



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

“SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO (STC), APLICANDO PROCESAMIENTO DE IMÁGENES TÉRMICAS”

Proyecto de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLINEA DE INVESTIGACION: Procesamiento digital de señales e imágenes

AUTOR: Luis Carlos Quevedo Viera

TUTOR: Ing. Manuel Otorongo

Ambato - Ecuador

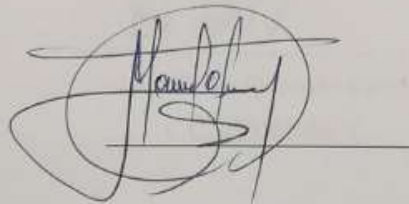
Septiembre 2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación con el tema: "SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO (STC), APLICANDO PROCESAMIENTO DE IMÁGENES TÉRMICAS", del señor Luis Carlos Quevedo Viera, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Septiembre, 2018

EL TUTOR

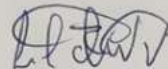
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Manuel Otorongo', enclosed within a circular scribble. The signature is stylized and somewhat illegible due to the cursive nature of the handwriting.

Ing. Manuel Otorongo

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: "SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO (STC), APLICANDO PROCESAMIENTO DE IMÁGENES TÉRMICAS", es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato Septiembre, 2018



Luis Carlos Quevedo Viera

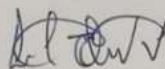
C.C. 050362681-4

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato Septiembre, 2018



Luis Carlos Quevedo Viera

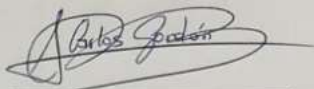
C.C. 050362681-4

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Phd. Carlos Diego Gordón Gallegos, e Ing. Mg. Marco Antonio Jurado Lozada, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**Sistema electrónico para el diagnóstico del Síndrome de Túnel Carpiano (STC), aplicando procesamiento de imágenes térmicas**” presentado por el señor Quevedo Viera Luis Carlos de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la Aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Phd. Carlos Gordón
DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Mg. Marco Jurado
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA:

A mi familia y de manera especial a mi madre, que es la mujer que con su amor y apoyo, nunca me dejo de lado y siempre estuvo pendiente de mi progreso.

Luis Carlos Quevedo Viera

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a la universidad que me brindo la sabiduría para llevar a cabo este proyecto de investigación, como también a mi tutor el Ing. Manuel Otorongo y a mi gran amigo el Ing. Edison Velasco.

Luis Carlos Quevedo Viera

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
DERECHOS DE AUTOR	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA:	vi
AGRADECIMIENTO:	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESÚMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I.....	4
EL PROBLEMA	4
1.1. TEMA.....	4
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3. DELIMITACIÓN	6
1.3.1. Delimitación de Contenido	6
1.3.2. Delimitación Espacial	6
1.3.3. Delimitación Temporal	6
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.5. OBJETIVOS.....	8
1.5.1. Objetivo General	8
1.5.2. Objetivos Específicos.....	8
CAPITULO II	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	9
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	11

2.2.1.	SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO (STC).....	11
2.2.2.	TEMPERATURA CORPORAL.....	18
2.2.3.	TERMOGRAFÍA.....	21
2.2.4.	CÁMARA TERMOGRÁFICA.....	22
2.2.5.	CÁMARA TERMOGRÁFICA FLUKE Ti32.....	24
2.2.6.	PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.....	27
2.2.7.	TARJETA RASPBERRY PI.....	29
2.2.8.	OPEN CV.....	30
2.2.9.	QT CREATOR.....	31
CAPITULO III.....		33
METODOLOGÍA.....		33
3.1.	MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	33
3.3.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	34
3.4.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	34
3.5.	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	35
CAPITULO IV.....		36
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		36
4.1.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA TENDENCIA A ADQUIRIR EL SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO, EN PERSONAL ADMINISTRATIVO.....	36
4.2.	INTRODUCCIÓN.....	51
4.3.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	51
4.3.1.	Factibilidad Técnica.....	51
4.3.2.	Factibilidad Económica.....	51
4.3.3.	Factibilidad Bibliográfica.....	52
4.4.	ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	52
4.5.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	52
4.6.	ADQUISICIÓN DE IMÁGENES TERMOGRÁFICAS.....	53
4.7.	SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DE STC.....	57
4.7.1.	Sistema de procesamiento de imágenes térmicas.....	57
4.7.2.	CONFIGURACIÓN DE SOFTWARE.....	59
4.7.3.	INSTALACION DE OPENCV.....	60

4.7.4.	DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA	63
4.8.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SERVIDOR	67
4.8.1.	INSTALACIÓN DEL SERVIDOR LAMP	67
4.9.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	70
4.10.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO	88
4.11.	ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO	89
CAPITULO V		91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		91
5.1.	CONCLUSIONES	91
5.2.	RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA		94
ANEXOS		98
ANEXO A		99
ANEXO B		100
ANEXO D		103
ANEXO E		107
ANEXO F		110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Características de la Cámara térmica Fluke TI32 [25]	25
Tabla 2.2. Comparación de características de las tarjetas Raspberry Pi	30
Tabla 2.2. Comparación de características de las tarjetas Raspberry Pi [29]	30
Tabla 3.1. Población de estudio.	34
Tabla 4.1. Género	39
Tabla 4.10. Actividades repetitivas con la mano	48
Tabla 4.11. Posee trastorno metabólico	49
Tabla 4.12 Comparación de cámaras termográficas	54
Tabla 4.12. Recomendaciones para aplicación de termografía en la medicina [36]..	56
Tabla 4.13. Comparación de modelos de tarjetas Raspberry Pi.....	58
Tabla 4.13. Recomendaciones para aplicación de termografía en la medicina	56
Tabla 4.14 Comparación de placas de hardware libre	57
Tabla 4.14. Características Raspberry Pi 3	59
Tabla 4.15 Datos de sujetos de prueba.....	70
Tabla 4.15. Comparación de modelos de tarjetas Raspberry Pi.....	58
Tabla 4.16. Análisis de precios.	88
Tabla 4.16. Características Raspberry Pi 3	59
Tabla 4.17. Comparación de softwares de procesamiento.....	60
Tabla 4.18. Comparación de softwares de creación de GUIs	63
Tabla 4.19 Datos de sujetos de prueba.....	70
Tabla 4.2. Edad	40
Tabla 4.20. Resultado del sistema de diagnóstico.....	72
Tabla 4.21. Resultados de prueba de Tinel-Hoffma, prueba de Phalen y del prototipo elaborado.	80

Tabla 4.22. Costo de los componentes del proyecto.....	88
Tabla 4.23. Costo intelectual por horas de trabajo.....	88
Tabla 4.24. Costo total del proyecto de investigación.	89
Tabla 4.3. Uso de mouse	41
Tabla 4.4. Tiempo de trabajo	42
Tabla 4.5. Espacio físico adecuado	43
Tabla 4.6. Uso pad mouse adecuado	44
Tabla 4.7. Tiempo de uso de mouse.....	45
Tabla 4.8. Conoce del STC	46
Tabla 4.9. Conoce métodos de diagnóstico del STC	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 2.12. Etapas del procesamiento de imágenes.....	20
Fig 2.5. Operación para STC.....	11
Fig 2.6. Campos de temperatura del cuerpo humano en ambiente frio y en ambiente caliente.....	13
Fig 2.7. Imagen termográfica del cuerpo humano	15
Fig 2.8. Cámara Fluke Vt04.....	16
Fig 2.9. Componentes cámara termográfica	16
Fig. 2.1. Síndrome de Túnel Carpiano	9
Fig. 2.10. Cámara térmica Fluke TI32	18
Fig. 2.11. Partes de la cámara térmica Fluke TI32.....	19
Fig. 2.13. Logo OpenCV	24
Fig. 2.14. Logo del software Qt Creator	25
Fig. 2.2. Prueba de Phalen.....	10
Fig. 2.3. Prueba de Tinel – Hoffman.....	10
Fig. 2.4. Electromiografía	11
Fig. 4.1. Género.....	33
Fig. 4.10. Actividades repetitivas con a mano	42
Fig. 4.11. Posee trastorno metabólico	43
Fig. 4.12. Diagrama de bloques del sistema.....	47
Fig. 4.13. Cámara Térmica Fluke Ti32.....	47
Fig. 4.14. Captura de imagen térmica a sujeto de prueba.	48
Fig. 4.15. Comprobación de versión de OpenCV instalado.....	54
Fig. 4.16. Pantalla de Bienvenida de la Interfaz	55
Fig. 4.17. Pantalla de Análisis de la Interfaz.....	56

Fig. 4.18. Pantalla de Base de Datos de la Interfaz.....	58
Fig. 4.19. Página de comprobación de Apache.....	60
Fig. 4.2. Edad	34
Fig. 4.20. Página de inicio de phpmyadmin.....	61
Fig. 4.21. Captura de imagen térmica a Sujeto1	62
Fig. 4.22. Imagen térmica sin modificación Sujeto1	63
Fig. 4.23. Filtrado de área con más temperatura del Sujeto1	63
Fig. 4.24. Fusión de bordes con área de más temperatura del Sujeto1	64
Fig. 4.25. Captura de imagen térmica a Sujeto2	65
Fig. 4.26. Imagen térmica sin modificación Sujeto2	65
Fig. 4.27. Filtrado de área con más temperatura del Sujeto2.....	66
Fig. 4.28. Fusión de bordes con área de más temperatura del Sujeto2	66
Fig. 4.29. Captura de imagen térmica a Sujeto3	67
Fig. 4.3. Uso de mouse.....	35
Fig. 4.30. Imagen térmica sin modificación Sujeto3	68
Fig. 4.31. Filtrado de área con más temperatura del Sujeto3.....	68
Fig. 4.32. Fusión de bordes con área de más temperatura del Sujeto3	69
Fig. 4.4. Tiempo de trabajo	36
Fig. 4.5. Espacio físico adecuado.....	37
Fig. 4.6. Uso de pad mouse adecuado.....	38
Fig. 4.7. Tiempo de uso de mouse	39
Fig. 4.9. Conoce métodos de diagnóstico del STC	41
Fig.4.8. Conoce del STC.....	40

RESÚMEN

En esta investigación se desarrolla un sistema de diagnóstico para el Síndrome de Túnel Carpiano (STC), que usa procesamiento de imágenes térmicas, con el fin de crear un método de diagnóstico no invasivo, para evitar dolor en las personas que sufren de esta enfermedad. El sistema se desarrolla en la placa Raspberry Pi 3, que es hardware libre y programada en la librería OpenCV, del software libre Python.

El presente proyecto de investigación describe el diseño e implementación de un sistema que permite leer una imagen térmica, capturada por una cámara termográfica, para procesarla mediante filtros de OpenCV. El procesamiento de las imágenes proporciona el área con la temperatura más elevada de la zona de interés, en este caso la mano y el brazo del paciente. El sistema permite ingresar la temperatura central del paciente y superficial del área de interés, para realizar el cálculo de la temperatura corporal, y de esta manera analizar si el resultado está dentro de los rangos normales. Las imágenes y datos resultantes se presentan en una interfaz gráfica amigable y fácil de comprender, que fue diseñada en QTCreator. El usuario del sistema tiene la opción de guardar toda la información que se obtuvo del análisis en una base de datos, que se encuentra en el mismo sistema.

Palabras clave: Síndrome de Túnel Carpiano, imagen termográfica, cámara térmica, raspberry pi, software libre, hardware libre.

ABSTRACT

In this research, a diagnostic system for Carpal Tunnel Syndrome (CTS) is developed, which uses thermal image processing, in order to create a non-invasive diagnostic method to avoid pain in people suffering from this disease. The system is developed on the Raspberry Pi 3 board, which is free hardware and programmed in the OpenCV library, from free Python software.

The present research project describes the design and implementation of a system that allows to read a thermal image, captured by a thermographic camera, to process it using OpenCV filters. The processing of the images provides the area with the highest temperature of the area of interest, in this case the patient's hand and arm. The system allows to enter the patient's central and superficial temperature of the area of interest, to perform the calculation of the body temperature, and in this way analyze if the result is within the normal ranges. The resulting images and data are presented in a friendly and easy to understand graphic interface, which was designed in QtCreator. The user of the system has the option to save all the information that was obtained from the analysis in a database, which is in the same system.

Key words: Carpal tunnel syndrome, thermal image, thermal camera, raspberry pi, free software, free hardware.

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto de investigación, se diseña e implementa un sistema de diagnóstico para el Síndrome de Túnel Carpiano, usando el procesamiento de imágenes térmicas, desarrollado en la placa Raspberry Pi 3, que es hardware libre y programado usando software libre; además, se desarrolla una interfaz gráfica para visualizar la imagen final del procesamiento con el área de más temperatura, además de la temperatura superficial del paciente y para presentar una base de datos, que contiene información general y médica de los pacientes.

A continuación, se presenta el contenido de cada capítulo de esta investigación:

Primer Capítulo: Se justifica porque se constató la necesidad de implementar un sistema no invasivo para el diagnóstico del Síndrome de Túnel Carpiano, con el uso del procesamiento de imágenes térmicas, explicando las causas y consecuencias que lo origina, y por último se presentan los objetivos de la investigación.

Segundo Capítulo: Se presenta los antecedentes sobre investigaciones realizadas acerca del procesamiento de imágenes e imágenes térmicas; así como, sobre la historia de los métodos de diagnóstico del Síndrome de Túnel Carpiano. Igualmente se desarrolla el marco teórico basado en el tema de investigación.

Tercer Capítulo: Explica las técnicas de investigación a las que se recurrió para realizar el proyecto, la forma de obtención y análisis de datos y por último se presenta el proceso para el desarrollo del proyecto.

Cuarto Capítulo: Se detalla, todos los pasos que se realizaron para el desarrollo del prototipo, asimismo el análisis de los resultados que se obtuvieron de la aplicación del proyecto.

Quinto Capítulo: Se presentan las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron al desarrollar y aplicar el prototipo de la investigación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. TEMA

“SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO (STC), APLICANDO PROCESAMIENTO DE IMÁGENES TÉRMICAS”.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Organización Mundial de la Salud en el año 2010 revela, que las enfermedades músculo esqueléticas a nivel mundial, como es el Síndrome del Túnel Carpiano constituye una de las enfermedades laborales más frecuente.

Como toda enfermedad, el Síndrome de Túnel Carpiano o STC, necesita de un diagnóstico previo para su tratamiento. Es así como en el año 1922 en Europa, Jules Tinel descubre un método para detectar inflamación o irritación de un nervio mediante golpes en el mismo [1]; por otro lado, en el año de 1972 en Estados Unidos, George S. Phalen, en una evaluación clínica realizada en 598 manos, descubre otro método para la detección del STC, que es el resultado que se obtiene de la presión en el nervio mediano de la persona con síntomas de STC. [2]

En 1981, se desarrolla un método para el análisis de las señales eléctricas que produce un músculo al contraerse, mejorado por Cram y Steger, llamado Electromiografía (EMG). Este método de diagnóstico se utiliza de manera obligada, después del diagnóstico de Tinel y Phalen, para que el especialista tenga más seguridad de que el paciente sufre de STC. [3]

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2010, a nivel mundial cerca del 28% de la población comprendida entre los 35 y 60 años de edad presenta Síndrome del Túnel Carpiano sintomática y el 80% de esta tiene limitaciones en el movimiento debido a los signos y síntomas del STC. [4]

En la actualidad en el Ecuador, se usan 3 métodos de diagnóstico para detectar el Síndrome de Túnel Carpiano, que son; el método de Tinel- Hoffman, método de Phalen y la electromiografía. En base a la semiología, se usan los métodos de Phalen y Tinel-Hoffman, que responden al dolor que se causa en el paciente. Si después de aplicar estos métodos, aún se tiene un diagnóstico ambiguo es obligatorio realizar una electromiografía al paciente, para obtener un mejor diagnóstico del STC. [5]

Los métodos de diagnóstico de Tinel-Hoffman, Phalen y la electromiografía, causan dolor en el paciente, pero al ser los únicos, permiten dar un tratamiento para el STC.

En Cotopaxi el 50% de ausentismo laboral, se da por problemas musculoesqueléticos como es el Síndrome del Túnel Carpiano, un 35% de la población adulta que asiste a los Centros Médicos en donde obtuvieron una recuperación con medios farmacológicos y fisioterapéuticos, deja de asistir a los mismos ya que sienten mejoría; por lo que, al pasar del tiempo, estas personas sufren recaídas, las cuales pueden terminar en cirugías y pérdida de las funcionalidades, esto interfiere en las actividades de la vida diaria de estas personas. [4]

1.3. DELIMITACIÓN

Este apartado del proyecto de investigación describe la delimitación de contenido, espacial y temporal.

1.3.1. Delimitación de Contenido

Área Académica: Ingeniería.
Línea de Investigación: Tecnologías de la Información y de la Comunicación.
Sublínea de Investigación: Procesamiento digital de señale e imágenes

1.3.2. Delimitación Espacial

La presente investigación, se realizó en el Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga, ubicado en las calles Susana Donoso y Manuela Cañizares, al sur de la ciudad de Latacunga.

1.3.3. Delimitación Temporal

El presente proyecto se realizó en los periodos académicos septiembre 2017 – febrero 2018 y marzo 2018 – agosto 2018 de acuerdo al Reglamento de Graduación para obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato, aprobado mediante Resolución 0533-CU-P-2015 del 31 de marzo de 2015 (RGTTTNUA).

1.4. JUSTIFICACIÓN

La presencia de la electrónica en la vida cotidiana, es indiscutible, hasta llegar al punto de que, por ser tan común, apenas merece nuestra atención. El gran interés presentado en los últimos años por la inclusión de la electrónica en la medicina, ha permitido que varios Ingenieros realicen estudios para crear dispositivos o sistemas que ayuden a mejorar la detección y el tratamiento de enfermedades, teniendo como gran ejemplo la creación del marcapasos.

En el ámbito de la medicina y la fisioterapia, el Síndrome de Túnel Carpiano (STC), es el trastorno más común del miembro periférico superior. El síndrome puede ser causado por traumas en el antebrazo o la muñeca, enfermedades degenerativas, embarazos, inflamación y trabajo o ejercicio intenso prolongado. También se toma en cuenta que las personas más propensas a sufrir de esta enfermedad, son las mujeres debido a la contextura física de su mano. [6]

Según el Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo 2016, del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social IESS, el Síndrome de Túnel Carpiano se considera como una enfermedad profesional, que puede ser causado debido a períodos prolongados de trabajo intenso y repetitivo, trabajo que tengan vibraciones, posturas extremas de la muñeca, o cualquier combinación de estas [7]. Esta información refleja la importancia de la creación de un sistema electrónico que diagnostique dicha enfermedad de forma rápida, que no cause malestar físico en los pacientes y que muestre información clara.

La información proporcionada por el sistema de diagnóstico de STC, cobra interés para los trabajadores de manera general; ya que, permite verificar si son propensos a sufrir de este síndrome y de manera específica para los trabajadores del área administrativa del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga, siendo estos los beneficiarios directos de esta investigación, y además el especialista en traumatología, como beneficiario indirecto, quien puede tener un control del tratamiento que realiza a cada uno de sus pacientes.

El sistema electrónico utiliza la termografía como método no invasivo, para el diagnóstico del STC, aportando de esta manera un trato de calidad y con calidez a las personas que presenten los síntomas de esta enfermedad.

El desarrollo del sistema electrónico para el diagnóstico de STC es factible; ya que, se lo realiza con el uso de hardware libre, dispositivos que en la actualidad están en auge, además de que tiene costos relativamente bajos. Cuenta con el acceso a equipamiento y bibliografía existente en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

- Implementar un sistema electrónico para el Diagnóstico del Síndrome de Túnel Carpiano, aplicando procesamiento de imágenes térmicas.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar los métodos de diagnóstico del STC, que se usan en la actualidad.
- Realizar un estudio de campo a trabajadores del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga, que realizan actividades tendientes a padecer del STC.
- Diseñar un sistema electrónico para el diagnóstico del STC.
- Aplicar el sistema electrónico de diagnóstico de STC que utiliza el procesamiento de imágenes termográficas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La asociación que existe entre las enfermedades que pueden padecer el ser humano, y los cambios de temperatura en el mismo, es tan antigua como la medicina en sí. Inicialmente se lo realizaba en contacto directo con el paciente, usando lodo que se repartía por el cuerpo del mismo, Hipócrates que fue el primero en aplicar esta técnica, podía observar según las áreas en donde el lodo se secaba primero, que se presentaba una clase de patología en el órgano subyacente del área.

Con el avance de la tecnología se pudieron crear cámaras termográficas, que sin contacto alguno con el objeto al cual se le medirá la temperatura, ofrece imágenes que muestran los diferentes estados de temperatura del mismo.

En la actualidad se realizan más investigaciones, usando la termografía para detectar patologías en personas, sin usar el contacto físico. Nelly Terukina y Fernando Tanaka presentaron en 2016 un estudio acerca del “Uso de imágenes termográficas para complementar la evaluación de diagnóstico temprano de lesiones o patologías”, tomando como base que, cualquier tipo de patología afecta el flujo sanguíneo, produciendo así una diferencia de temperatura, en este caso no se utilizó ningún tipo de software o hardware para el procesamiento de las imágenes, debido a que fue uno de los primeros estudios de este tema. Realizaron varias tomas de diferentes patologías con una cámara termográfica y sin ningún tipo de procesamiento, concluyendo que la termografía es el mejor método para la detección temprana de patologías y diagnósticos, además de ser un método eficiente debido a la tecnología que usa y a su aplicación directa. [8]

Diego Senovilla en el 2016, realizó una investigación acerca de “La termografía infrarroja en un estudio dinámico para el diagnóstico fisioterápico de la epicondilitis crónica”, anunciando que la incorporación de la termografía infrarroja como herramienta para el fisioterapeuta, supone grandes beneficios tanto económicos como de mejora de la calidad asistencial hacia el paciente. El investigador realizó un análisis estadístico para las imágenes capturadas siendo este el único procesamiento que reciben las imágenes capturadas, teniendo como resultado que, la termografía puede dar un diagnóstico válido para patologías, en este caso la epicondilitis. [9]

Como se ha mencionado, varios investigadores realizan estudios del uso de la termografía en la medicina, pero con análisis de las imágenes térmicas muy básicos y confusos, como es la estadística.

