transporte público de pasajeros sin estar obligados a la medición de temperatura individual por medios infrarrojos, perjudicando en el tiempo de subida en el caso de grupos grandes de pasajeros en las diferentes paradas asignadas.

La diferencia de datos en la comparativa con el dispositivo infrarrojo y la cámara termográfica, la cual expresa una diferencia mínima de $0,7^{\circ}$ y una diferencia máxima de $2,1^{\circ}$, esta diferencia se da por el ángulo de variación con respecto a la altura de la cámara con las diferentes estaturas de las personas, en las 10 propuestas diferentes se observó que existe este tipo de inconsistencias, la mejor propuesta es la numero 3 que consiste en ubicar al pasajero.

Conclusiones

Las características de la cámara termográfica implementadas en el sistema de transporte público en el DMQ tienen un rendimiento eficiente con respecto a la exactitud de las mediciones de temperatura, con diferentes distancias en relación con el pasajero, un ángulo estable de alcance para medir la temperatura sin tener efecto la estatura de cualquier tipo de pasajero, favorece su uso bajo el actual proceso de bioseguridad que se implementó a raíz de la pandemia, lo que facilita el proceso de ingreso al sistema de transporte público de pasajeros sin estar obligados a la medición

de temperatura individual por medios infrarrojos, perjudicando en el tiempo de subida en el caso de grupos grandes de pasajeros en las diferentes paradas asignadas.

La diferencia de datos en la comparativa con el dispositivo infrarrojo y la cámara termográfica, la cual expresa una diferencia mínima de $0,7^{\circ}$ y una diferencia máxima de $2,1^{\circ}$, esta diferencia se da por el ángulo de variación con respecto a la altura de la cámara con las diferentes estaturas de las personas, en las 10 propuestas diferentes se observó que existe este tipo de inconsistencias, la mejor propuesta es la número 3 que consiste en ubicar al pasajero

a una distancia lineal de 1m con respecto a la ubicación de la cámara con una altura de 1,75m, se obtuvo el mínimo porcentaje de diferencia en grados centígrados en relación con el medidor de temperatura infrarrojo.

El factor decisivo en el análisis de la cámara termográfica fue la temperatura ambiente ya que se realizó pruebas en ambientes extremos de frío y calor ya que en Quito existe variación en la temperatura en un periodo corto de tiempo, se sometió a dos personas a una cámara de frío por un periodo de tiempo de 3 min para que el cuerpo se adapte a la temperatura ambiente y se obtuvo datos con un rango muy notable de $24,9^{\circ}$ y $25,3^{\circ}$ de los dos individuos con respecto a una temperatura promedio de 30° que tenemos en la ciudad de Quito, al contrario en el clima caliente se sometió a dos individuos a una temperatura de 39° como ambiente y se obtuvo un valor de $37,9^{\circ}$ y $38,1^{\circ}$ de los dos sujetos, se concluye que de acuerdo a la temperatura ambiente variara la temperatura de los pasajeros, en el caso de la ciudad a un horario de 07:00 a 17:45 no tendremos un impacto muy grande en relación con la temperatura ambiente pero en el caso de las madrugadas se tiene una temperatura mucho más baja y variara más de lo normal el rango de temperatura del pasajero.

Referencias

1. Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. Revista Ean, (82), 179-200. ARTICULOS, A. (17 de Octubre de 2020). TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES . págs. 2-3.
2. Bohórquez, E. (21 de julio de 2020). Cámaras térmicas para frenar avance del COVID-19. pág. 4.

3. Chile, M. d. (2020). Síntesis Exploratoria Rápida de Evidencia CORONAVIRUS 2019 (SARS-CoV-2). 4-5 .
4. Farmaceuticos, C. G. (Julio de 2020). CORONAVIRUS COVID-19 Informe Técnico. págs. 2- 4 .
5. GatronicGroup. (2020). Sistemas de monitorización de temperatura corporal para el control de Covid-19. Recuperado el 10 de Diciembre de 2020, de <https://grupocartronic.com/monitorizacion-de-temperatura-corporal-covid-19>
6. Grupocartronic. (10 de Febrero de 2020). Recuperado el 3 de Agosto de 2020, de <https://grupocartronic.com/>
7. Cejudo, G. M., Gómez-Álvarez, D., Michel, C. L., Lugo, D., Trujillo, H., Pimienta, C., & Campos, J. (2020). Federalismo en COVID:¿ Cómo responden los gobiernos estatales a la pandemia?.
8. Hernández, E. M. (2019). CÁMARAS TERMOGRÁFICAS. 20-21.
9. Hernández, R. A. (2020). Covid-19 y América Latina y el Caribe: los efectos económicos diferenciales en la región.
10. HIKVISION. (2019). BLACKBODY DETECCIÓN DE TEMPERATURA. Bogota.
11. Hora, L. (25 de Septiembre de 2017). “A ritmo de bachata, una hora y 10 minutos desde Quitumbe hasta Carcelén“. 1-2. Obtenido de <https://lahora.com.ec/quito/noticia/1102102344/a-ritmo-de-bachata-una-hora-y-10-minutos-desde-quitumbe-hasta-carcelen>
12. Infosalus. (6 de Mayo de 2020). Fiebre y Covid-19: por qué estar ahora atentos desde los 37 °C . págs. 3-4 .
13. Maps, G. (17 de Septiembre de 2017). Recuperado el 20 de Marzo de 2020, de <https://www.google.com.ec/maps/dir/Terminal+De+Quitumbe,+Quito+sur,+Avenida+Teniente+Hugo+Ortiz,+Quito/Terminal+De+Carcelen,+Av.+Eloy+Alfaro,+Quito+170144/@-0.1701767,-78.5701277,12z/data=!3m1!4b1!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x91d599055d9e7ad3:0x543dd1cb269b2242!>
14. Aguilar Gómez, A. A. (2020). Características del SARS-CoV-2 y sus mecanismos de transmisión. Revista Latinoamericana de Infectología Pediátrica, 1, 145-146.

15. ONU. (9 de Julio de 2020). ¿Cómo se transmite el coronavirus que causa COVID-19? págs. 2-3 .
16. Ortega, S. F. C. (2018). Análisis del sistema de transporte público privado de la ciudad de Quito-Ecuador. Revista Espacios, 39(19).
17. OVACEN. (2020). "Cámaras termográficas: Cómo detectar fiebre ante Coronavirus COVID 19". 3-5.
18. Barrera, B., & Sebastián, P. (2017). Manual universal de aplicación de cámaras termográficas Fluke TI 32, para detección preventiva de fallas eléctricas.
19. Pastor, M. C. (2016). Termografía Infrarroja. 671.
20. SALUD, O. M. (9 de Julio de 2020). "Transmisión del SARS-CoV-2: repercusiones sobre las precauciones en materia de prevención de infección". 1-3.
21. Sampieri, R. H. (2014). Metodología de investigación (Vol. Sexta edición). Mexico: McGRAWHILL.
22. Sánchez, D. A. (2017). "VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO Y NIVEL DE SERVICIO PARA LOS. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito.
23. Standard, I. (Septiembre de 2017). "IEC 80601-2-59:2017 Medical electrical. International Standard Organization. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/69346.html>
24. Standard, I. (Marzo de 2017). "ISO/TR 13154:2017 Medical electrical equipment". Obtenido de <https://www.iso.org/standard/69347.html>