Alberto Restrepo en el 2012 realizó un estudio acerca del “Procesamiento de imágenes médicas”, en donde inicia explicando todos los tipos de imágenes médicas que existen, proponiendo introducir algunas ideas fundamentales de procesamiento de las mismas, que incluyen aspectos como el almacenamiento, representación, mejoramiento, visualización y comprensión, de esta manera señala lo esencial que debe tener un software para procesar imágenes médicas. Teniendo como resultado que el procesamiento de imágenes médicas es de gran importancia, debido a que los especialistas deben contar con imágenes médicas confiables, para poder realizar procesos rápidos de diagnóstico. [10]

Marko Alpiste en el 2016 en la Pontificia Universidad Católica del Perú, realizó una investigación con el tema “Segmentación automática de la planta de pie en imágenes termográficas en entorno ruidoso para el diagnóstico de pie diabético”, diciendo que la diabetes es un problema social cada vez más presente en el mundo y proponiendo un algoritmo de segmentación automática de la planta de los pies, que calcule la diferencia de temperatura que existe entre estos, usando cámaras termográficas y para el procesamiento de las capturas el software MatLab. Como resultado principal se tuvo que el software de procesamiento entrega la diferencia de temperatura entre las dos plantas de los pies y además la imagen original, pudiendo prevenir de esta manera la diabetes de tipo 2. [11]

Italo Rosero y Diego Romero en el 2015 realizan una investigación con el tema “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de temperatura corporal y ambiental aplicando procesamiento de imágenes térmicas utilizando software libre opencv”, en donde usando una cámara termográfica capturaron imágenes corporales y de diferentes objetos, con el fin de realizar un procesamiento en software libre OpenCV, que muestre diferentes resultados en una interfaz. Como resultado principal obtuvieron que se pudo medir cualitativamente la temperatura corporal y ambiental; además, de indicar que aunque la cámara tenga un alto costo puede ofrecer una gran cantidad de ventajas para futuras investigaciones. [12]

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO (STC)

El síndrome del túnel carpiano es la neuro-patía periférica focal más común, aproximadamente afecta a un 3% de los adultos entre 40 y 60 años, es más común en personas de sexo femenino, y también en personas que realicen trabajos prolongados con malas posturas de la muñeca. Este síndrome es reconocido por el Departamento de Trabajo de los Estados Unidos como causa de un aproximado del 48% de las enfermedades ocupacionales en la industria.

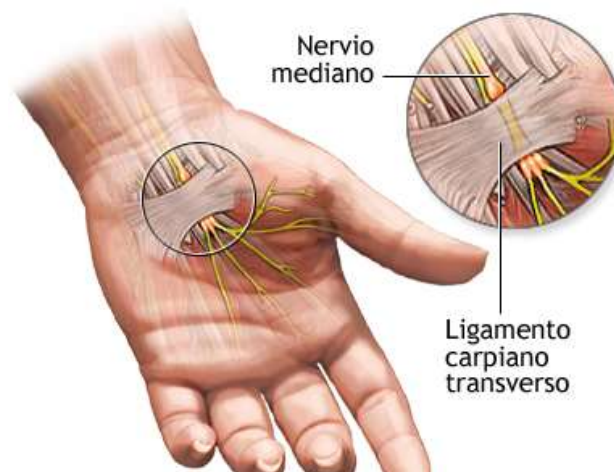


Fig. 2.1. Síndrome de Túnel Carpiano [13]

El síndrome del túnel carpiano es una dolencia provocada por la inflamación y la presión en el interior del túnel formado por huesos (carpo) y un ligamento (ligamento carpiano transversal) en la muñeca. Por el túnel carpiano discurren diversos tendones y el nervio mediano. Los síntomas de este síndrome, como son; dolor en la muñeca y antebrazo, calambres y hormigueos en los dedos, se deben a la compresión del mencionado nervio; el cual, es mixto y pertenece a los ramos largos del plexo braquial, inerva la mayor parte de los músculos del grupo anterior del antebrazo y de la región tenar, así como la piel de la parte lateral de la palma de la mano y las porciones distales de los dedos más laterales.

Las personas con STC experimentan adormecimiento, debilidad, cosquilleo y ardor en las manos y dedos. Si no se tratan, estos síntomas pueden avanzar a dolores agudos y persistentes. El STC puede llegar a ser tan incapacitante que la persona puede tener que dejar de trabajar y no poder hacer tareas simples en la casa. En casos extremos, el síndrome del túnel carpiano obliga a las personas a tener una intervención quirúrgica y a perder muchos días de trabajo o les impide trabajar del todo debido a que el funcionamiento de sus manos se deteriora por completo.

Se usa la semiología como método de diagnóstico principal, tanto para el médico general como para el especialista. Los signos de Phalen (se hiperflexiona la muñeca durante un minuto). La prueba es positiva cuando aparecen parestesia en el territorio del nervio mediano y Tinel – Hoffman (se percute o comprime un nervio en el sitio que se sospecha su compresión). La prueba es positiva cuando aparece parestesia en el territorio del nervio, son supremamente orientativos. Si existieran dudas del diagnóstico entregado por las pruebas de Tinel-Hofman y de Phalen, se necesita la aplicación de la electromiografía en la parte afectada del paciente. [14]

MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO PARA EL STC

En 1915 el psicólogo Alemán, Paul Hoffman, describió una sensación de hormigueo que se podía provocar al golpear un nervio lesionado, definiendo este hormigueo como un signo de regeneración nerviosa. Más tarde en el año 1915, el neurólogo Francés, Jules Tinel, describió una sensación de hormigueo al golpear un nervio tiempo después de este estar lesionado, que asocio a la presencia de axones en crecimiento, corroborando la interpretación del signo de Hoffman. Aunque Hoffman describió primero el signo, mayormente este se conoce como signo de Tinel.

El signo de Tinel no se asoció con el Síndrome de Túnel Carpiano hasta 50 años más tarde, cuando el cirujano de manos estadounidense, George Phalen, describió la utilidad de este signo para el diagnóstico de esta condición. En 1957 Phalen describió el signo de Tinel como “sensación de hormigueo, provocado por una percusión en el nervio mediano de la muñeca”.

Phalen también propuso una triada de diagnóstico, basada en el signo de Tinel, una prueba de flexión de la muñeca y la distribución anatómica apropiada de la parestesia provocada por los dos exámenes. [15]

A continuación se describen los métodos de diagnóstico para el Síndrome de Túnel Carpiano, como son; el signo de Tinel-Hoffman, signo de Phalen y la electromiografía.

- **SIGNO DE TINEL – HOFFMAN**

El signo de Tinel – Hoffman es un método de diagnóstico para el STC, que usa la semiología como técnica para conocer el estado físico del nervio mediano, a través de presión sobre el túnel carpo. Como se señaló, la descripción original del signo de Tinel, no estaba asociado al Síndrome de Túnel Carpiano, sin embargo el signo de Tinel se involucró comúnmente con esta condición. Un resultado positivo del signo de Tinel se describe como la sensación de hormigueo en una distribución anatómica específica, al golpear ligeramente un nervio, como se ilustra en la Figura 2.2, el área sombreada es la distribución de parestesia al comprimir el nervio mediano de la

muñeca. La intensidad de la percusión del signo de Tinel, es la necesaria para producir el efecto esperado y evitar la respuesta mecánica del nervio. [15]

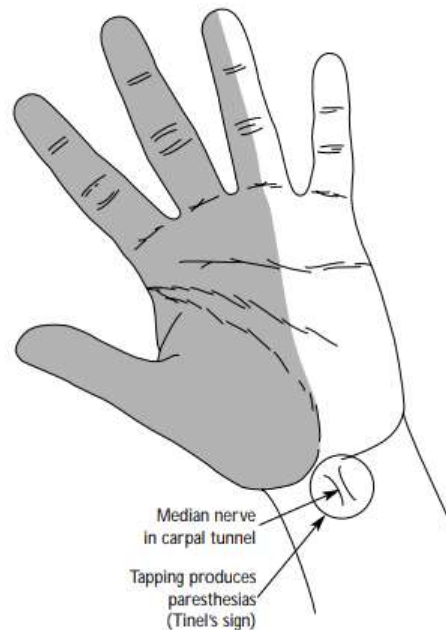


Fig. 2.2. Signo positivo de Tinel por sospecha de STC [15]

Se asume que la fisiopatología del signo de Tinel, involucra una mecanosensibilidad anormal del nervio involucrado en el diagnóstico, posiblemente asociada al proceso de la enfermedad, en este caso el STC. A nivel celular, la sensación de hormigueo producida por el signo de Tinel, puede ser causada por una membrana anormalmente excitable. [15]

El signo positivo de Tinel, produce un hormigueo anormal en los dedos inervados por el nervio mediano, que son el dedo pulgar, el dedo índice y el dedo del mediano, provocando en el paciente dolor en esta área, además del causado por el golpe sobre el nervio.

- **SIGNO DE PHALEN**

El signo de Phalen o también llamado prueba de flexión de la muñeca, se considera positivo, cuando la flexión completa de la muñeca causa parestesia en la región del nervio mediano, después de 60 segundos. Según Phalen, un buen rendimiento de la prueba, es hacer que el paciente coloque sus codos flexionados sobre una mesa,

dejando que las muñecas caigan libremente en su flexión máxima, manteniendo esta posición por al menos 1 minuto, como se ilustra en la Figura 2.3. Si después de 1 a dos minutos el paciente siente hormigueos en la región del nervio mediano, se considera que sufre de STC. Por lo tanto si el paciente no presenta síntomas después de 3 minutos, la prueba se considera negativa. [15]

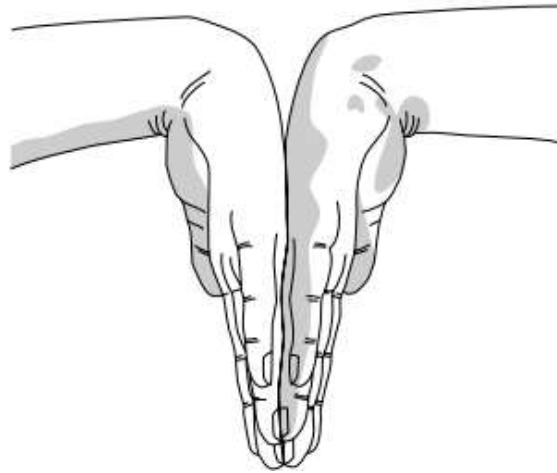


Fig. 2.3. Prueba de Phalen. [15]

Phalen destacó que las muñecas no deben ser forzadas en su flexión, ni por el paciente ni por el especialista, por otro lado varios examinadores han usado la flexión activa y pasiva de las manos del paciente durante la prueba, aumentando la cantidad promedio de flexión en 20 grados de las manos de los pacientes. No es claro si el aumento de flexión mejoran las pruebas. [15]

Al igual que el signo de Tinel, la prueba de Phalen usa como herramienta de diagnóstico la parestesia de la región del nervio mediano, ambos causando sensaciones anormales en los pacientes.

Aunque el signo de Tinel y la prueba de Phalen son normalmente asociados con el Síndrome de Túnel Carpiano, su utilidad real en el diagnóstico es muy ambigua. Un estudio demostró que la prueba de Phalen era más específica que el signo de Tinel, pero sin embargo, no era perfecta para el diagnóstico del STC, este estudio recomendó que todos los pacientes con síntomas sugestivos de STC sean referidos a una electromiografía.

Phalen en sus estudios originales, teorizó que el signo de Tinel fue útil para el diagnóstico del STC, teniendo un signo positivo de Tinel del 73% de 621 manos de pacientes con posible STC, aunque en otros estudios se demostró que el signo de Tinel no es tan útil, teniendo 45% de signo positivo en pacientes con STC, los estudios también demostraron que se obtuvo un signo positivo de Tinel en un 25% de manos de pacientes sin STC.

El signo de Phalen, aunque se realice correctamente, también produce resultados variables en pacientes con STC, en varios estudios del signo de Phalen en varios pacientes con posible STC, varió entre 10% y 88%, teniendo un promedio de 62%. Como en el signo de Tinel, el signo de Phalen también se ha presentado en pacientes que no sufren de STC. [15]

- **ELECTROMIOGRAFÍA**

La electromiografía o EMG, es una técnica que permite el análisis de los potenciales de acción de un músculo, aportando información del estado en el que se encuentran los diferentes componentes de la unidad motora de dicho músculo. La electromiografía debe ser dirigida por un especialista, después de haberse realizado exploraciones clínicas, en base a la sintomatología que presente el paciente.

El equipamiento para realizar una electromiografía, para el análisis y registro de los potenciales de acción del músculo y nervio, consta de dos electrodos superficiales que captan la señal, después de ser amplificados y filtrados se obtiene una señal digital, como se observa en la Figura 2.4, en donde se ilustra la respuesta de una electromiografía de un nervio sural en buen estado. [18]

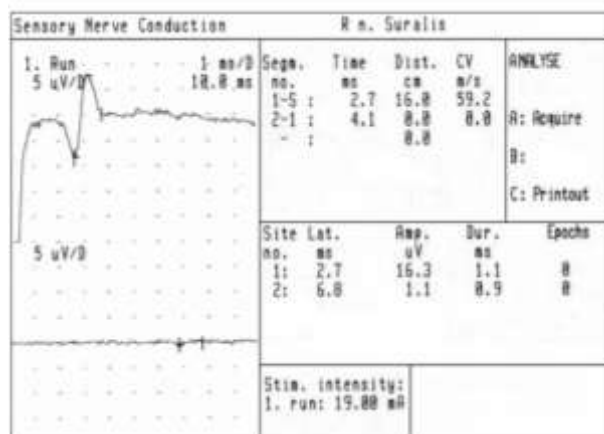


Fig. 2.4 Conducción sensitiva normal del nervio sural [18]

La electromiografía es un examen invasivo, realizado por un neurólogo, es una prueba diagnóstica que se practica con el fin de valorar la actividad muscular tras un estímulo eléctrico, el estado de los nervios que activan al musculo y el funcionamiento de la unión neuromuscular. Para su realización se introduce una aguja en los músculos a estudiar, que emite una descarga eléctrica, se colocan electrodos cutáneos en los dedos y en el antebrazo, que son los encargados de medir la actividad muscular, como se ve en la figura 2.5, estos impulsos eléctricos, que no son dolorosos pero si desagradables, más la medición que otorgan los electrodos, crean una señal digital que queda registrada en forma de gráficas en las que se obtienen distintos tipos de curvas, según sea la patología que se estudie. [19]



Fig. 2.5. Electromiografía [20]

En un estudio, el 64% de 88 manos de pacientes con signo positivo a la prueba de Phalen, tuvieron resultados positivos a una electromiografía. Igualmente, el 60% de 88 manos de pacientes con signo positivo a la prueba de Tinel, también tuvieron respuesta positiva a la electromiografía. Esta información llevó a la conclusión, que los signos clínicos no son suficientes para realizar un diagnóstico del STC, sin embargo, el estudio recomienda que se realicen estudios electrodiagnósticos en todos los casos, antes de que se planifique una cirugía. [15]

TRATAMIENTO PARA EL SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO

El primer paso del tratamiento para personas que sufren de STC, es el uso de una férula que por lo general se recomienda que se use en las noches, también el uso de antiinflamatorios para aliviar el dolor, el médico además puede recomendar una inyección de corticoide para reducir la inflamación. Se recomienda también realizar modificaciones en su lugar de trabajo, para que la muñeca se mantenga en posición neutra; es decir, que se encuentre recta.



Fig 2.6. Operación quirúrgica para STC [13]

Si los síntomas persisten y no existe mejoría con el tratamiento inicial, el médico puede recomendar una intervención quirúrgica, que consiste en una pequeña incisión para liberar la presión que se ejerce sobre el nervio mediano, y de esta manera aliviar el dolor, como se observa en la figura 2.5. Después de la intervención quirúrgica se necesitaran de varios meses para recuperar el movimiento normal de la muñeca.

2.2.2. TEMPERATURA CORPORAL

Los mamíferos y pájaros, al ser animales de sangre caliente, conservan una temperatura central corporal relativamente constante, tomando en cuenta el cambio de temperatura ambiente. El cuerpo humano, para análisis de temperatura, puede ser tomado con un sistema termodinámico abierto, que necesariamente debe mantener su temperatura central constante entre 35.8 a 37.2⁰C.

Por el metabolismo que tiene el cuerpo humano, siempre está intercambiando materia y energía con su alrededor, además que tiene la característica de que su entropía es mínima, por lo que se le define como un sistema termodinámico inestable, debido a esto es que tiene una evolución permanente. Para mantenerse en este estado es necesario eliminar el exceso de entropía que se genera continuamente en el cuerpo humano.

La temperatura corporal es la sumatoria entre; la temperatura central y la temperatura superficial, cada una multiplicada por una constante que depende de la temperatura ambiente.

La temperatura central está compuesta por la cavidad torácica, contenidos de la cabeza y abdomen, esta debe mantenerse constante en valores muy estrechos.

La temperatura superficial, está constituido por la piel, la masa muscular y el tejido subcutáneo, el promedio de esta varía con respecto a la temperatura ambiente.

La temperatura del cuerpo humano, aumenta si se encuentra en un ambiente caliente y disminuye si se encuentra en un ambiente frío, como se observa en la Figura 2.7, que ilustra con color rojo el incremento de temperatura en el cuerpo humano al cambiar de un ambiente frío a un ambiente caliente. Por esto se concluye que, para un ambiente promedio de 28°C, la fórmula para el cálculo de la temperatura corporal sería:

$$T_{co} = (0.65 * T_c) + (0.4 * T_s)$$

Donde:

T_{co} = Temperatura corporal

T_c = Temperatura central

T_s = Temperatura superficial

Los valores de las constantes multiplicadas por la temperatura corporal y temperatura superficial, varían con respecto a la temperatura ambiente con la que se haga la medición.

En un ambiente frío, el valor para la constante de T_s es de 0.4, y para la constante de T_c es de 0.6, mientras que para un ambiente medianamente caliente la constante para T_s es 0.2 y para la constante de T_c es de 0.8.

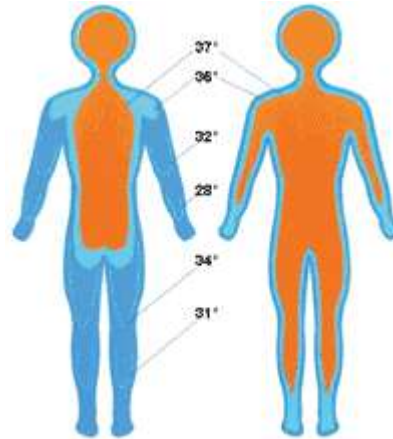


Fig 2.7. Campos de temperatura del cuerpo humano en ambiente frío y en ambiente caliente. [21]

El hipotálamo es la región del cerebro más importante, encargada de conductas esenciales relacionadas con el mantenimiento del cuerpo humano, regula la liberación de hormonas de la hipófisis, organiza conductas de alimentación y mantiene el calor corporal. Por lo que se lo podría tomar como un termostato del cuerpo humano, ya que si este percibe que la temperatura disminuye de su rango, activa varios mecanismos para que esta suba a su nivel, de igual manera cuando la temperatura rebasa su nivel superior, este hace que por diversas maneras se disminuya la misma. Para cuando la temperatura corporal aumente en demasía, este aumenta la pérdida de calor de dos formas. La primera es incrementando el flujo de sangre que pasa cerca de la superficie de la piel, haciendo que aumente el enfriamiento por radiación. Y la segunda forma es, cuando el hipotálamo hace que el cuerpo sude de manera más abundante lo que también aumenta el nivel de enfriamiento del cuerpo. [21]

2.2.3. TERMOGRAFÍA

La termografía infrarroja se podría definir brevemente como una técnica que permite medir la temperatura superficial de cuerpos, a través de la radiación infrarroja que emiten dichos cuerpos. El instrumento que usa la termografía para medir, es la cámara de infrarrojos. La termografía es una técnica de medida de temperatura sin contacto, siendo esta su mayor ventaja, por lo que no afectará a las condiciones de los objetos observados. Esta cualidad la hace especialmente interesante en el control y mantenimiento de elementos en tensión. Entre las principales aplicaciones de la termografía se citan: [22]

- Posicionamiento de componentes y fallos en circuitos eléctricos.
- Aplicaciones en seguridad y defensa.
- Aplicaciones médicas.
- Aplicaciones de prevención y detección de incendios.

TERMOGRAFÍA EN LA MEDICINA

La termografía infrarroja (TIR) permite, con solo capturar una imagen o un video, obtener sin ningún tipo de contacto la energía que se irradia de un cuerpo. Este tipo de análisis médicos se comenzó a usar en los años 60, pero debido a la falta de estándares y protocolos de uso, se dejó de utilizar ya que se disponía de termómetros, que era una técnica de diagnóstico más precisa.

La TIR además de ser de bajo costo, biosostenible y no invasiva, otorga datos muy valiosos para determinar si es necesario o no, continuar con estudios más precisos. Al ser un método de diagnóstico que no usa ningún tipo de radiación es la opción más acertada para utilizarla en niños y mujeres embarazadas sin ningún tipo de riesgo. También se la puede repetir las veces que sean necesarias, teniendo más garantía en su repetitividad. Hay que tener en cuenta que esta técnica no reemplaza ningún otro tipo de técnica, si no que las complementa.

Una cámara termográfica es un dispositivo que, de forma no invasiva, captura la radiación de temperatura de un cuerpo convirtiéndolo en señales eléctricas, que después de un procesamiento se convierte en una imagen térmica o también llamado mapa térmico, que revela las condiciones fisiopatológicas que se pueden asociar a diversos trastornos de la parte en estudio, un ejemplo de imagen térmica se ilustra en la figura 2.8. Su aplicación en la medicina es fundamentada en la fisiología térmica del cuerpo humano y en las bases fisiopatológicas de termorregulación de la piel. [23]

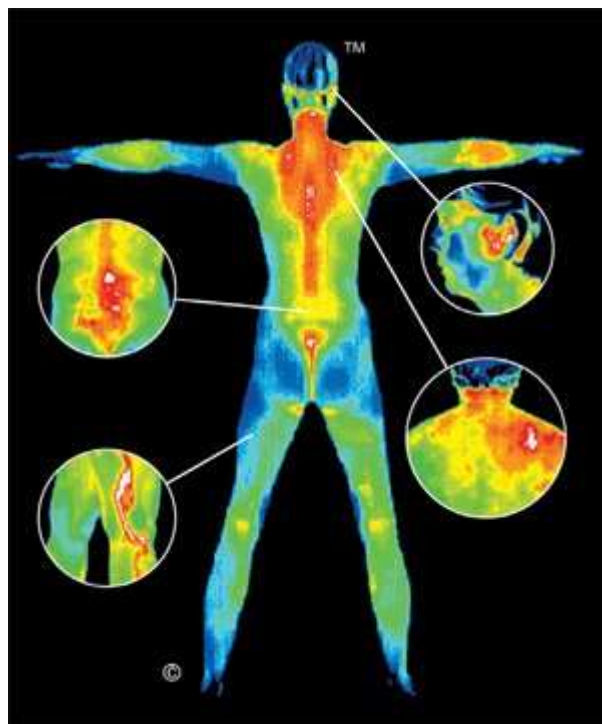


Fig 2.8. Imagen termográfica del cuerpo humano [24]

2.2.4. CÁMARA TERMOGRÁFICA

La función fundamental de una cámara termográfica es poder realizar análisis visuales sencillos y de manera rápida de las temperaturas de superficies y cuerpos. Según el uso que se le vaya a dar a una cámara termográfica se deben tener en cuenta los siguientes parámetros técnicos.

- Exactitud.
- Precisión.

- Rango de temperatura de medición.
- Resolución espacial.
- Resolución de temperatura.



Fig 2.9. Cámara Fluke Vt04 [12]

Las cámaras térmicas, infrarrojas o termográficas, tienen los mismos componentes, en la figura 2.9 se observa una cámara termográfica Fluke Vt04, usada para aplicaciones industriales. Estas cámaras varían nada más con respecto a la exactitud que se le vaya a dar en su aplicación.

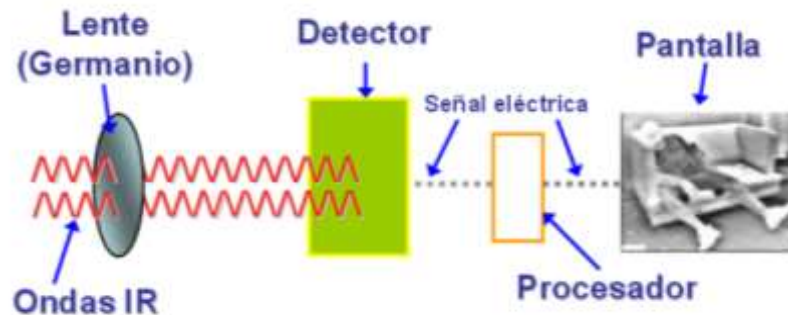


Fig 2.10. Componentes cámara termográfica [12]

Los componentes que tienen estas cámaras se muestran en la Figura 2.10, se detalla cada uno de ellos a continuación:

- **Lente:** El lente se encarga del enfoque de los rayos de radiación infrarroja sobre el detector, por lo general son hechos de germanio.

- **Detector:** El detector se encarga de divisar la radiación infrarroja y convertirla en señales eléctricas, es el transductor de la cámara. Son hechos a base de semiconductores.
- **Procesador:** El procesador es un pequeño computador que interpreta la señal del detector y la convierte en otro tipo de señal que pueda ser presentada en una pantalla.
- **Pantalla:** La pantalla presenta la imagen térmica con la radiación emitida por el cuerpo en estudio.

APLICACIONES

Las cámaras termográficas son dispositivos indispensables en el análisis predictivo y preventivo; además, para detectar anomalías que son invisibles para el ojo humano. Se las utiliza en diferentes áreas que se muestran a continuación:

Industria:

- Daños potenciales.
- Fugas.
- Conexiones eléctricas mal realizadas.

Construcción:

- Fugas de calor.
- Humedad.

Medicina

- Detección de temperaturas de manera no invasiva.

2.2.5. CÁMARA TERMOGRÁFICA FLUKE TI32

Cámara termográfica o térmica infrarroja, proporciona imágenes claras y nítidas con una resolución de 320x240 del sensor.



Fig. 2.11. Cámara térmica Fluke TI32 [25]

Es una cámara que puede usarse en todos los lugares, fue creada para hallar problemas puntuales o para detectar problemas potenciales, cuando se realiza mantenimiento o reparación. Posee baterías reemplazables fácilmente por el usuario y también dispone de varios lentes intercambiables, esta cámara se muestra en la figura 2.10.

Es capaz de detectar la más mínima diferencia de temperatura gracias a su sensibilidad (NETD), por sus siglas en inglés, Diferencia de Temperatura Equivalente al Ruido. Posee un menú de tres botones muy intuitivos y fáciles de usar, que permiten configurar cualquier parámetro que nos brinda esta cámara. Presenta también una opción de grabar sonido en una imagen, que obviamente es una ventaja el momento del uso en campo. Las imágenes se guardan en una memoria SD extraíble, estas pueden ser de formato .jpeg, .bmp o .is2 si son imágenes con audio. Cuenta además de la opción de enfoque manual.

A continuación se muestra una tabla con las principales características de la cámara térmica Fluke TI32:

Tabla 2.1. Características de la Cámara térmica Fluke TI32 [25]

CARACTERÍSTICA	DETALLES
Resolución	320x240 (76800 píxeles)
Rango de medida de temperatura	-20 ⁰ C a 600 ⁰ C
Exactitud de medición	±2 ⁰ C
Banda espectral infrarroja	7,5 μm a 14 μm (onda larga)
Modo de enfoque	Ajustable
Temperatura de funcionamiento	-10 ⁰ C a 50 ⁰ C
Formato de archivo de salida	.JPEG .BMP .IS2
Humedad relativa	10% a 95% sin condensación
Pantalla	LCD VGA (640 x 480) panorámica en color, 3,7 pulg. Diagonal con retroiluminación

Fuente: Investigador

La figura 2.12, indica las partes que componen la cámara térmica Fluke TI32, cada número ilustrado en la figura 2.12 son descritos en la parte inferior de la imagen.

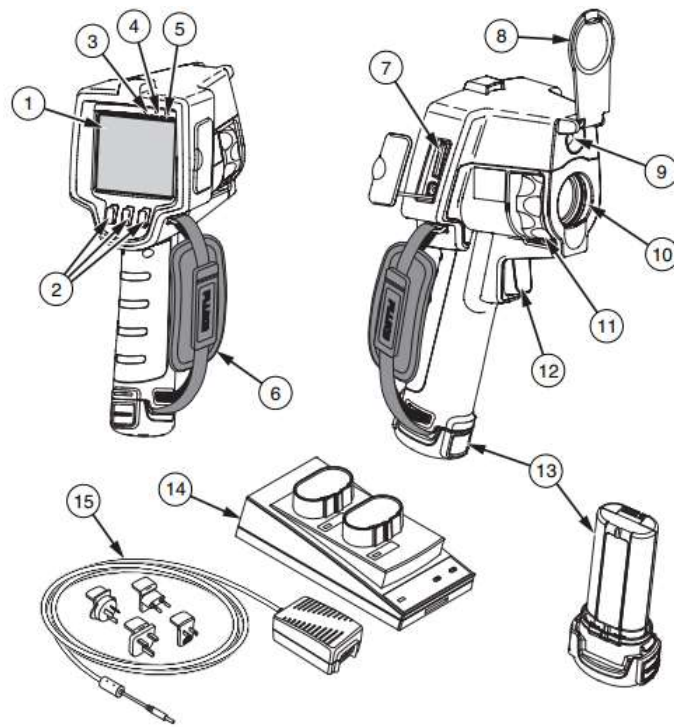


Fig. 2.12. Partes de la cámara térmica Fluke TI32 [26]

- 1.- Pantalla LCD
- 2.- Teclas programables
- 3.- Altavoz
- 4.- Micrófono
- 5.- Sensor de luz de fondo automática
- 6.- Correa para mano
- 7.- Ranura de tarjeta de memoria SD
- 8.- Cubierta retráctil para lente
- 9.- Cámara de luz visible
- 10.- Lente infrarrojo
- 11.- Aro de control de enfoque
- 12.- Disparador de captura de imágenes
- 13.- Paquete de baterías
- 14.- Base para carga de baterías
- 15.- Adaptador de corriente

2.2.6. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Al conjunto de técnicas y procesos para descubrir o hacer resaltar información contenida en una imagen, usando como herramienta principal una computadora se le conoce como procesamiento digital de imágenes (PDI). Hoy en día, el PDI es un área de investigación muy específica en computación y está muy relacionada con el procesamiento digital de señales. Esta relación estriba en el hecho de que en esencia el PDI es una forma muy especial del procesamiento digital de señales en dos o tres dimensiones. El interés en el estudio del PDI se basa en dos áreas de aplicación primordiales: [12]

- El mejoramiento de la calidad de la información contenida en una imagen con el fin de que esta información pueda ser interpretada por los humanos. [12]
- El procesamiento de los datos contenidos en un escenario a través de una máquina de percepción autónoma. [12]

ETAPAS DEL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

La visión artificial o visión por computar, es basada en máquinas que usan el procesamiento digital de imágenes, en donde se integran dispositivos de entrada y salida, sistemas de imágenes digitalizadas y redes de computadores para tener un control de equipos. Para obtener buenos resultados se debe tener en cuenta las siguientes etapas del procesamiento digital de imágenes, que se expone en la figura 2.13.

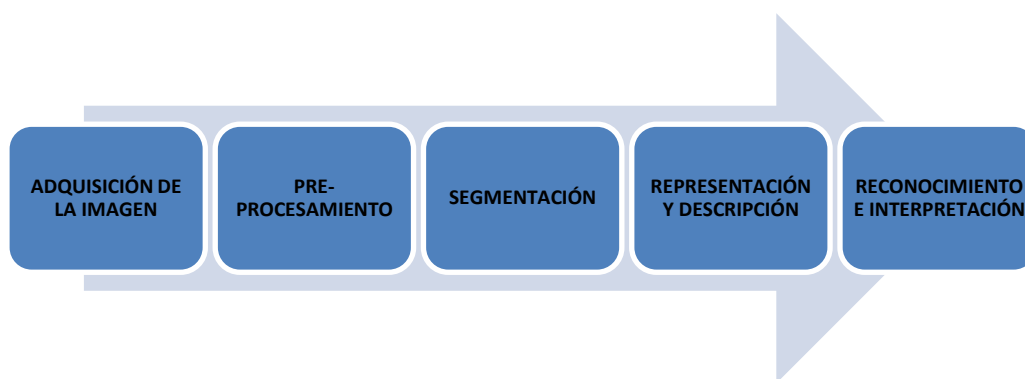


Fig 2.13. Etapas del procesamiento de imágenes [12]

- **Adquisición de la imagen:** La adquisición de la imagen se la hace a través de algún tipo de transductor, que se encarga de convertir la señal de entrada en una diferente señal para su salida, o la radiación de un cuerpo en una señal eléctrica.
- **Pre-procesamiento:** El pre-procesamiento reduce la mayor cantidad de ruido que se pueda, de la señal enviada por el transductor, para mejorar propiedades de la misma, como el brillo o el contorno.
- **Segmentación:** La segmentación separa objetos de interés de otros en la imagen.
- **Representación y Descripción:** Con la representación y descripción se adquieren características específicas que se diferencian de otro tipo de objetos; por ejemplo. El perímetro de algún cuerpo, para posteriormente poder presentarlo en una pantalla.
- **Reconocimiento e Interpretación:** El reconocimiento e interpretación identifican los objetos de interés, para poder asociarlos y darles su propio significado. [12]

APLICACIONES EN MEDICINA

Durante los últimos 15 años, un número creciente de técnicas referentes a imágenes digitales ha sido introducido en la práctica médica. Muchos radiólogos y personal de laboratorios médicos conocen y manipulan imágenes digitales como las producidas por Tomografía Asistida por Computadora (TAC), resonancia magnética y por métodos de medicina nuclear. Debido al desarrollo, capacidades y gran factibilidad de ejecución de las computadoras, las imágenes en medicina, que eran tradicionalmente grabadas sobre películas, ahora pueden manipularse en forma digital. De esta forma las imágenes de ultrasonido y las de Rayos X se pueden

almacenar directamente en forma digital por medio de placas de fósforo de luminiscencia fotoestimulable.

El desarrollo de las técnicas de almacenamiento de imágenes digitales en medicina ha estado acompañado por un incremento en el uso de herramientas de manipulación de imágenes.

Estas últimas se pueden dividir en dos categorías:

- Herramientas de propósito general para procesar imágenes, las cuales se utilizan para manipular y modificar la presentación de las mismas, éstas pueden ser: ajuste de la intensidad y contraste; compactación de la imagen y rotación de la misma; filtros para suavizar y resaltar imágenes, y algoritmos para la extracción de propiedades como textura, y otros.
- Técnicas para el análisis y técnicas de medición en la evaluación cuantitativa de las imágenes.

Estas herramientas están diseñadas para ayudar a los laboratoristas y médicos a realizar evaluaciones objetivas de las imágenes, y proporcionar así un diagnóstico más preciso que el que puede dar la sola interpretación visual. [27]

2.2.7. TARJETA RASPBERRY PI

La tarjeta Raspberry Pi, es una placa que cumple la función de un micro ordenador o un computador SBC de bajo costo. Fue desarrollado en el Reino Unido por la fundación llamada Raspberry Pi, con el fin de que con esta se fomente la enseñanza de la computación y programación en las escuelas.

Para trabajar con esta tarjeta se necesita de almacenamiento externo, que puede ser a través de una tarjeta SD o un micro SD, las tarjetas más actuales cuentan con hasta 4 puertos USB para conectar diversos periféricos, además de una salida HDMI. Entre los sistemas operativos que puede manejar la tarjeta están; Raspbian, RaspBMC, OpenElec o Arch Linux. [28]

A continuación en la Tabla 2.2 se comparan las versiones más usadas de la tarjeta Raspberry Pi.

Tabla 2.2. Comparación de características de las tarjetas Raspberry Pi [29]

	Raspberry Pi Zero	Raspberry Pi Model A	Raspberry Pi 2 Model B	RaspberryPi 3 Model B
Precio	\$5 a \$10 USD	\$20 USD	\$35 USD	\$35 USD
Velocidad	1000 MHz	700 MHz	900 MHz	1200 MHz
RAM	512 MB	512 MB	1 GB	1 GB
GPU	250 MHz Broadcom VideoCore IV	250MHz Broadcom VideoCore IV	250MHz Broadcom VideoCore IV	400MHz Broadcom VideoCore IV
Dimensiones	Largo: 6.5cm Ancho: 3cm Peso: 9g	Largo: 6.5cm Ancho: 5.7cm Peso: 23g	Largo: 8.6cm Ancho: 5.7cm Peso: 45g	Largo: 8.6cm Ancho: 5.7cm Peso: 45g
Alimentación	5v a 2ª micro USB	5v a 2ª micro USB	5v a 2ª micro USB	5v a 3ª micro USB

2.2.8. OPEN CV

Open CV por sus siglas en inglés, Open Source Vision Library, es una librería de software open – source, que trabaja bajo la licencia Berkeley Software Distribution (BSD), fue diseñado específicamente para la captura, tratamiento y presentación de imágenes en interfaces humano – máquina, robótica, biométrica, segmentación y reconocimiento de objeto; en general sistemas que presenten bibliotecas de datos estáticos y dinámicos.

Esta librería posee una gran diversidad de herramientas para interpretar una imagen. OpenCV esencialmente es una librería que consta de varios algoritmos, que se usan para: detección de rasgos, calibración de cámaras, rastreo, análisis de formas, reconstrucción 3D, segmentación y reconocimiento de objetos.

Trabaja en los sistemas operativos Linux, Windows, MacOS, con interfaces de C, C++, Java, Python y Matlab. OpenCV, es usado ampliamente en sistemas de

vigilancia y seguimiento de objetos. La librería OpenCV es una API con más de 500 funciones que están escritas en lenguaje C. Tiene las siguientes características. [30]

- Es de uso libre, tanto para sistemas comerciales como no comerciales.
- Tiene compatibilidad con Intel Processing Library (IPL) y además utiliza Intel Integrated Performance Primitives (IPP), siempre que estén disponibles en el sistema, con el fin de mejorar su rendimiento.
- No usa librerías numéricas externas, sin embargo puede usar alguna de ellas durante el tiempo de ejecución, si estuvieran disponibles.

2.2.9. QT CREATOR

Qt Creator, es un entorno de desarrollo integrado, o por sus siglas IDE, que se ajusta a todas las necesidades de cualquier desarrollador, además de ser multiplataforma.

Fue creado por dos ingenieros de Noruega, ya que veían que existía una necesidad de tener un GUI para una aplicación C++, orientado a objetos y que sea multiplataforma.

En la figura 2.14, se muestra el logo de este software.

Características

- Lenguaje de programación C++, orientado a objetos.
- Entorno de trabajo visual y por código.
- Librería gratuita y multiplataforma.
- Características de IDE avanzadas, como: completación automática de código, inspector de objetos, diseñador visual.

Interfaz Gráfica

GUI o por sus siglas en inglés, Interfaz Gráfica de Usuario, facilita la interacción del ordenador con el programador, ya que usa imágenes y otros objetos como botones o etiquetas, que ayudan al entendimiento.

Un GUI debe constar de 3 características principales, que son: sencillez, claridad y coherencia. Sencillez, debido a que los botones, etiquetas y demás opciones deben ayudar, apoyar y guiar al usuario para que este no tenga ninguna confusión. La información del GUI debe estar organizada para que exista claridad. Toda la información en gráficas o colores del GUI, deben pertenecer a su respectivo contenido para que exista coherencia.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto refleja investigación aplicada, ya que se realizó al personal administrativo del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga.

En la modalidad de la investigación se hizo uso de la investigación documental – bibliográfica, con el propósito de ampliar y profundizar los enfoques y las teorías sobre la aplicación de la termografía en la medicina.

Además se usó la modalidad de investigación de campo bajo el enfoque cuantitativo, ya que se pretende recoger y analizar datos de manera numérica los cuales están incluidos en el campo de la estadística, sobre la existencia del STC en el personal administrativo del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga; es cualitativo, debido a que se contó con criterios de especialistas de la medicina en el área de traumatología. Además de la modalidad experimental, debido a que se realizaron pruebas al personal administrativo del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

La población objetivo está conformada por el personal que trabaja en el Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga. Para esta investigación se consideró como población de estudio, únicamente las personas que trabajen en la parte administrativa de la institución.

Tabla 3.1. Población de estudio.

POBLACIÓN	TOTAL
Personal Administrativo del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga	15

Fuente: Investigador

En este caso no se necesita determinar el tamaño de una muestra, debido a que la población es finita, y es factible aplicar la investigación a toda la población.

3.3. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de la información se aplicaron los siguientes instrumentos:

- Encuestas a la población determinada.
- Entrevistas a especialista en la rama de fisioterapia.

Se realizaron pruebas de funcionamiento del prototipo a 15 personas que sean mayores de edad, que realicen actividades que puedan ser causantes para el padecimiento del síndrome.

3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

- Una vez que se obtuvo la información apropiada de la investigación, formó parte de un proceso estadístico que consistió en la tabulación de los datos de forma ordenada y sistemática.
- El análisis de los resultados se presenta en cuadros estadísticos destacando las tendencias o relaciones fundamentadas de acuerdo a los objetivos con el uso del sistema estadístico SPSS.
- Al obtener las imágenes termográficas de cada uno de los pacientes o sujetos de prueba, se procede a ingresarlas al programa que se realizó para el procesamiento, para que posteriormente se puedan obtener los datos necesarios para diagnosticar el STC.

3.5. DESARROLLO DEL PROYECTO

A continuación, se presentan las actividades necesarias que se realizaron para la elaboración de este proyecto de investigación:

1. Recolección de información sobre el Síndrome de Túnel Carpiano.
2. Descripción general y análisis del Síndrome de Túnel Carpiano.
3. Recolección de información acerca de los métodos más usados actualmente para diagnosticar el STC.
4. Obtención de información, mediante encuestas, sobre el tipo de actividades que realizan los trabajadores del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga, que puedan ser causantes del STC.
5. Determinación del grupo de trabajadores del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga más propensos a sufrir del síndrome.
6. Diseño del sistema electrónico de diagnóstico de STC.
7. Desarrollo del programa para el procesamiento de imágenes térmicas.
8. Ensamble del sistema electrónico para el diagnóstico del STC.
9. Corrección de posibles errores que afecten el funcionamiento del prototipo.
10. Aplicación del sistema electrónico al grupo de trabajadores propensos al STC.
11. Validación de los resultados.
12. Elaboración de Informe Final.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA TENDENCIA A ADQUIRIR EL SÍNDROME DE TÚNEL CARPIANO, EN PERSONAL ADMINISTRATIVO.

En el Patronato Municipal de Amparo Social de la ciudad de Latacunga, existe personal que trabaja toda su jornada laboral, realizando actividades repetitivas con sus manos, en especial el personal administrativo. Estas actividades repetitivas, sumadas con la mala posición de las manos al hacerlas, son factores que a corto plazo pueden causar el Síndrome de Túnel Carpiano.

Debido a la falta de tiempo y preocupación por parte de las personas en general, hacen que estas enfermedades pasen desprevénidas, por lo que no sienten la necesidad de realizarse un diagnóstico para evitar posibles problemas o tratar los mismos. El personal administrativo del lugar de estudio, posee lugares ergonómicamente adecuados para la realización de su trabajo, sin embargo, por no tener conocimiento completo acerca de las enfermedades laborales que pueden sufrir, pueden no sentirse obligados a usar los artículos que se les brinda para evitar estas enfermedades.

La institución pública en la que se aplica la investigación, entre otros servicios médicos y de labor social, brinda atención en el área de traumatología, en la que cuenta con muchos especialistas, expertos en el tema del Síndrome de Túnel Carpiano. La Licenciada Magdalena Patiño, fisioterapeuta del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga, indica que se ha incrementado la población que asiste con esta patología a la institución, para ser atendidos, además explica que los

métodos de diagnóstico aplicados para este síndrome, son los tradicionales, explicando que se basa en la semiología del paciente. También revela que, toda persona que realice actividades repetitivas por un tiempo prolongado puede padecer de este síndrome, aclarando que el personal administrativo de la institución, es propenso a presentar síntomas del Síndrome de Túnel Carpiano.

Los diagnósticos del STC, que se usan en la actualidad, hacen que el paciente presente dolor, ya que se ejerce una presión sobre la muñeca en la que existen síntomas, esto causa malestar en el individuo tratado, además del que ya tiene debido al síndrome. Es por esto que es necesario que se desarrollen nuevos métodos de diagnóstico para esta enfermedad, que no sean invasivas con el paciente y además sea un aporte a la salud, haciendo uso de la tecnología que se tiene en la actualidad.

ENTREVISTA

Se desarrolló una entrevista a la licenciada Magdalena Patiño, profesional fisioterapeuta del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga, con el objetivo de recoger información relevante para los objetivos planteados en la investigación.

ENTREVISTA REALIZADA A LA FISIOTERAPEUTA DEL PATRONATO MUNICIPAL DE AMPARO SOCIAL DE LATACUNGA:

Investigador: ¿Qué conoce usted acerca del Síndrome de Túnel Carpiano?

Entrevistada: El síndrome de túnel carpiano es una de las patologías más frecuentes en la actualidad, debido a las actividades repetitivas que realizan las personas en el área de administración, se usa mucho la computadora y al realizar el movimiento con el mouse causa una presión sobre el túnel carpiano, que más bien se estrecha y comprime las raíces nerviosas que pasan por este túnel, causando dificultad y gran dolor y sobre todo impotencia funcional en las actividades de la vida diaria.

Investigador: ¿Con qué frecuencia se trata a personas con este síndrome en el Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga?

Entrevistada: Bueno, la frecuencia en estos últimos tiempos se ha intensificado, se podría decir que en el parte diario que elaboramos los terapistas, tenemos de cada 10 pacientes unos 2 o 3 que tienen Síndrome de Túnel Carpiano, esta patología se ha intensificado debido a la tecnología que actualmente tenemos y que la mayoría de personas utilizamos.

Investigador: ¿Qué técnicas de diagnóstico para este Síndrome practica usted?

Entrevistada: Una de las técnicas que utilizamos es revisar la muñeca del paciente y hacer una ligera presión hacia adentro, nos da positivo cuando al apretar hay dolor, es decir yo causo una presión intensiva que va a afectar al túnel, y que nos va a dar un signo positivo cuando el paciente se queja del dolor el momento que yo hago la presión.

Investigador: ¿Creería usted que sería conveniente, crear un método de diagnóstico no invasivo para este síndrome? ¿Por qué?

Entrevistada: Sería de gran utilidad, porque si se tienen métodos menos agresivos, si se puede llamar así, el paciente no incrementa el dolor que de por sí ya lo tiene, me parece una gran opción y le felicito porque sería de gran ayuda para el diagnóstico del STC

Investigador: De todas las personas que ha tratado usted, que sufren de este síndrome, ¿A qué sector laboral pertenece la mayoría?

Entrevistada: La mayoría pertenece al área administrativa, donde se usa diariamente la computadora y el uso del mouse, o personas que cumplen actividades repetitivas, como por ejemplo, un cepillar, los estilistas, electricistas, carpinteros, personas dedicadas a pintar edificio o casas, porque tienen una actividad muy repetitiva, entonces, pueden ser el grupo más vulnerable para presentar STC, además de oficinistas que pasan muchas horas sentados y que pasan casi todo el día usando el mouse.

Investigador: ¿Cree usted que el personal administrativo del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga, están propensos a sufrir de este síndrome?

Entrevistada: Claro, porque la causa está bien identificada, sabemos que la actividad repetitiva es la causante del problema, entonces se concluye que estarían propensos a sufrir de STC.

RESILTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA AL PERSONAL ADMINISTRATIVO DEL PATRONATO MUNICIPAL DE AMPARO SOCIAL DE LATACUNGA

Se aplicó una encuesta al personal administrativo, encuesta que se encuentra en el ANEXO F, para determinar si estas personas son propensas a sufrir de este síndrome, analizando la edad, los años que usan un mouse de computador, su género, el tiempo que usan un mouse de computador en su jornada laboral y si conocen de este síndrome.

1. Género

Tabla 4.1. Género

GÉNERO		
	Frecuencia	Porcentaje
MASCULINO	6	40.0%
FEMENINO	9	60.0%
TOTAL	15	100.0%

Fuente: Investigador

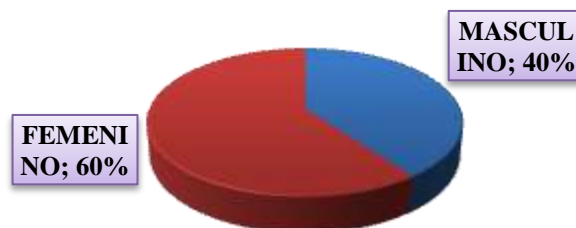


Fig. 4.1. Género
Fuente: Investigador

Análisis e Interpretación

La participación de las personas en la encuesta, el 60% son del género femenino; y, el 40% son del género masculino.

Lo que indica que existe mayor cantidad de mujeres que laboran en la institución, con relación a los hombres.

2. ¿En qué rango de edad se encuentra usted?

Tabla 4.2. Edad

QUÉ RANGO DE EDAD?		
	Frecuencia	Porcentaje
18 A 25	1	6.7%
26 A 35	6	40.0%
36 A 45	4	26.7%
46 A 60	4	26.7%
TOTAL	15	100.0%

Fuente: Investigador

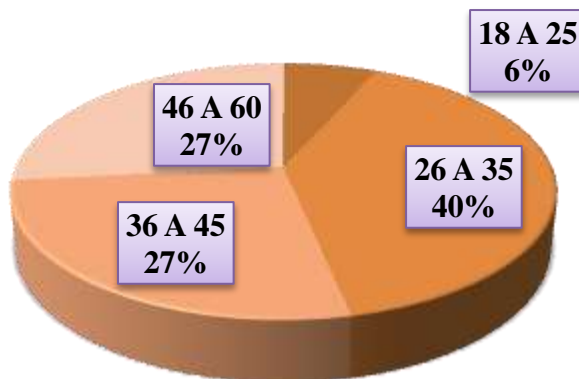


Fig. 4.2. Edad

Fuente: Investigador

Análisis e Interpretación

Los encuestados corresponden a los rangos de edad de entre 26 a 35 años en un 40%; entre 46 a 60 años en un 27%; entre 36 y 45 años en un 27%; y, entre 18 a 25 años en un 6%.

Es decir, un mayor porcentaje se encuentran entre 36 y 60 años de edad ya que sumados los porcentajes de los dos rangos dan un 54%, correspondiendo a una edad joven adulta y adulta.

3. ¿Desde qué edad empezó a utilizar el mouse de un computador?

Tabla 4.3. Uso de mouse

USO DE MOUSE		
	Frecuencia	Porcentaje
16 AÑOS	3	20.0%
17 AÑOS	1	6.7%
15 AÑOS	2	13.3%
45 AÑOS	1	6.7%
48 AÑOS	2	13.3%
8 AÑOS	1	6.7%
30 AÑOS	2	13.3%
18 AÑOS	2	13.3%
10 AÑOS	1	6.7%
TOTAL	15	100.0%

Fuente: Investigador

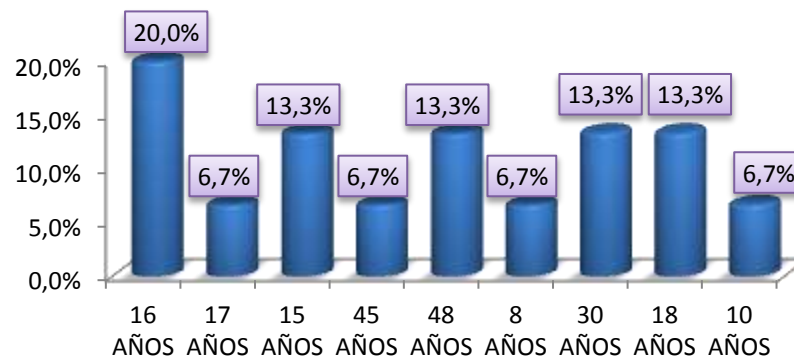


Fig. 4.3. Uso de mouse

Fuente: Investigador

Análisis e Interpretación

Con relación a la edad en la que inició a usar un mouse, manifiestan que: el 20% a los 16 años; comparten el 13,3% a los 15 años, a los 48 años, a los 30 años y a los 18 años; del mismo modo comparten el 6,7% a los 17 años, a los 45 años, a los 8 años y a los 10 años.

Esta información indica la mayoría de encuestados han hecho uso del mouse a temprana edad, como es el caso desde los 15, 16 o 17 años.

4. ¿Hace cuánto tiempo trabaja usted en el Patronato Municipal de Latacunga?

Tabla 4.4. Tiempo de trabajo

TIEMPO QUE TRABAJA EN EL PATRONATO MUNICIPAL DE LATACUNGA		
	Frecuencia	Porcentaje
0 A 2 AÑOS	5	33.3%
3 A 5 AÑOS	4	26.7%
6 EN ADELANTE	6	40.0%
TOTAL	15	100.0%

Fuente: Investigador

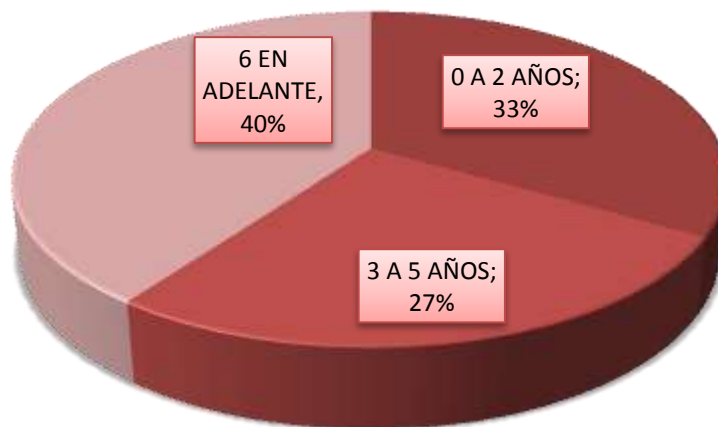


Fig. 4.4. Tiempo de trabajo

Fuente: Investigador

Análisis e Interpretación

Con relación al tiempo de trabajo en la institución, el 40% indican que lo hacen más de 6 años; el 33,3% entre 1 y 2 años; y, el 26,7% entre 3 a 5 años.

Los datos muestran la existencia de un grupo importante de empleados que trabajan en la institución más de 6 años en el área administrativa.

5. ¿El espacio físico en donde desempeña su trabajo, es adecuado para las actividades que realiza?

Tabla 4.5. Espacio físico adecuado

ESPACIO FÍSICO EN DONDE TRABAJA, ES ADECUADO?		
	Frecuencia	Porcentaje
SI	14	93.3%
NO	1	6.7%
TOTAL	15	100.0%

Fuente: Investigador

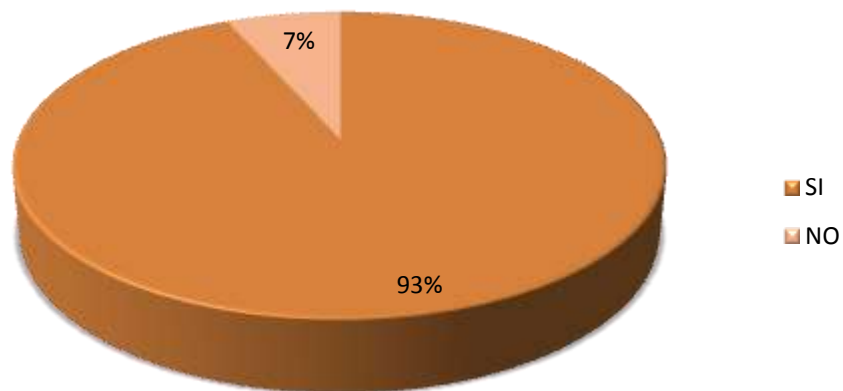


Fig. 4.5. Espacio físico adecuado

Fuente: Investigador

Análisis e Interpretación

Ante la inquietud sobre si el espacio de trabajo es apropiado el 93% manifiesta que sí, mientras que el 7% manifiesta que no.

El espacio físico de la institución presenta condiciones adecuadas para el desempeño de sus trabajadores.

6. ¿Posee un Pad Maouse adecuado o un mouse ergonómico, que podría prevenir una enfermedad laboral, como el Síndrome de Túnel Carpiano?

Tabla 4.6. Uso pad mouse adecuado

POSEE UN MOUSE ADECUADO O UN MOUSE HERGONÓMICO, QUE PODRÍA PREVENIR UNA ENFERMEDAD LABORAL, COMO EL SINDROME DEL TUNEL CARPIANO		
	Frecuencia	Porcentaje
SI	8	53.3%
NO	7	46.7%
TOTAL	15	100.0%

Fuente: Investigador

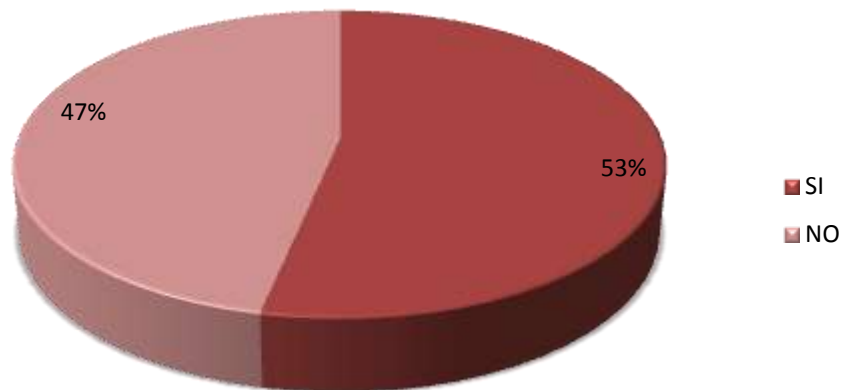


Fig. 4.6. Uso de pad mouse adecuado

Fuente: Investigador

Análisis e Interpretación

Ante el uso o no de un pad mouse adecuado, el 53% revela que si; y, el 47% revela que no.

A pesar de que una gran mayoría hace uso de un pat mouse adecuado para prevenir el Síndrome de Túnel Carpiano, existe un porcentaje que aún no cuenta con este recurso importante para su salud,

7. ¿De las 8 horas que se encuentra en su lugar de trabajo, cuánto tiempo maneja el mouse de su computador?

Tabla 4.7. Tiempo de uso de mouse

DE LAS OCHO HORAS DE TRABAJO, CUÁNTO TIEMPO MANEJA EL MOUSE		
	Frecuencia	Porcentaje
0 A 2 HORAS	1	6.7%
2 A 4 HORAS	2	13.3%
4 A 6 HORAS	5	33.3%
6 A 8 HORAS	7	46.7%
TOTAL	15	100.0%

Fuente: Investigador

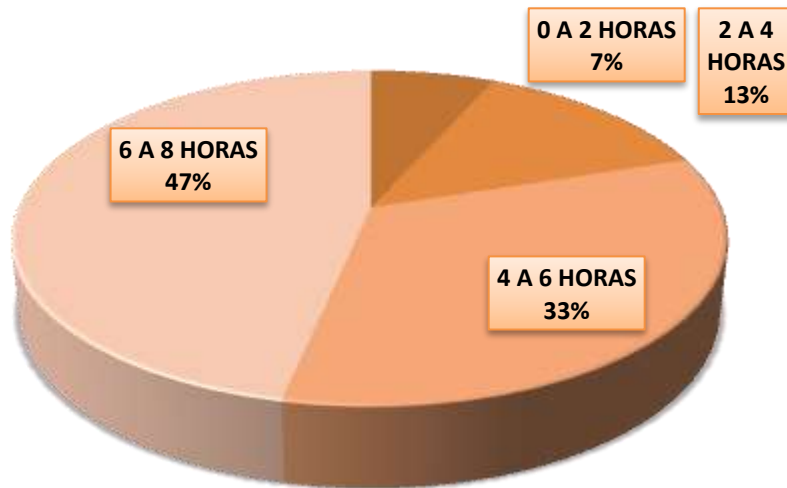


Fig. 4.7. Tiempo de uso de mouse

Fuente: Investigador

Análisis e Interpretación

Sobre el tiempo de uso del pad mouse en el trabajo; el 46,7% lo usa de 6 a 8 horas; el 33% lo usa de 4 a 6 horas; el 13% lo usa de 2 a 4 horas; y, el 7% lo usa de 0 a 2 horas.

De la información recopilada, las personas dedican un tiempo entre 4 a 8 horas diarias están expuestas al uso del pad mouse en su trabajo.

8. ¿Conoce usted acerca del Síndrome de Túnel Carpiano?

Tabla 4.8. Conoce del STC

CONOCE USTED ACERCA DEL SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO		
	Frecuencia	Porcentaje
SI	9	60.0%
NO	6	40.0%
TOTAL	15	100.0%

Fuente: Investigador

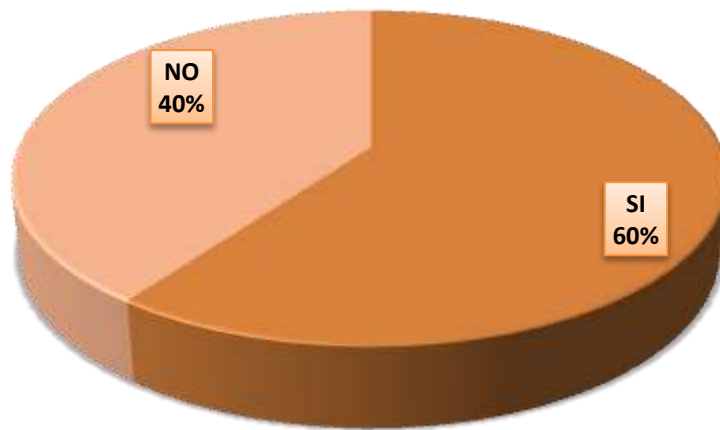


Fig.4.8. Conoce del STC

Fuente: Investigador

Análisis e Interpretación

El 60% de los encuestados, manifiestan si conocer sobre el Síndrome de Túnel Carpiano; mientras que, el 40% manifiesta no conocer.

Existe una mayoría importante de personas que conocen sobre el Síndrome de Túnel Carpiano.

9. ¿Conoce usted acerca de los métodos de diagnóstico de Síndrome de Túnel Carpiano?

Tabla 4.9. Conoce métodos de diagnóstico del STC

CONOCE DE LOS MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO DEL SINDROME DEL TUNEL CARPIANO QUE SE USAN		
	Frecuencia	Porcentaje
SI	3	20.0%
NO	12	80.0%
TOTAL	15	100.0%

Fuente: Investigador

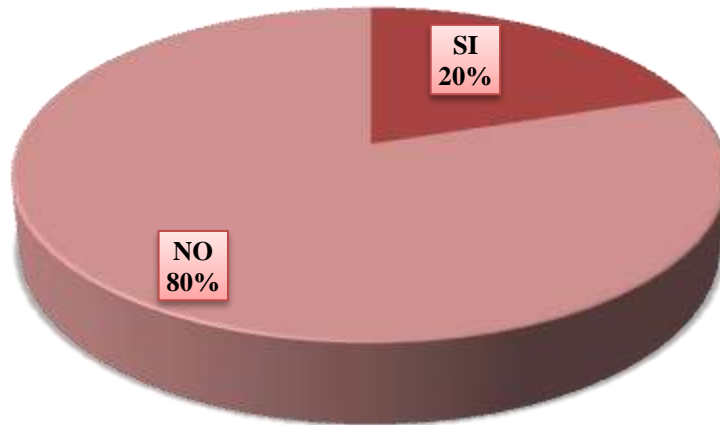


Fig. 4.9. Conoce métodos de diagnóstico del STC

Fuente: Investigador

Análisis e Interpretación

Sobre el conocimiento de los métodos de diagnóstico del Síndrome de Túnel Carpiano, el 80% responden desconocer; y, el 20% responden que sí.

Una gran mayoría manifiesta no conocer de los métodos de diagnóstico del Síndrome de Túnel Carpiano.

10. ¿Podría usted decir que realiza actividades repetitivas con sus manos en su trabajo?

Tabla 4.10. Actividades repetitivas con la mano

PODRÍA USTED DECIR, QUE REALIZA ACTIVIDADES REPETITIVAS CON SUS MANOS EN SU TRABAJO		
	Frecuencia	Porcentaje
SI	15	100.0%
NO	0	0%
TOTAL	15	100%

Fuente: Investigador

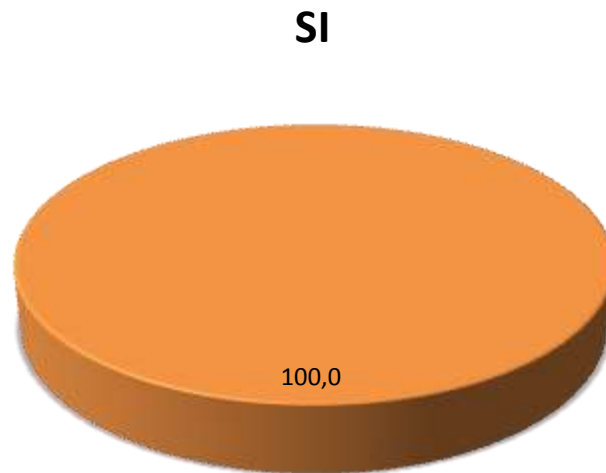


Fig. 4.10. Actividades repetitivas con a mano

Fuente: Investigador

Análisis e Interpretación

El 100% de los entrevistados, reconocen que realizan actividades repetitivas con sus manos en su trabajo.

Esto revela que todos los encuestados realizan actividades monótonas o repetitivas con sus manos durante el tiempo de trabajo.

11. ¿Posee usted algún trastorno metabólico, cómo: diabetes, hipotiroidismo, Hipertiroidismo o similares?

Tabla 4.11. Posee trastorno metabólico

POSEE USTED ALGÚN TRASTORNO METABOLICO, COMO: DIABETES, HIPOTIROIDISMO, HIPERTIROIDISMO O SIMILARES		
	Frecuencia	Porcentaje
SI	2	13.3%
NO	13	86.7%
TOTAL	15	100.0%

Fuente: Investigador

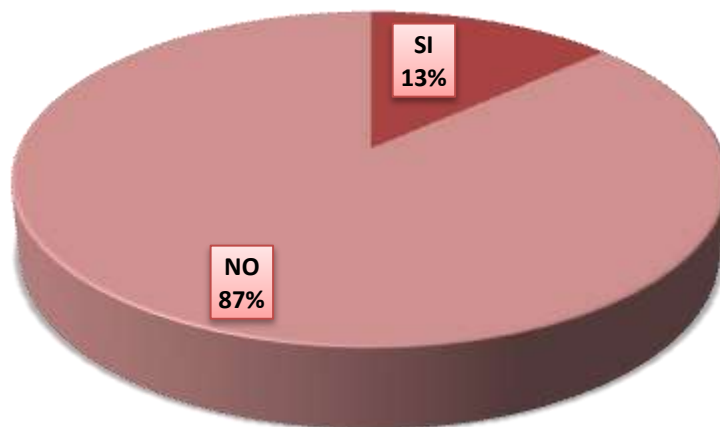


Fig. 4.11. Posee trastorno metabólico

Fuente: Investigador

Análisis e Interpretación

Se indica que el 87% de los encuestados no poseen trastornos metabólicos, cómo: diabetes, hipotiroidismo, Hipertiroidismo o similares; y, el 13% sí.

De las personas encuestadas existe una mayoría que manifiestan no poseer trastornos metabólicos, cómo: diabetes, hipotiroidismo, Hipertiroidismo o similares.

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA AL PERSONAL ADMINISTRATIVO DEL PATRONATO MUNICIPAL DE AMPARO SOCIAL DE LATACUNGA

Con los datos obtenidos de la encuesta realizada, se identifica que la mayoría del personal administrativo son mujeres, entre adultos y adultos mayores.

Un gran número de sujetos encuestados, manifiestan que iniciaron el uso del mouse de un computador desde los 16 años de edad, considerándose como una edad temprana; a esto se agrega que el personal encuestado realiza actividades rutinarias, haciendo uso del mouse en el rol que cada uno desempeña durante su horario de trabajo. Todo el personal considera que realiza actividades repetitivas con sus manos en su jornada de trabajo.

Es importante reconocer, que 8 individuos del personal administrativo, posee un pad mouse ergonómico, que ayuda a prevenir enfermedades laborales, como el STC, quedando 7 personas sin este recurso; e indican que el espacio físico en donde desempeña su trabajo es adecuado para las actividades que realiza.

Un aspecto relevante, es que una gran parte del personal encuestado, conoce acerca del STC, sin embargo desconocen de los métodos de diagnóstico de este padecimiento.

De acuerdo a la encuesta y la entrevista realizada, se interpreta que personas que realizan actividades repetitivas con sus manos, son propensas a sufrir de STC, y que se requiere un sistema que brinde la posibilidad de contar con un nuevo tipo de diagnóstico no invasivo, que permita eliminar el dolor que se provoca con los métodos actuales.

4.2. INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación, se ha desarrollado con el fin de realizar un nuevo método de diagnóstico, para los pacientes que sufren del Síndrome de Túnel Carpiano (STC), usando un método no invasivo, que se ha logrado gracias al uso de una cámara termográfica y al procesamiento de las imágenes que otorga la misma, a diferencia de los actuales métodos de diagnóstico, que necesitan de contacto físico con el paciente, haciéndoles ejercer presión sobre el Túnel Carpo o introduciéndole agujas que de igual manera causan más malestar.

Se determina que este método es no invasivo, a partir de que en ningún momento, se tiene contacto con la zona afectada del paciente; de esta manera, no causa dolor el momento de realizar el diagnóstico del STC.

Es fundamental indicar que los valores del diagnóstico del Síndrome de Túnel Carpiano, se muestran en una interfaz gráfica amigable a la vista; además de que todo el sistema es desarrollado en software y hardware libre.

4.3. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La elaboración de este proyecto de investigación tuvo una factibilidad técnica, económica y bibliográfica, que se explica a continuación.

4.3.1. Factibilidad Técnica

Los elementos electrónicos que se usaron en este proyecto, al ser hardware libre, son fáciles de adquirir; ya que, se encuentran en el mercado nacional y a un bajo costo, esto hace que la elaboración del sistema, sea técnicamente factible.

4.3.2. Factibilidad Económica

El investigador financió, con sus propios recursos, el costo de todos los sistemas electrónicos que se usaron en el proyecto, por lo tanto, es viable económicamente.

4.3.3. Factibilidad Bibliográfica

Existen fuentes de información, acerca del tema planteado, en diversos documentos de internet y artículos científicos.

Además se recurrió a libros y profesionales en fisioterapia, que ayudaron en el tema del Síndrome de Túnel Carpiano y sus diversos factores de diagnóstico.

4.4. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Los requerimientos del sistema son las características generales que debe tener el producto final de este proyecto de investigación, estos requerimientos se detallan a continuación:

- Preciso: la imagen termográfica que se capture debe ser de alta calidad, para que después del procesamiento que se le realice, conserve aun sus características principales, para de esta manera otorgar un análisis exacto.
- Rápido: el procesamiento no debe tomar demasiado tiempo, debe ser fluido y sin tiempos de espera.
- Interactivo: el especialista tratante y el paciente, como usuarios finales, deben entender fácilmente e interactuar con el resultado final del sistema, para una mejor comprensión entre ellos.

4.5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El desarrollo de esta investigación, Sistema electrónico para el diagnóstico del Síndrome de Túnel Carpiano (STC), aplicando procesamiento de imágenes térmicas, se realizó de manera ordenada, para que de esta manera no exista ningún tipo de error en la obtención de datos de la imagen térmica del paciente, para realizar un procesamiento rápido y eficiente de los mismos y así poder presentar los resultados del análisis.

En la Figura 4.12 se presenta el diagrama de bloques general, de los procesos que se realizaron en este sistema.

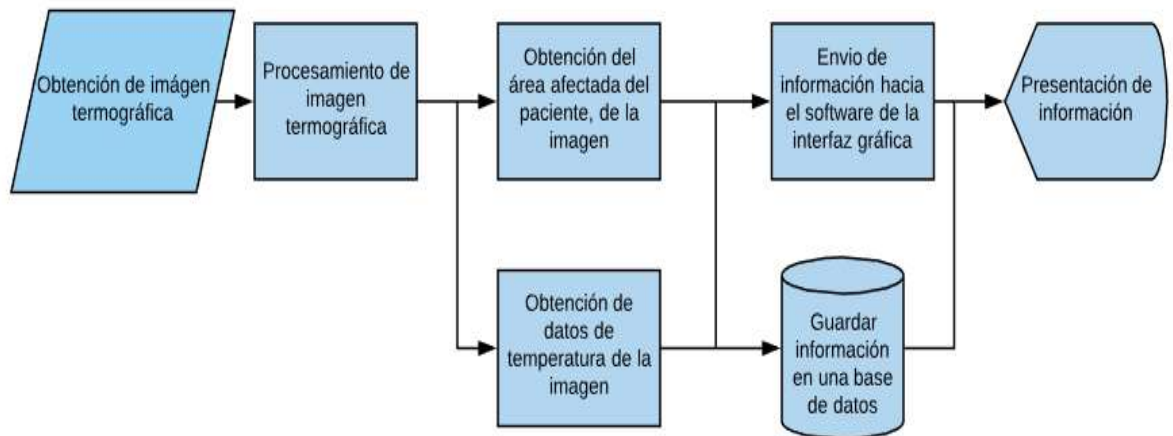


Fig. 4.12. Diagrama de bloques del sistema.




Fuente: Investigador

En el ANEXO A, se ilustra el diseño del prototipo del sistema, mostrando además el tipo de conexión de cada periférico que usa para su funcionamiento.

4.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES TERMOGRÁFICAS

Para la adquisición de las imágenes térmicas se debe tener en cuenta varios parámetros técnicos, como son; el formato en que se guardan las imágenes capturadas por la cámara térmica, la resolución, la precisión y el rango de temperatura que posea la cámara a usar. Para esto se realizó una comparación entre 3 cámaras termográficas que se encuentran actualmente en el mercado, la Tabla 4.12 describe las principales características de las cámaras termográficas; AMG8833 IR, Fluke Vt04 y Fluke Ti32.

Tabla 4.12 Comparación de cámaras termográficas [31] [32] [33]

Cámara Termográfica	AMG8833 IR	Fluke Vt04	Fluke Ti32
Imagen			
Formato de salida de las imágenes	.bmp	.bmp y .is2	.jpeg, .bmp, .is2
Resolución	8x8 pixeles	28x28 pixeles	320x240 pixeles
Precisión de medida de temperatura	$\pm 5.6^{\circ}\text{C}$	$\pm 4^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$
Rango de medida temperatura	0°C a +80°C	-10°C a +250°C	-20°C a +600°C
Precio	150\$ USD	650\$ USD	6000\$ USD

Fuente: Investigador

Se decide usar la cámara termográfica Fluke Ti32, debido a que, su precisión de medición de temperatura es de $\pm 2^{\circ}\text{C}$, entregando una imagen térmica con valores de temperatura muy cercanos a la realidad, además de que su resolución de 320x240 pixeles es extremadamente mayor a la que brindan las otras cámaras térmicas usadas en la comparación. Aunque el costo de la cámara térmica Fluke Ti32 sea elevado, comparado con la cámara AMG8833 IR y la Fluke Vt04, se le puede dar uso en varias aplicaciones más de la medicina y específicamente de la fisioterapia. La cámara térmica FLuke Ti32 usada, se ilustra en la figura 4.13.



Fig. 4.13. Cámara Térmica Fluke Ti32

Fuente: Investigador

A continuación, en la figura 4.14, una muestra de la captura de la imagen térmica captada a un sujeto de prueba.



Fig. 4.14. Captura de imagen térmica a sujeto de prueba.

Fuente: Investigador

El cuerpo del ser humano no es sensible a la radiación de luz infrarroja enviada por algún objeto, pero las cámaras térmicas o termográficas si son sensibles a la radiación infrarroja de cualquier objeto, además de ser capaces de medir esta radiación.

La termografía es la técnica predictiva más rápida, en el área de la medicina, debido a que se recolecta mucha información al cabo de pocos segundos, pero sabiendo que lo que muestra es el efecto mas no la causa del problema a tratar.

Al ser el campo de la medicina muy estricto en todo aspecto, se necesita de un protocolo para la medición y uso de la termografía en el cuerpo humano, para que de alguna manera exista una estandarización para cada parte del cuerpo humano.

Por tal razón, la adquisición de las imágenes termográficas debe guardar condiciones que posibiliten un ambiente con temperatura promedio acorde a la región en la que habitan cada sujeto de estudio.

Emilio Gómez Millan en su libro Neuro-Termografía y Termografía Psicosomática, recomienda tomar en cuenta los ítems que se describen en la Tabla 4.13, para el uso de la termografía en la medicina. [34]

Tabla 4.13. Recomendaciones para aplicación de termografía en la medicina [34]

ITEM	RECOMENDACIÓN
Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> • Sala de al menos 3x4 metros • Zona para ubicar al paciente cómodamente • Menos número de accesorios que no alteren la temperatura. • Distancia entre la cámara y el sujeto de al menos 60cm
Temperatura Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura ambiente entre 18⁰C - 25⁰C • De 22⁰C a 24⁰C para evaluar extremidades • La temperatura ambiente no debe variar de 1⁰C durante la prueba • Refrigeración de la sala, que no altere la temperatura del sujeto • Humedad controlada en 50%
Captación de Imágenes	<ul style="list-style-type: none"> • Ángulo recto entre la cámara y el sujeto
Preparación del Sujeto	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar que el sujeto se toque la parte a evaluar con otras partes de su cuerpo • El sujeto no debe tener nada que altere la medición (cosméticos, ropa ajustada, ingesta de alcohol, tabaco, o actividad física reciente)
Análisis de Imágenes y Escalas	<ul style="list-style-type: none"> • Durante la medición se debe ajustar la escala de temperatura • El sujeto debe mantenerse lo más estable posible

4.7. SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DE STC




Una vez capturadas las imágenes con la cámara termográfica, estas necesitan ser tratadas y posteriormente mostrar sus resultados; para esto, se usan programas realizados en software libre, para el procesamiento y para el diseño de la interfaz gráfica.

4.7.1. Sistema de procesamiento de imágenes térmicas

Para el procesamiento de las imágenes térmicas que se obtuvo de la cámara termográfica Fluke Ti32 y para la creación de la interfaz gráfica del sistema, se optó por usar hardware y software libre.

En la Tabla 4.14 se realiza una comparación entre tres placas de hardware libre que se usan en la actualidad y que se puede encontrar en el mercado actual; como son: Arduino Uno, Raspberry Pi y Beaglebone Black. La comparación entre estas placas se realiza con el fin de elegir la mejor, dependiendo de los requerimientos técnicos para este proyecto.

Tabla 4.14 Comparación de placas de hardware libre [35]

Hardware libre	Arduino UNO	Raspeberry Pi	Beaglebone Black
Imagen			
Microcontrolador/ Chip	ATmega328	Procesador Broadcom BCM2835 SoC	TI AM3359
CPU	No aplica	Procesador ARM1176JZ-F 700Mhz	1 GHz ARM Cortex-A8
Memoria	32 KB	512MB	512 MB
Salida de video	No aplica	HDMI	microHDMI
Sistema Operativo	No aplica	Linux	Linux, Android
Almacenamiento	No aplica	SD, MMC, SDIO card slot	2 GB 8-bit embedded MMC
Precio	20\$	35\$	45\$

Fuente: Investigador

La placa Arduino es un microcontrolador, que se programa en lenguaje C, pero no puede manejar un sistema operativo, tampoco consta de una salida de video, por lo que se descarta este hardware.

Las placas Raspberry y Beaglebone son muy similares, ambas pueden manejar un sistema operativo y constan de salida de video. El hardware libre Beaglebone no cuenta con la suficiente memoria RAM necesaria para la elaboración de este proyecto.

Por lo que se decide usar el hardware libre Raspberry, principalmente debido a que facilita la conexión de periféricos para salida de video y control de interfaz, además de que en sus versiones más recientes posee memoria RAM de 2 GB, suficientes para el procesamiento de imágenes y para la creación de una interfaz.

Dentro del hardware libre de Raspberry, se cuenta con variedad de modelos, por lo que en la tabla 4.15, se realiza una comparación entre 3 placas; que son: Raspberry Pi, Raspberry Pi 2 y Raspberry Pi 3, con la finalidad de escoger la que mejor se adapte a las necesidades del proyecto.

Tabla 4.15. Comparación de modelos de tarjetas Raspberry Pi [36]

	Raspberry Pi Model A	Raspberry Pi 2 Model B	RaspberryPi 3 Model B
Precio	\$20 USD	\$35 USD	\$35 USD
Frecuencia	700 MHz	900 MHz	1200 MHz
RAM	512 MB	1 GB	1 GB
GPU	250MHz Broadcom VideoCore IV	250MHz Broadcom VideoCore IV	400MHz Broadcom VideoCore IV
Alimentación	5v a 2A micro USB	5v a 2A micro USB	5v a 3A micro USB

Fuente: Investigador

El procesamiento de la información obtenida de la cámara termográfica se realiza en la placa Raspberry Pi 3, este computador de placa única, permite manejar varios lenguajes de programación, para poder realizar archivos de procesamiento.


Es fundamental indicar que la Raspberry Pi 3, tiene mejoras con respecto a sus versiones anteriores; tales como: más memoria RAM, cambio de procesador para mejor rendimiento, y la adecuación de varios complementos para mejorar la

utilización de esta, como la integración de un módulo WIFI, para que exista conexión a internet vía inalámbrica además de la alámbrica, también de otros módulos que permiten que sea una computadora capaz de realizar el procesamiento de imágenes térmicas y también la realización de una interfaz gráfica para la presentación de los datos.

Raspberry Pi 3

La Raspberry Pi 3 es un computador completo que funciona en una sola placa, se ha elegido usar esta computadora debido a que brinda la cantidad de memoria RAM necesaria para el procesamiento de imágenes; además de que, brinda facilidad al momento de conectar periféricos de salida, en donde se muestra la interfaz gráfica del sistema. Las características técnicas más importantes se muestran en la tabla 4.16.

Tabla 4.16. Características Raspberry Pi 3 [37]

Raspberry Pi 3 Model B	Características
	1.2 GHz 64 bit SoC ARM v8
	1GB LPDDR2 SDRAM
	WIFI IEEE 802.11.b/g/n
	Bluetooth 4.1
	HDMI
	4 x USB 2.0
	Lector de tarjeta micro SD
	Alimentación por micro USB
	Conectores analógicos de audio y micrófono
	10/100 Mbit/s Ethernet, Bluetooth 4.1

Fuente: Investigador

4.7.2. CONFIGURACIÓN DE SOFTWARE

La Raspberry Pi 3, necesita un sistema operativo para poder funcionar; para ello, se ha utilizado Raspbian Jessie. La imagen del sistema operativo Raspbian Jessie se ha

grabado en un micro SD de clase 10 con capacidad de almacenamiento de 16 GB. Este sistema operativo brinda facilidades para poder implementar el sistema de diagnóstico, debido a que facilita la instalación de todos los programas que se utilizan.

En la tabla 4.17 se comparan características principales de OpenCV y Matlab, para elegir el software de procesamiento más adecuado para la elaboración de este proyecto.

Tabla 4.17. Comparación de softwares de procesamiento [38]

SOFTWARE	MATLAB	OPENCV
Software libre	No	Si
Costo de uso	2150\$ USD	No tiene costo
Documentación	Extensa	Limitada
Tiempo de ejecución	Lento	Rapido
Plataformas	Exclusivo	Multiplataformas

Fuente: Investigador

Analizando las características principales de los programas OpenCV y Matlab, se decide usar para el procesamiento de las imágenes el software OpenCV, que al ser software libre, permite utilizarlo para diversas investigaciones, sin pagar ningún derecho, además de ser multiplataforma, es decir, funciona en el sistema operativo Raspbian Jessie que se escogió para este proyecto. También este software posibilita realizar el reconocimiento del área afectada por el Síndrome de Túnel Carpiano en los pacientes, de manera rápida y exacta, con los diferentes métodos que tiene para este fin.

4.7.3. INSTALACION DE OPENCV

Puesto a que se trabaja en el campo de la visión artificial, es fundamental el uso de OpenCV, debido a que es una biblioteca de uso libre, que está destinada específicamente a esta área y que actualmente se la usa a nivel mundial, según aclara Adrian Rosebrock. [39]

Para este proyecto de investigación se instaló OpenCV3, en el sistema operativo Raspbian Jessie de una placa Raspberry Pi 3.

La instalación es muy sencilla, pero debido a la gran cantidad de paquetes que se deben instalar, esta se demora al cabo de 1 a 2 horas; ante lo cual, se debe tener en cuenta que debido al procesamiento de la Raspberry Pi 3 este tiempo es relativamente menor, con el de las versiones anteriores de la placa.

A continuación se muestran los pasos para instalar OpenCV3 en una Raspberry Pi 3 con Raspbian Jessie: [39]

- En una terminal del sistema, se ingresan los comandos para actualizar el sistema. Esto tomara varios minutos debido a que se actualizan todos los paquetes del sistema.

sudo apt-get update

sudo apt-get upgrade

- A continuación, se instalan todas las dependencias de OpenCV, además de Cmake, que es una herramienta de generación de automatización de código, que servirá para los siguientes pasos.

sudo apt-get install build-essential cmake pkg-config

sudo apt-get install libjpeg-dev libtiff5-dev libjasper-dev libpng12-dev

sudo apt-get install libavcodec-dev libavformat-dev libswscale-dev libv4l-dev

sudo apt-get install libxvidcore-dev libx264-dev

sudo apt-get install libgtk2.0-dev

sudo apt-get install libatlas-base-dev gfortran

sudo apt-get install python2.7-dev python3-dev

- Después de instalar todas las dependencias, se descarga y descomprime la versión de OpenCV con la que se desea trabajar, en este caso la versión 3, del repositorio del mismo software. También se instalan servicios que se necesitan para trabajar con OpenCV.

wget -O opencv.zip https://github.com/Itseez/opencv/archive/3.1.0.zip

```

unzip opencv.zip
wget -O opencv_contrib.zip https://github.com/Itseez/opencv_contrib/archive/3.1.0.zip
unzip opencv_contrib.zip
wget https://bootstrap.pypa.io/get-pip.py
sudo python get-pip.py
pip install numpy

```

- Por último se debe compilar OpenCV, siendo este paso el que lleva más tiempo, debido a todos los paquetes a instalar.

```

cd ~/opencv-3.1.0/
mkdir build
cd build
cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE \
-D CMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local \
-D INSTALL_PYTHON_EXAMPLES=ON \
-D OPENCV_EXTRA_MODULES_PATH=~/opencv_contrib-3.1.0/modules \
-D BUILD_EXAMPLES=ON ..
make

```

Para comprobar que la instalación de OpenCV3 fue correcta, se procede a revisar su versión ingresando comandos de python en una terminal, si la instalación fue correcta se obtendrá un resultado como el que se ilustra en la figura 4.15.

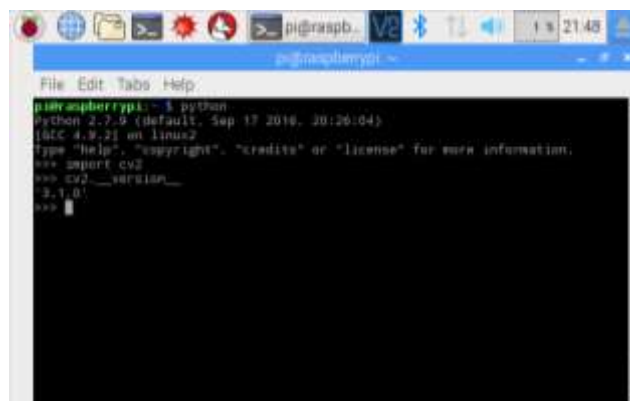


Fig. 4.15. Comprobación de versión de OpenCV instalado

Fuente: Investigador

4.7.4. DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA

En la tabla 4.18, se realiza una comparación entre Microsoft Visual Studio y Qt Creator, que son dos software que se utilizan para la elaboración de interfaces gráficas, con el fin de elegir uno de estos programas, para la elaboración de la interfaz gráfica de este proyecto.

Tabla 4.18. Comparación de softwares de creación de GUIs [40] [41]

PROGRAMA	VISUAL STUDIO	QT CREATOR
Precio	45\$	No tiene costo
Sistema Operativo	Windows, Mac	Windows, Linux, Mac
Depurador integrado	Si	Si
Autocompletar	No	Si
Uso de memoria RAM	Alto	Muy bajo

Fuente: Investigador

La interfaz gráfica, es realizada en el software QtCreator, que de igual manera es de libre uso, y permite realizar GUI's de una manera fácil y sencilla, debido a que tiene un entorno gráfico para armar la interfaz. Además que permite fácilmente convertir el código .ui a la extensión de Python .py, para la implantación de varias funciones, en este caso del procesamiento de imágenes.

La plataforma Qt, de desarrollo gráfico, principalmente utiliza una estructura basada en lenguaje C, bajo la licencia GNU LPGL, pero también admite el uso de la extensión *Qt Designer*, que es una herramienta que nos permite diseñar de manera profesional una interfaz.

En *Qt Designer* se han implementado el modelo de la interfaz para este proyecto, que consta de varias plantillas para la interacción entre el analizador y el programa.

Esta interfaz se ha realizado, procurando brindar un manejo fácil y sencillo para el usuario.

Las pantallas que maneja la interfaz para el sistema de diagnóstico son:

- Pantalla de bienvenida
- Pantalla para mostrar el análisis de imágenes
- Pantalla de base de datos

PANTALLA DE BIENVENIDA DE LA INTERFAZ GRÁFICA

En la figura 4.16, que es la pantalla de bienvenida, se muestra el logo de la Universidad Técnica de Ambato, seguido de los botones, “Análisis” y “Base de Datos”, que redirigirán al usuario a las pantallas correspondientes y finalmente un botón “SALIR”, que permite al usuario cerrar la aplicación.

Finalmente se muestran los datos del investigador y del tutor de este proyecto.

El código de la pantalla de bienvenida de la interfaz gráfica se encuentra en el ANEXO C.



Fig. 4.16. Pantalla de Bienvenida de la Interfaz

Fuente: Investigador

PANTALLA DE ANÁLISIS DE LA INTERFAZ GRÁFICA

La figura 4.17 es la pantalla de análisis, está conformada por: inicialmente un botón “INICIO”, el que redirigirá al usuario a la pantalla principal, cuando el usuario decida salir del programa o dirigirse hacia la base de datos; debajo de este, se muestra una pantalla con 3 diferentes pestañas: la primera, “TÉRMICA”, esta presenta la imagen térmica real sin ningún tipo de alteración de la cámara Fluke Ti32; en la segunda pestaña “REGIÓN DE INTERES”, se muestra la imagen de la zona de la mano con mayor temperatura del sujeto, que es la imagen original filtrada; primeramente con un conversor RGB a HSV, posteriormente se crea un rango de colores en el formato HSV para, mediante una filtración *inRange* de OpenCV

obtener solo el color de la temperatura más alta de la paleta usada en la cámara termográfica; y, la última pestaña “CANNY FUSIÓN”, en donde se muestran los contornos principales con la función *canny*, y esta se suma con la imagen de la anterior pestaña, dando un resultado en donde se identifica la mayor temperatura, con el contorno del brazo del sujeto, pudiendo apreciar con mayor claridad la zona afectada.

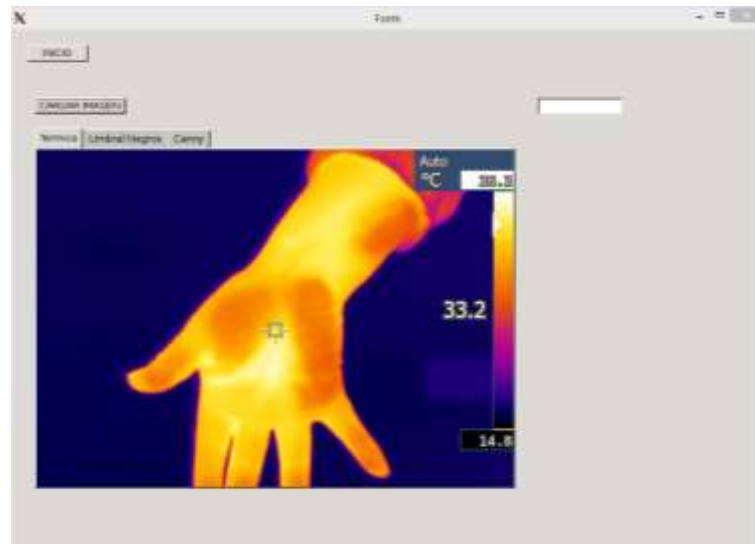


Fig. 4.17. Pantalla de Análisis de la Interfaz

Fuente: Investigador

En la parte derecha de la pantalla, existen dos campos de ingreso de datos, el primero corresponde a la temperatura central del sujeto, medida con un termómetro común, el segundo campo corresponde a la temperatura captada con la cámara termográfica, apuntada a la zona de interés. Además se cuenta un botón “CALCULAR”, que una vez ya introducidos los datos anteriores, realiza el cálculo para obtener la temperatura corporal del sujeto y con este dato muestra un mensaje en el que se describe si el sujeto puede estar generando los síntomas del STC.

Para llegar a este análisis, se aplica la fórmula de la temperatura corporal ecuación 1, con respecto a la temperatura central y superficial del cuerpo humano, para un valor de temperatura ambiental normal de 28°C, que se muestra a continuación:

$$T_{co} = (0.65 * T_c) + (0.4 * T_s) \quad (1)$$

Para una temperatura central de 37.2°C, y con una temperatura captada con la cámara termográfica de 33.3°C, con las constantes para una temperatura ambiental normal se obtiene:

$$T_{co} = (0.65 * 37.2) + (0.4 * 33.3)$$

$$T_{co} = (24.18) + (13.32)$$

$$T_{co} = 37.5^{\circ}C$$

Teniendo como resultado una temperatura elevada para la zona en la que se va a enfocar esta investigación, en este caso la muñeca del paciente. Es decir que, el paciente con estos datos de temperatura, presentaría síntomas de STC.

El código que se realizó para la pantalla de análisis de la interfaz gráfica se muestra en el ANEXO D.

PANTALLA DE BASE DE DATOS DE LA INTERFAZ GRÁFICA

La figura 4.18 ilustra la pantalla de la base de datos, que cuenta con un botón “INICIO”, este le sirve al usuario para regresar a la pantalla principal. Muestra la tabla de la base de datos creada en MySQL, donde se visualiza los datos generales del sujeto tratado, seguido de los datos que se obtienen después del análisis de la imagen.

En la parte inferior se tienen 3 botones: “AÑADIR”, “BORRAR” y “ACTUALIZAR”, que nos sirven para agregar datos a la tabla, borrar y actualizar la tabla respectivamente.

El código que se elaboró para la pantalla de la base de datos de la interfaz gráfica se muestra en el ANEXO E.

	Sujeeto	ID	Genero	Edad	Peso	Estatura	Temperatura
1	Sujeto1	501002517	Femenino	48	52	1.45	37.6
2	Sujeto2	501301135	Femenino	54	88	1.58	37.2
3	Sujeto3	502949508	Femenino	34	62	1.58	37.1
4	Sujeto4	502879121	Femenino	30	62	1.58	36.8
5	Sujeto5	503805473	Femenino	28	61	1.57	37.2

Fig. 4.18. Pantalla de Base de Datos de la Interfaz

Fuente: Investigador

4.8. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SERVIDOR

Para poder tener la información general de cada paciente y los datos que se obtienen de las imágenes térmicas en una base de datos, y poder actualizar y visualizar los mismos en cualquier momento, se ha implementado un servidor en la tarjeta Raspberry Pi 3, para poder gestionar todos los datos y que la actualización de los mismos sea eficiente.

4.8.1. INSTALACIÓN DEL SERVIDOR LAMP

El servidor llamado LAMP, por sus siglas, Linux, Apache, MySQL/MariaDB, PHP/Perl/Python, es indispensable para este proyecto. La configuración para la instalación de este servidor en la distribución Raspbian de Linux en la tarjeta Raspberry Pi 3 se detalla a continuación:

El servidor que se ha elegido para el manejo de la base de datos entrantes y salientes es Apache.

- Para la instalación de este servidor web, se usa la siguiente línea de comandos, que es ingresado por terminal.

```
sudo apt-get install apache2
```

- Se cambia el propietario del directorio *html* y de sus archivos y también sus permisos. Además se añade el usuario *pi* al grupo *www-data*

```
cd /var/www
```

```
sudo chown -R www-data: www-data html
```

```
sudo find html -type d -print -exec chmod 775 {} \;
```

```
sudo find html -type f -print -exec chmod 664 {} \;
```

```
usermod -a -G www-data pi
```

- Para la instalación del servidor PHP, se ejecuta la siguiente línea de comandos.

```
sudo apt-get install php5 php5-cli
```

- La instalación del servidor para la base de datos MySQL, se lo realiza con la siguiente instrucción.

```
sudo apt-get install mysql-server mysql-client
```

Este servidor ayuda a insertar los datos necesarios a la base de datos, además de permitir crear páginas web, en donde se podrá compartir datos del sistema con la base de datos. De igual manera admite, de manera sencilla, el uso de este en los programas que se realizan en OpenCV.

Es necesario instalar también *phpmyadmin*, para poder manejar la información de la base de datos con *php*.

- Con la siguiente instrucción se instala *phpmyadmin*

```
sudo apt-get install php5-mysql phpmyadmin php5-curl nano
```

- En la configuración del servidor Apache, se agrega la cadena de configuración de *phpmyadmin*, en la parte inferior de la misma.

```
sudo nano /etc/apache2/apache2.conf
```

```
include /etc/phpmyadmin/apache.conf
```

- Para que todas las configuraciones tengan efecto, se debe reiniciar el servicio Apache.

sudo service apache2 restart

- Para confirmar que la instalación del servidor fue correcta, se ingresa la dirección IP de la tarjeta en un navegador, o en su efecto la siguiente dirección, como se ve en las figuras: 4.19 y 4.20.

http://localhost



Fig. 4.19. Página de comprobación de Apache

Fuente: Investigador

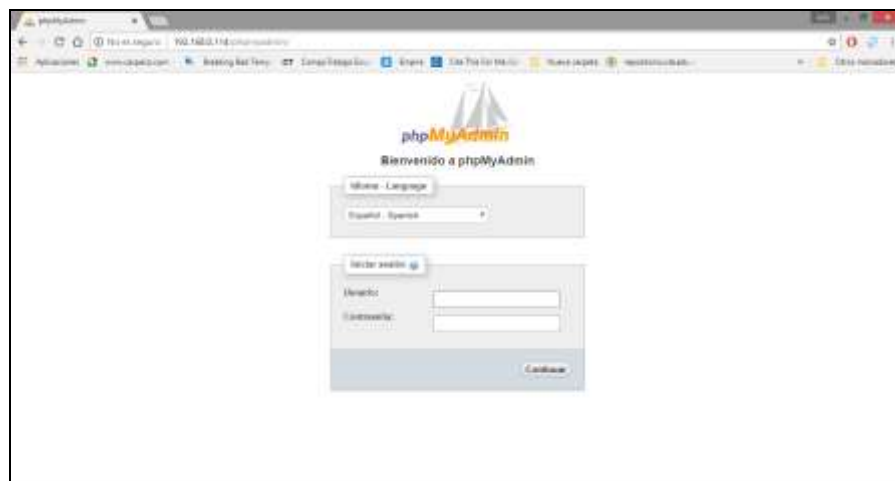


Fig. 4.20. Página de inicio de phpmyadmin

Fuente: Investigador

4.9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La implementación del sistema se encuentra en el ANEXO A, el sistema fue aplicado a 15 personas, personal del área administrativa del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga. La captura de imágenes se realizó con las normas recomendadas, que se presentaron en esta investigación, la cámara a una distancia exacta en todas las capturas, y el sujeto de prueba ambientado para que no existan variaciones de temperatura en el área de interés.

A continuación en la tabla 4.19 se presentan las características principales, de los sujetos en los que se aplicó este sistema.

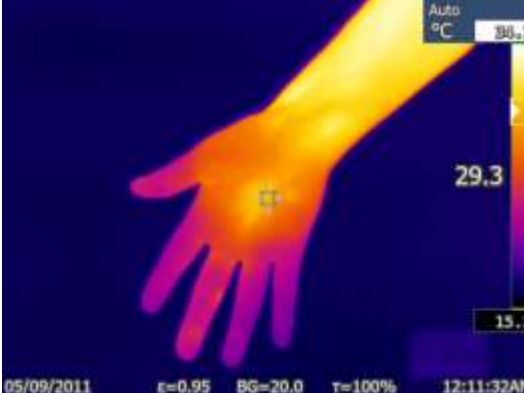


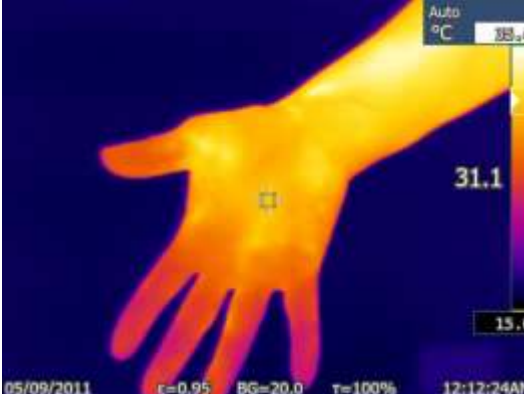
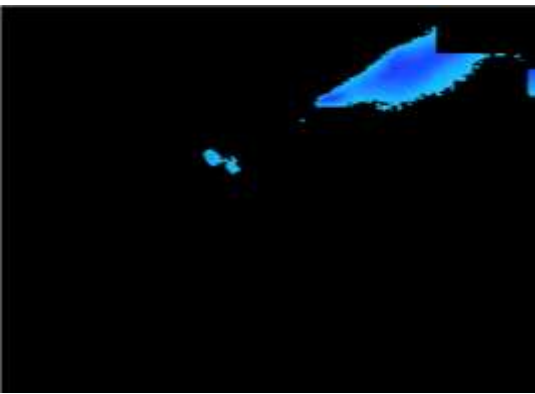

Tabla 4.19 Datos de sujetos de prueba

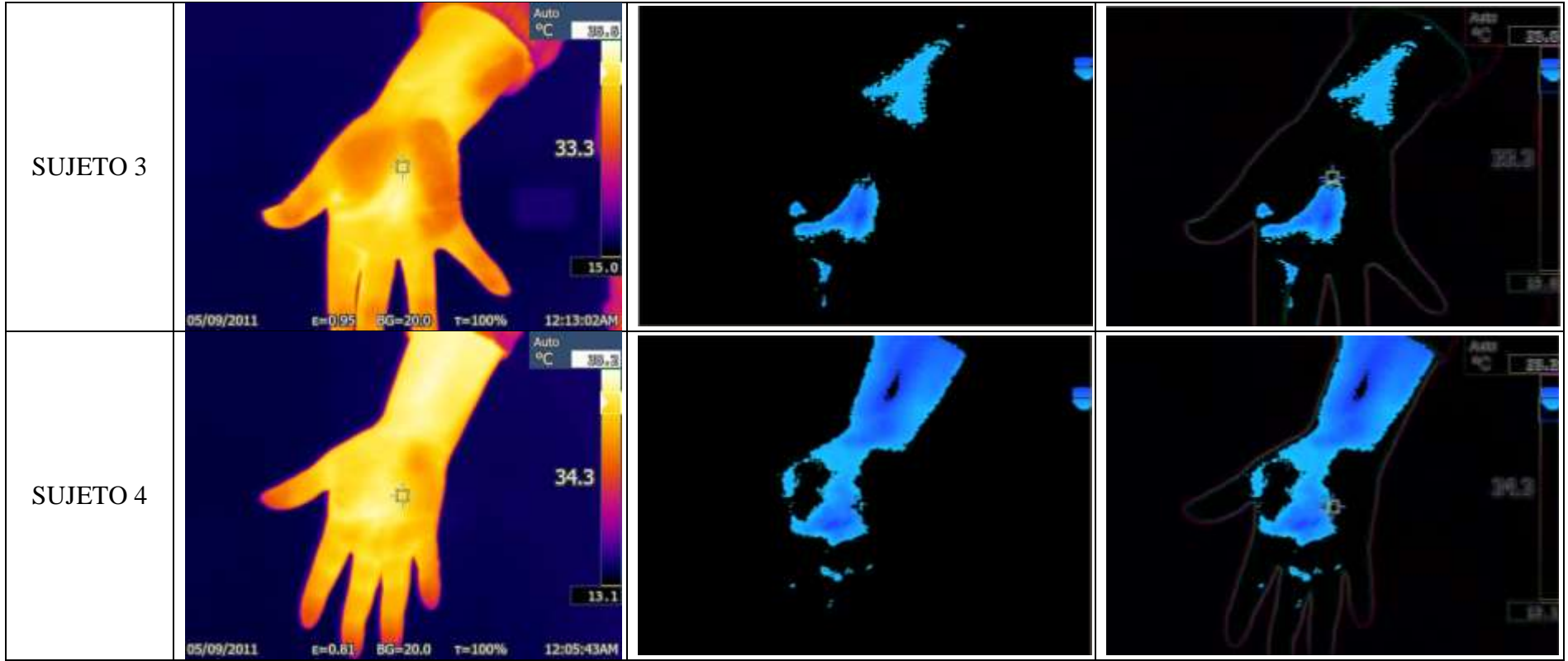
No.	Sujeto	Género	ESTATURA (m)	PESO (Kg)	EDAD	TEMPERATURA CENTRAL °C
1	Sujeto1	Femenino	1,45	52	48	37.6
2	Sujeto2	Femenino	1,59	66	54	37.2
3	Sujeto3	Femenino	1,59	62	34	37.1
4	Sujeto4	Femenino	1,58	61	30	36.9
5	Sujeto5	Femenino	1,57	61	26	37.2
6	Sujeto6	Femenino	1,46	47	23	37.2
7	Sujeto7	Masculino	1,69	69	26	37
8	Sujeto8	Masculino	1,63	75	54	37.1
9	Sujeto9	Masculino	1,72	90	55	36.8
10	Sujeto10	Masculino	1,75	80	59	37
11	Sujeto11	Femenino	1,57	6	48	37.1
12	Sujeto12	Femenino	1,5	70	43	37
13	Sujeto13	Femenino	1,52	63	48	37.5
14	Sujeto14	Masculino	1,66	86	42	37.2
15	Sujeto15	Femenino	1,63	74	48	37.1

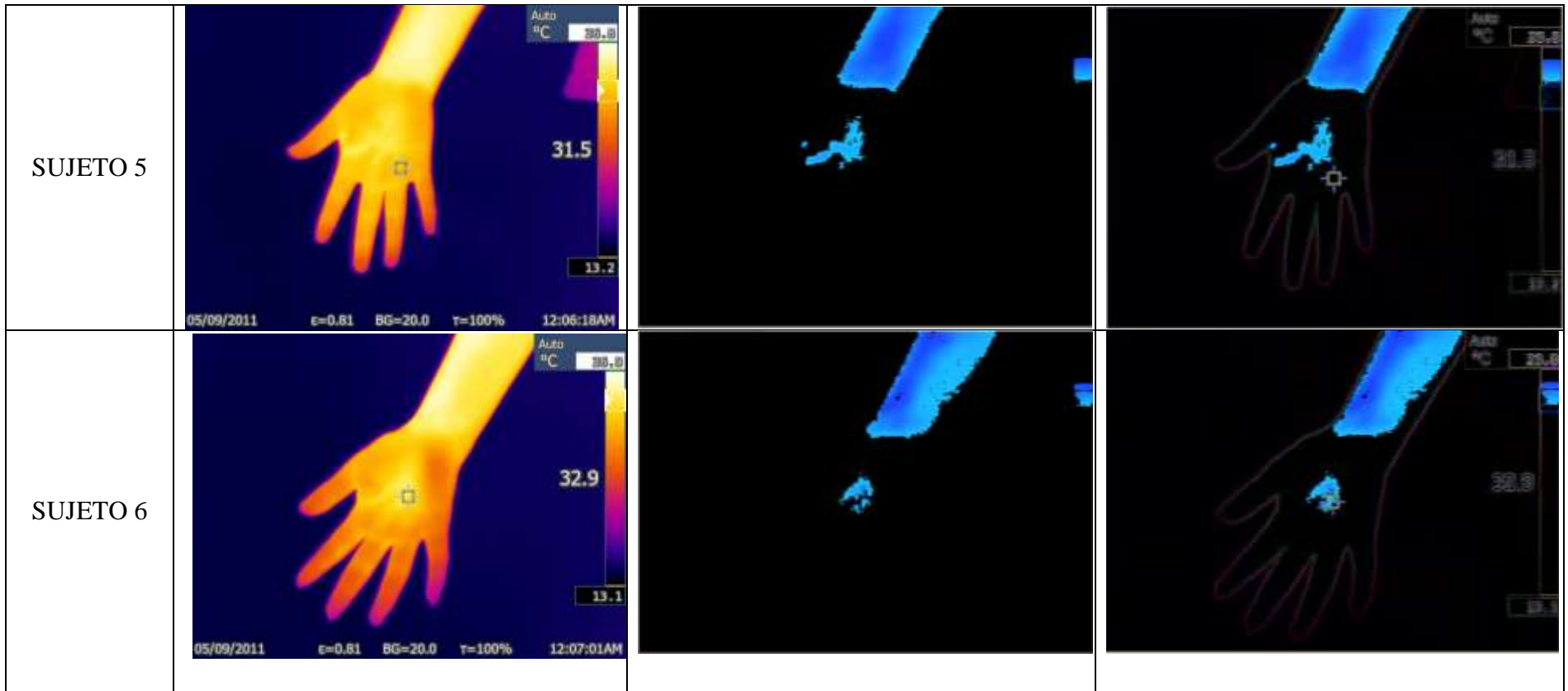
Fuente: Investigador

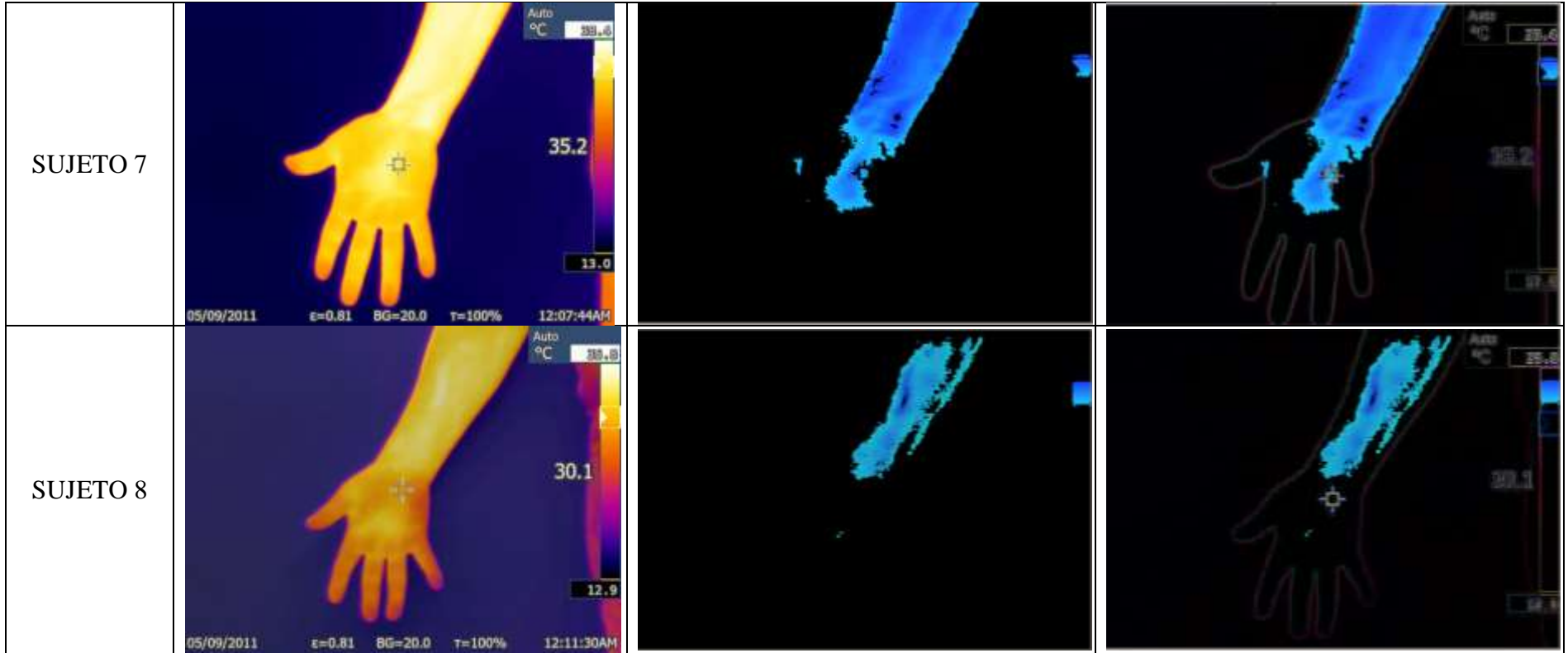
Se aplicó el sistema de diagnóstico para el Síndrome de Túnel Carpiano (STC), aplicando procesamiento de imágenes térmicas a 15 sujetos, la tabla 4.20 presenta la imagen original obtenida con la cámara térmica Fluke Ti32, la imagen procesada que muestra la superficie con más temperatura en umbral de negros, y por último la fusión de la imagen procesada más el borde de la mano, obtenida con la función *canny*.

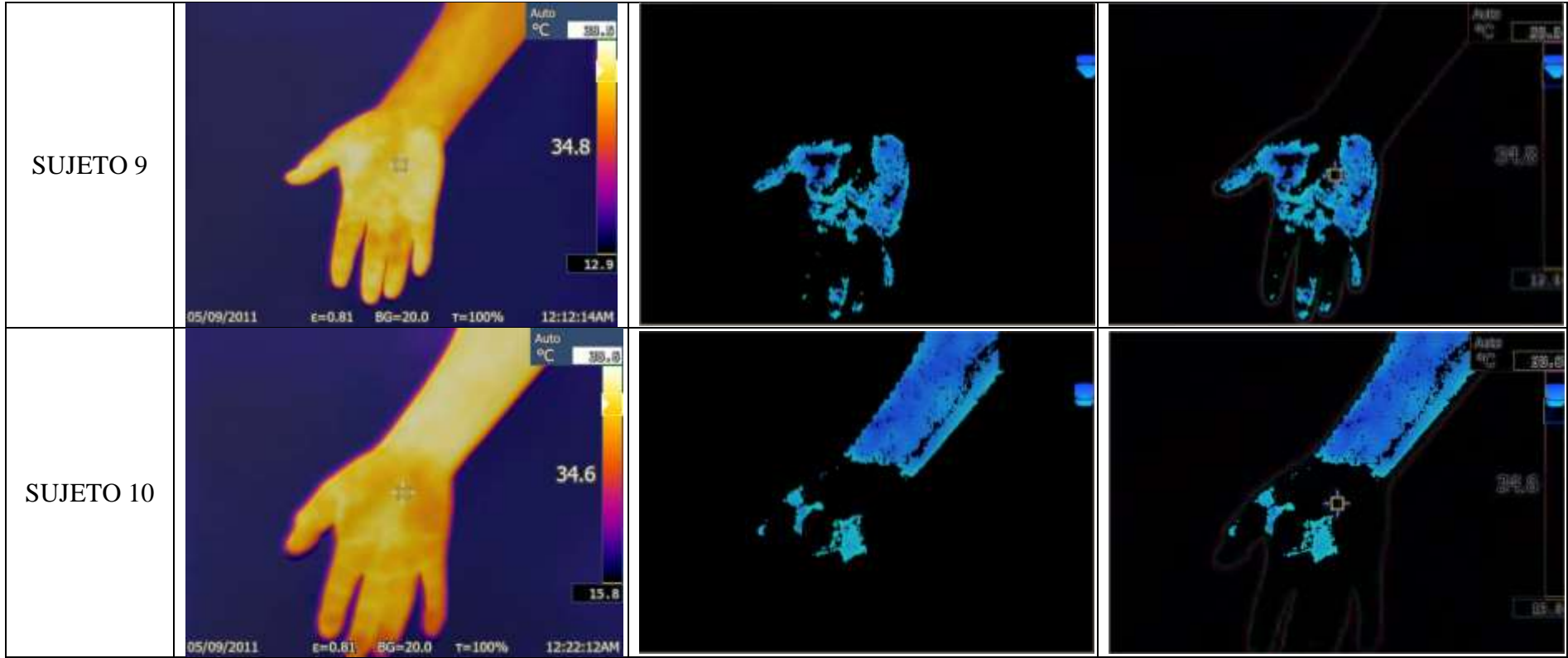
Tabla 4.20. Resultado del sistema de diagnóstico.

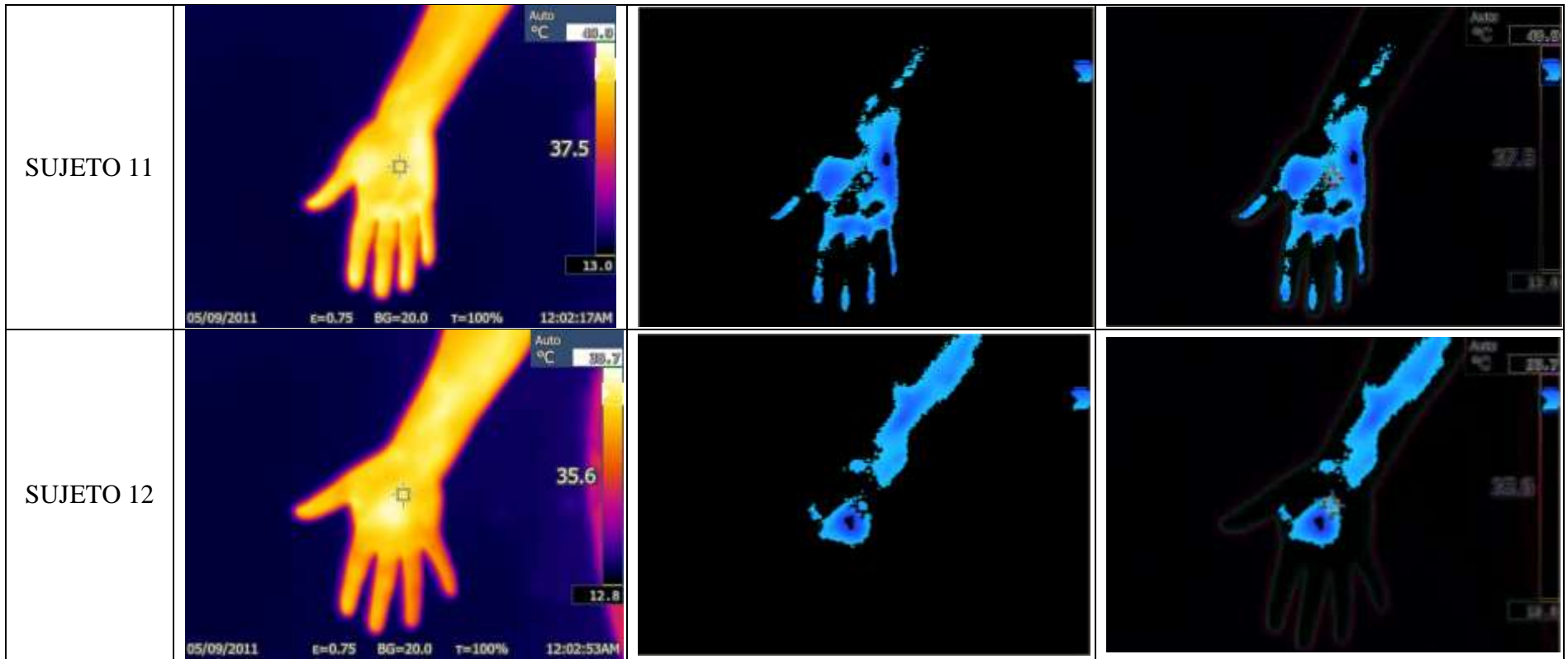
SUJETO	IMAGEN ORIGINAL	UMBRAL DE NEGROS	FUSIÓN
SUJETO 1			
SUJETO 2			

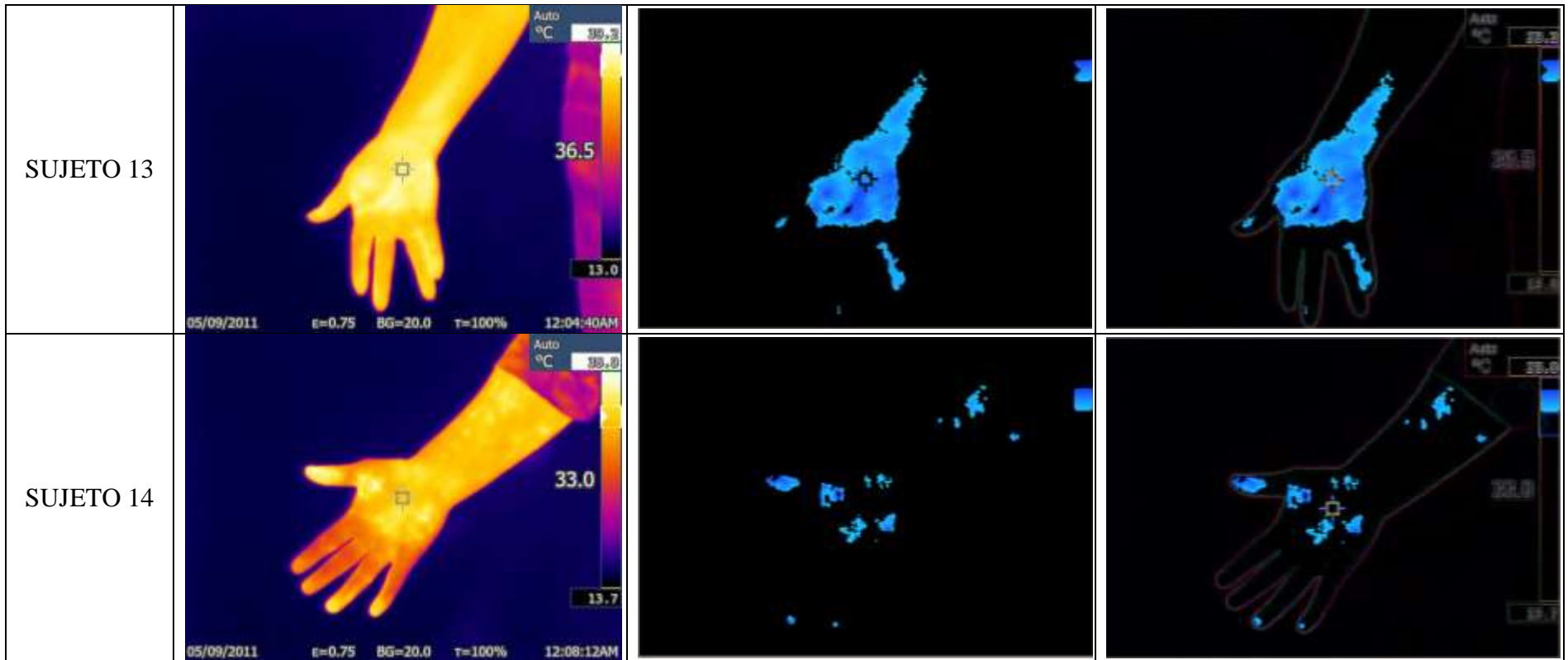


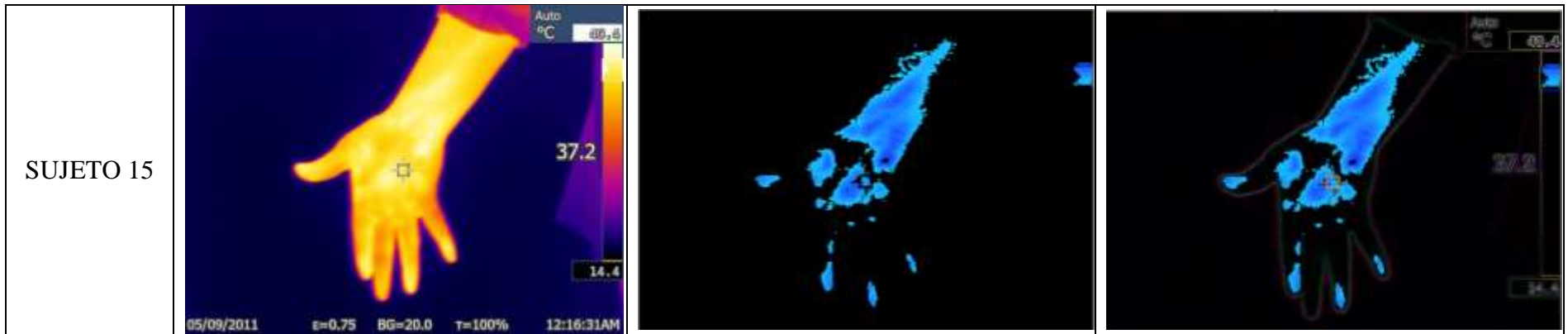












Fuente: Investigador

Tal como se muestra en la tabla 4.20, de la imagen original se obtiene solamente la superficie con temperatura más elevada, de la mano y muñeca del sujeto, para luego fusionarla con el entorno del área de interés, resultando una imagen que muestra claramente el área con más temperatura de la zona de estudio, en este caso, la mano y muñeca de los sujetos de prueba.

La Licenciada Magdalena Patiño, profesional fisioterapeuta del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga, realizó la prueba de Tinel-Hoffman y la prueba de Phalen a las 15 personas del área administrativa del patronato, mismo grupo de personas que se sometieron al diagnóstico que realiza el prototipo de este proyecto de investigación. Los resultados de las pruebas realizadas por especialista del patronato, y los resultados que se obtuvieron del prototipo de este proyecto de investigación, se muestran en la tabla 4.21.

Tabla 4.21. Resultados de prueba de Tinel-Hoffma, prueba de Phalen y del prototipo elaborado.

SUJETO	TINEL-HOFFMAN	PHALEN	PROCESAMIENTO TÉRMICO
Sujeto 1	Negativo	Negativo	Negativo
Sujeto 2	Negativo	Negativo	Negativo
Sujeto 3	Positivo	Positivo	Positivo
Sujeto 4	Positivo	Negativo	Positivo
Sujeto 5	Negativo	Negativo	Negativo
Sujeto 6	Negativo	Negativo	Negativo
Sujeto 7	Positivo	Positivo	Positivo
Sujeto 8	Negativo	Negativo	Negativo
Sujeto 9	Negativo	Negativo	Negativo
Sujeto 10	Negativo	Negativo	Negativo
Sujeto 11	Negativo	Negativo	Negativo
Sujeto 12	Positivo	Positivo	Positivo
Sujeto 13	Positivo	Positivo	Positivo
Sujeto 14	Negativo	Negativo	Negativo
Sujeto 15	Negativo	Negativo	Negativo

Fuente: Investigador

Como se observan los resultados que nos muestra la tabla 4.21, el prototipo realizado en este proyecto de investigación, usando el procesamiento de imágenes térmicas para diagnosticar el Síndrome de Túnel Carpiano, concuerdan con los métodos de diagnóstico que se usan actualmente para detectar el STC, salvo en el análisis del sujeto 4, que no presentó un resultado positivo a la prueba de Phalen, pero si mostró un resultado positivo a la prueba de Tinel-Hoffman.

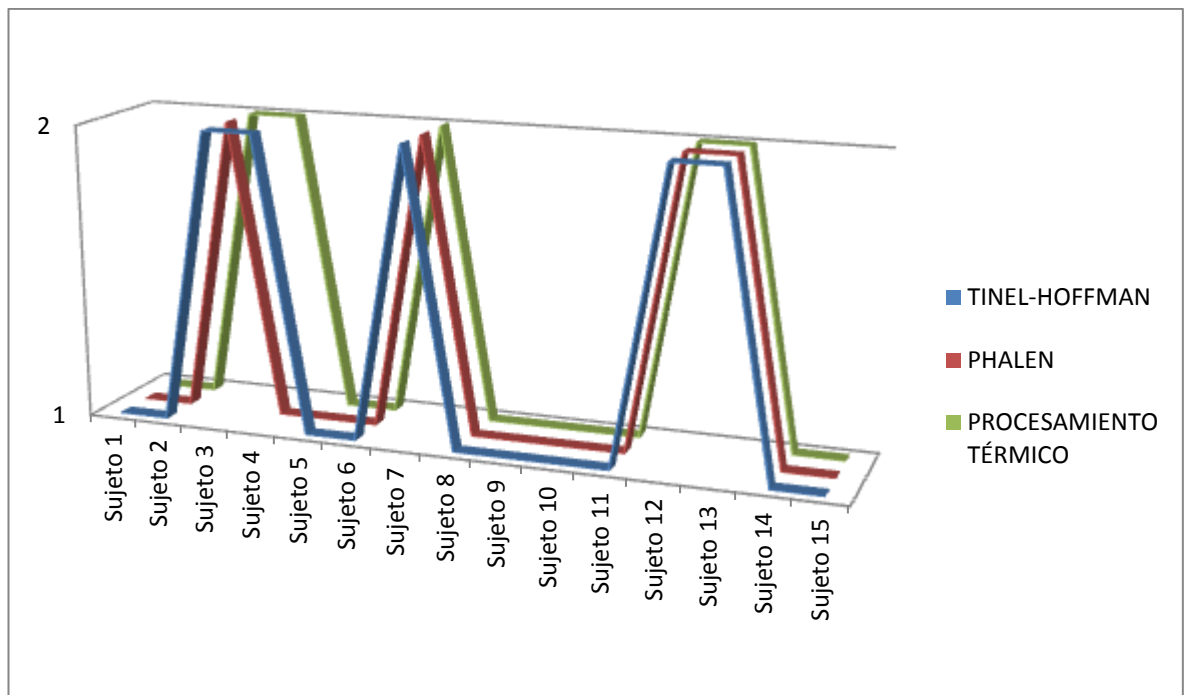


Figura 4.21 Gráfica de resultados de prueba de Tinel-Hoffma, Phalen y el procesamiento térmico.

Fuente: Investigador

La figura 4.21, muestra una gráfica en donde se comparan los resultados de los análisis de Tinel-Hoffman, Phalen y el procesamiento térmico a los 15 sujetos de prueba. Dando el valor de 1 al resultado NEGATIVO y un valor de 2 al resultado POSITIVO de cada prueba. Como se puede observar los resultados del prototipo de este proyecto de investigación concuerdan total mente con los resultados de la prueba de Tinel-Hoffman, y con la prueba de Phalen concuerdan en un 93.33%, debido a que la prueba de Phalen resulto negativo en el sujeto 4, mismo sujeto que tuvo resultado positivo para la prueba de Tinel-Hoffman y el procesamiento térmico.

Estos resultados validan el funcionamiento del prototipo realizado en este proyecto de investigación.

Las pruebas que se presentan a continuación, con su respectivo análisis, son de los primeros 3 sujetos de prueba.

Sujeto 3

El Sujeto 3, sufre de Síndrome de Túnel Carpiano, diagnosticado por especialistas traumatólogos de la institución.

En la figura 4.23 se puede observar que el Sujeto 3 presenta una elevada temperatura superficial en la palma de su mano, pero debido a que toda la mano y brazo del sujeto emite calor, esta es difícil de separar del resto solo con la vista.



Fig. 4.22. Captura de imagen térmica a Sujeto 3

Fuente: Investigador

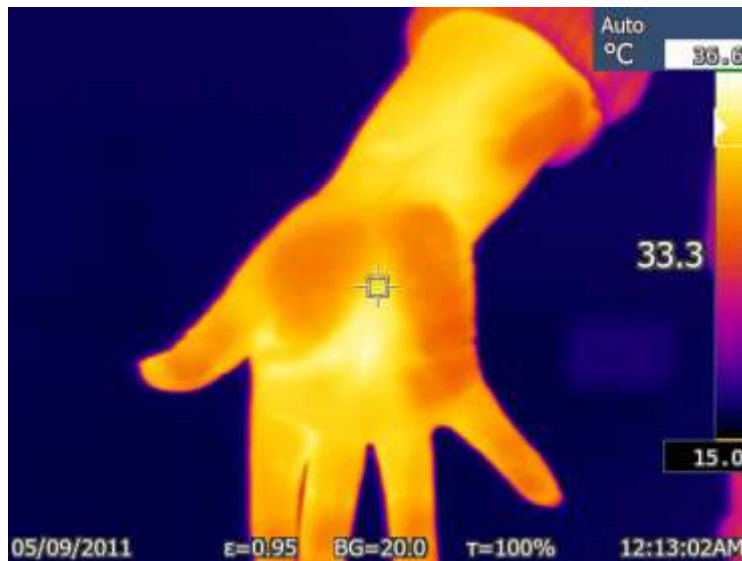


Fig. 4.23. Imagen térmica sin modificación Sujeto 3

Fuente: Investigador

En la figura 4.24 se aprecian figuras blancas en un entorno negro, estas figuras representan los lugares en donde existe más temperatura superficial, en la zona de interés del sujeto 3.

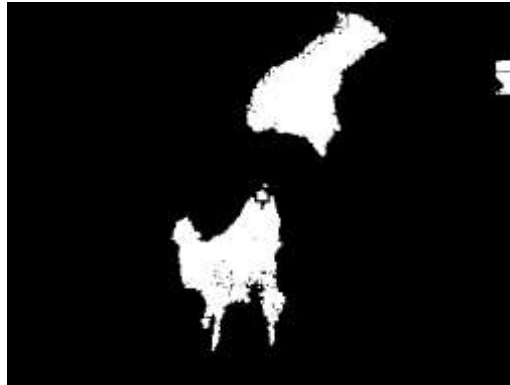


Fig. 4.24. Filtrado de área con más temperatura del Sujeto 3

Fuente: Investigador

Para que el analista de los datos tenga una mejor visión de los resultados del procesamiento, se obtuvieron los bordes del área de interés, con la función *canny*, de OpenCV, para después fusionar el resultado, con la operación *add*, con la imagen en donde se filtró las temperaturas más elevadas del sujeto. Teniendo una imagen final que se observa en la figura 4.25, en donde se aprecia claramente la ubicación en donde se encuentran las áreas con temperaturas elevadas.

En las imágenes procesadas del Sujeto 3, se puede observar que presenta un área significativa con temperatura elevada, esto corrobora el análisis previo que existía por parte de los especialistas, comprobando que el Sujeto 3 sufre de Síndrome de Túnel Carpiano.



Fig. 4.25. Fusión de bordes con área de más temperatura del Sujeto 3

Fuente: Investigador

Sujeto 2

El Sujeto 2, tiene un diagnóstico previo de lipomas en el pulgar de la mano derecha, mano que es analizada en esta investigación, lugar en donde presenta alta temperatura, y debido a este lipoma todo el antebrazo presenta temperaturas elevadas, pero no se visualiza que exista temperaturas altas en el lugar del Túnel Carpiano, además de que el sujeto no presenta dolencias en esta área.

Se muestran a continuación las imágenes, original figura 4.27 y procesadas del Sujeto 2, figura 4.28. En la imagen final, figura 4.29, se observa claramente que no existen temperaturas altas en el área del Túnel Carpiano, dando como diagnóstico negativo para el Síndrome.



Fig. 4.26. Captura de imagen térmica a Sujeto 2
Fuente: Investigador

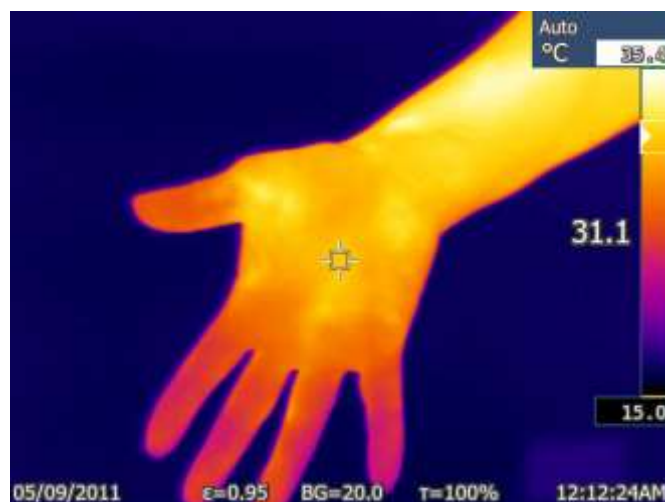


Fig. 4.27. Imagen térmica sin modificación Sujeto 2
Fuente: Investigador

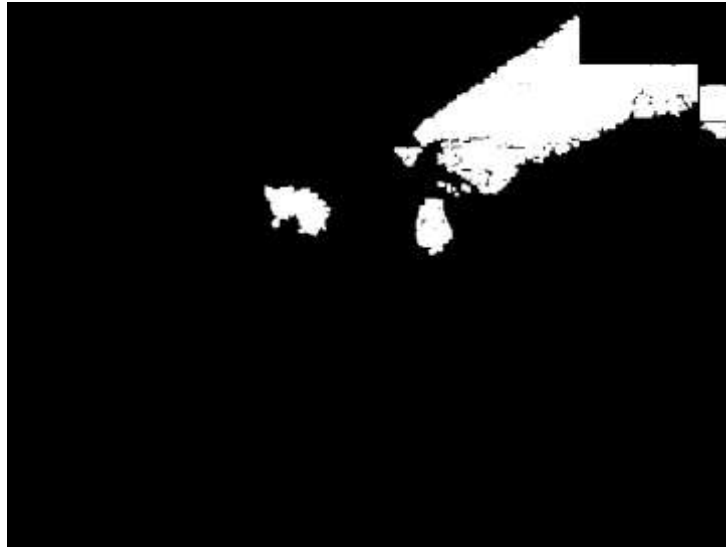


Fig. 4.28. Filtrado de área con más temperatura del Sujeto 2
Fuente: Investigador



Fig. 4.29. Fusión de bordes con área de más temperatura del Sujeto 2
Fuente: Investigador

Sujeto 1

El Sujeto 1 es considerado como joven adulto, debido a su edad, a pesar de presentar trabajo repetitivo con su mano derecha en su jornada laboral, no tiene molestias en el área del Túnel Carpiano, ni en los dedos a los que se dirige el nervio mediano, que pasa por el túnel.

A continuación se muestran las imágenes, original y procesadas del sujeto 1, en donde se puede observar que no presenta temperaturas altas en el área del Túnel Carpiano ni de los dedos inervados por el nervio que pasa a través de dicho túnel.



Fig. 4.30. Captura de imagen térmica a Sujeto 1
Fuente: Investigador

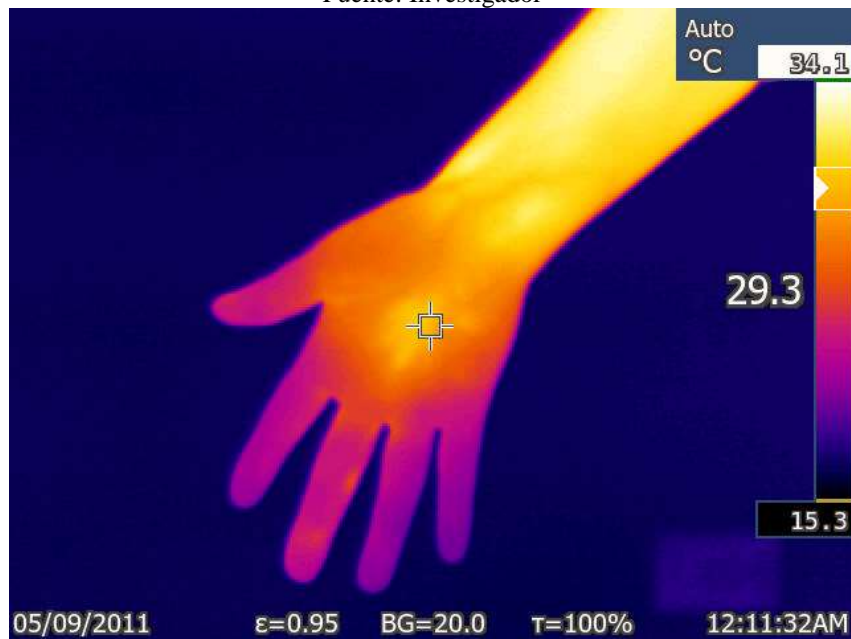


Fig. 4.31. Imagen térmica sin modificación Sujeto 1
Fuente: Investigador



Fig. 4.32. Filtrado de área con más temperatura del Sujeto 1
Fuente: Investigador

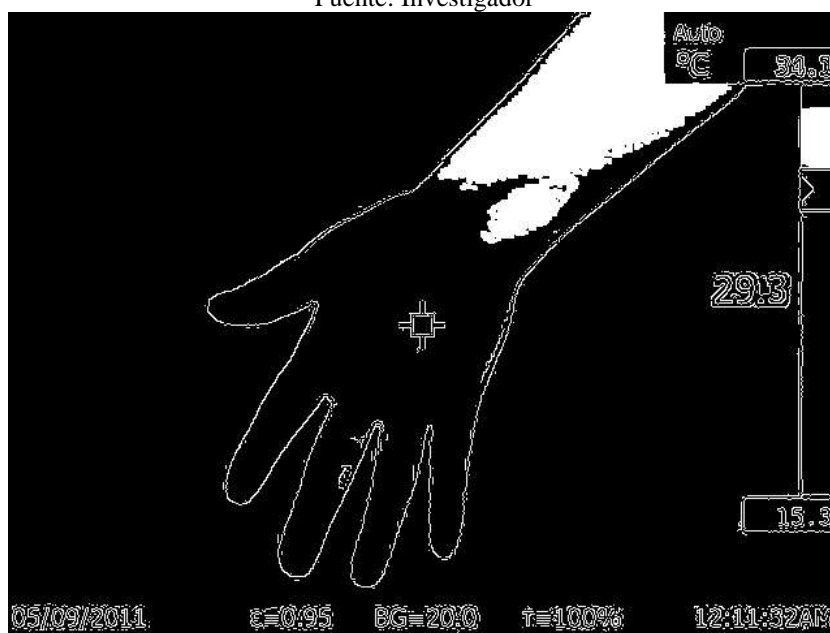


Fig. 4.33. Fusión de bordes con área de más temperatura del Sujeto 1
Fuente: Investigador

4.10. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

El costo de los ítems utilizados en la elaboración del sistema electrónico para el diagnóstico del Síndrome de Túnel Carpiano (STC), con la aplicación de procesamiento de imágenes térmicas, se detalla en la tabla 4.22.

Tabla 4.22. Costo de los componentes del proyecto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Raspberry Pi 3 Starter Kit	c/u	1	\$64.95	\$64.95
2	Monitor HDMI	c/u	1	\$ 96	\$ 96
3	Teclado y mouse	c/u	1	\$ 14	\$ 14
4	Tarjeta memoria micro SD	c/u	1	\$ 10	\$ 10
5	Caja plástica	c/u	1	\$ 15	\$ 15
				TOTAL	\$199.95

Fuente: Investigador

Para el análisis económico del proyecto, es importante señalar que, el costo de la cámara térmica no se incluye, debido a que se utilizó este recurso en una institución educativa, en condición de préstamo; sin embargo en el mercado, se lo puedo conseguir entre los 5000 a 10000 dólares americanos.

Adicionalmente al costo de los ítems utilizados para la elaboración de este proyecto, la tabla 4.23 detalla el costo intelectual por la elaboración de este proyecto de investigación, para esto se ha determinado el valor en dinero de la hora de trabajo de un Ingeniero Electrónico, de acuerdo a la tabla de salarios mínimos sectoriales del Ecuador en el 2018, que presenta el Ministerio de Trabajo en su página web. [42]

Tabla 4.23. Costo intelectual por horas de trabajo

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Costo de diseño	Horas	70	\$1.73	\$121.10

Fuente: Investigador

Finalmente, el costo total del sistema electrónico para el diagnóstico del Síndrome de Túnel Carpiano (STC), con la aplicación de procesamiento de imágenes térmicas, es la suma del costo de los ítems utilizados para la elaboración, más el costo intelectual por horas dedicadas al desarrollo del proyecto de investigación. El valor total se muestra en la tabla 4.24.

Tabla 4.24. Costo total del proyecto de investigación.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID AD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Costo de componentes	c/u	1	\$199.95	\$199.95
2	Costo de diseño	Horas	70	\$1.73	\$121.10
				TOTAL	\$321.05

Fuente: Investigador

Por otro lado, este sistema estaría al servicio de todas las personas, de diferente nivel económico, debido a que se hace uso del software libre que no tiene costo, y del hardware libre que es muy económico.

4.11. ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

El análisis costo – beneficio es una herramienta financiera que sirve para medir la relación entre los costos y beneficios de un proyecto de inversión para evaluar su rentabilidad.

La relación costo – beneficio (B/C) ecuación 2, que se la conoce también como índice neto de rentabilidad, es un cociente resultante de la división del Valor Actual de los ingresos totales netos (VAI), entre el Valor Actual de los costos de inversión (VAC) de un proyecto.

$$B/C = VAI/VAC \quad (2)$$

Según el análisis costo – beneficio, un proyecto o emprendimiento será rentable, cuando el resultado de la relación sea mayor que la unidad. $B/C > 1$, entonces el proyecto o emprendimiento será rentable.

Para obtener la relación costo – beneficio de este proyecto de investigación se supondrá que el proyecto se comercializará durante 2 años.

Para el cálculo del costo – beneficio se supone que se comercializará un sistema electrónico cada mes por dos años a \$600, resultando una proyección de ingresos de \$14400 por dos años. Se tiene una inversión por cada sistema electrónico de \$321.05, obteniendo una inversión total de \$7705.20 en el mismo periodo de 2 años.

La tasa de rentabilidad para ingresos esperados se estable en 12% anual, teniendo como referencia la tasa ofrecida por otras inversiones similares. De la misma manera se considera una tasa de interés del 11.30% anual, teniendo como referencia la tasa de interés bancario en el Ecuador para las PYMES.

$$\frac{B}{C} = VAI/VAC$$

$$\frac{B}{C} = (14400/(1 + 0.12)^2)/7705.20/(1 + 0.113)^2)$$

$$\frac{B}{C} = 1.85$$

Se concluye que, al ser la relación costo – beneficio mayor a 1, el proyecto de investigación será rentable por los próximos dos años.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Actualmente se usan métodos de diagnóstico para el Síndrome de Túnel Carpiano basados en la semiología de los pacientes, el sistema de diagnóstico que se implementó en esta investigación usa el procesamiento de imágenes térmicas como método no invasivo para el diagnóstico del STC, fusionando la tecnología con la traumatología.
- La temperatura superficial y central del cuerpo humano varía constantemente debido al intercambio de materia y energía con el entorno en el que se encuentre, por lo que la persona a la que se le aplicará el sistema de diagnóstico del STC creado en esta investigación, debe mantener una temperatura estable durante la aplicación del sistema.
- Debido a las actividades repetitivas por tiempo prolongado, que realiza el personal administrativo del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga, y a la opinión de un experto del instituto, se considera que los trabajadores de esta área son propensos a sufrir del Síndrome de Túnel Carpiano.

- Con el uso del procesamiento de imágenes que nos brinda la librería OpenCV, se filtró el área con más temperatura corporal de la imagen térmica y con la fácil combinación de estas funciones con el Software QTcreator para crear GUI's, se presentó la imagen combinada del contorno del brazo del sujeto de estudio, más el área con más temperatura corporal, en una interfaz amigable y fácil de comprender.
- El uso del procesamiento de imágenes térmicas en áreas de la medicina, es un gran aporte, debido a que es un método no invasivo de diagnóstico, pudiendo detectar variaciones de temperaturas internas sin causar ningún tipo de dolor.

5.2. RECOMENDACIONES

- Las personas interesadas en crear sistemas usando el procesamiento de imágenes térmicas, deben definir con antelación los requerimientos que necesitara el sistema, es decir, si la lectura de temperatura va a ser puntual o de un área específica y que tipo de resultado desea mostrar, de esta manera se podrá seleccionar el software y hardware preciso para la elaboración del sistema.
- Para que la imagen termográfica del área afectada captada con la cámara térmica otorgue resultados reales, se recomienda ambientar al sujeto de prueba por 15 minutos dentro de un cuarto a una temperatura constante de 28°C, para que el sujeto no presente variaciones de temperatura que alteren el análisis.
- El presente prototipo está diseñado para que sea un sistema de diagnóstico del STC, de apoyo, por lo que se recomienda usarlo antes de cualquier otro método existente, con el fin de, primeramente, descartar otro tipo de lesiones o enfermedades.

- Para tener una mejor calidad de resultados, se recomienda usar cámaras térmicas que entreguen imágenes con mayor resolución, ya que, como se vio, mientras mayor sea la resolución, se podrá tener más detalles de áreas con temperatura elevada.
- El procesamiento de imágenes con software libre, en específico con OpenCV, es muy extendido, y serviría en diferentes ramas de la medicina, por lo que se recomienda que se añadan estos temas en la malla de Ingeniería Electrónica, con el fin de involucrar a los estudiantes a que realicen investigaciones en este tema.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. C. G. Juan Manuel Fernández Vázquez, «Jules Tinel (1879-1952),» *Centro Médico ABC*, vol. 23, nº 5, pp. 311, 312, 2009.
- [2] G. S. Phalen, «Clinical Evaluation of 598 hands,» *The Carpal-Tunnel Syndrome*.
- [3] M. Aparicio, «Electromiografía cinesiología,» *Departamento de Fisiatría. Universidad de Zaragoza*.
- [4] A. Bolaños, *INCIDENCIA DEL SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO POR MOVIMIENTOS REPETITIVOS EN CAJERAS, QUE ACUDEN AL CENTRO DE REHABILITACIÓN ATRHEX DE LA CIUDAD DE LATACUNGA*, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2015.
- [5] E. Parra, «SINDROME DEL TUNEL CARPIANO,» *UNNE Facultad de Medicina*, vol. 4, nº 173, p. 13, 2007.
- [6] A. Deskur y Z. Deskur, «INFLUENCE OF SELECTED PHYSICAL EXERCISES TO IMPROVE OUTCOMES,» *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, vol. 8, nº 4, p. 5, 2014.
- [7] I. E. d. S. Social, *REGLAMENTO DEL SEGURO GENERAL DE RIESGOS*, 2017.
- [8] N. Terukina, «Método no invasivo de detección de patologías con termografía infrarroja,» *Universidad Nacional del Callao, Callao, Peru*, 2016.
- [9] D. Senovilla Herguedas, «Termografía Infrarroja en un estudio dinámico para el diagnóstico fisioterápico de la epicondilitis crónica,» *Repositorio Comillas*, 2016.
- [10] A. Restrepo V, «Procesamiento de Imágenes Médicas,» *Universidad EAFIT*, 2012.
- [11] M. A. Alpiste Pomalaza, «Segmentación automática de la planta de pie en imágenes termográficas en entorno ruidoso para el diagnóstico de pie diabético,» *Pontificia Universidad Católica del Perú*, 2016.
- [12] D. Romero y I. Rosero, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURA CORPORAL Y AMBIENTAL APLICANDO PROCESAMIENTO DE IMÁGENES TÉRMICAS UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE OPENCV,» *Universidad de las Fuerzas Armadas*, 2015.
- [13] A.D.A.M., «MedlinePlus,» 7 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000433.htm>.

- [14] F. Parra, «SINDROME DEL TUNEL CARPIANO,» *Revista de Posgrado de I 10 a Via Cátedra de Medicina*, nº 173, 2007.
- [15] F. Urbano, «Tinel's Sign and Phalen's Maneuver: Physical Signs of Carpal Tunnel Syndrome,» *Hospital Physician*, p. 39, 2000.
- [16] I. Ramírez, «Rehabilita-T Neurodesarrollo y Fisioterapia,» 26 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <https://rehabilitat.wordpress.com/2014/11/26/sindrome-de-tunel-carpiano/>.
- [17] C. Trobat, «Síndrome del tunel carpiano: Valoración anatómico-clínica.,» *Medicina Balear*, vol. 25, pp. 27-35, 2010.
- [18] P. Z. F. G. Ibarra Luzar, «Electromiografía clínica,» *Rehabilitación*, vol. 6, nº 39, pp. 265 - 276, 2005.
- [19] easy-cafe, «easy-cafe,» [easy-cafe.fr](http://www.mitunelcarpiano.org/2_3_2_electromiografia.html), [En línea]. Available: http://www.mitunelcarpiano.org/2_3_2_electromiografia.html.
- [20] M. P. d. Andrade, «Definición ABC,» 15 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://www.definicionabc.com/salud/electromiografia.php>.
- [21] J. L. M. Monroy, «Regulación de la temperatura corporal,» 12 Abril 2013. [En línea]. Available: <http://elcuerpoestermo.blogspot.com/2013/04/el-cuerpo-humano-como-sistema.html>.
- [22] SINAIS, «<http://www.sinais.es>,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/intro/termografia.html>. [Último acceso: 2013].
- [23] Á. F. S. A. Hidalgo E, «Aplicación de la termografía infrarroja en medicina legal. ¿Prueba válida para la objetivación de los síndromes dolorosos? Disfunción temporomandibular,» *Cuadernos de medicina forense*, vol. 20, nº 2 - 3, 2104.
- [24] P. Rodriguez, «Medintegra,» 10 Julio 2017. [En línea]. Available: <http://medintegra.es/que-es-termografia-clinica/>.
- [25] F. Corporation, «FLUKE,» 2018. [En línea]. Available: [http://www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-ti32-\(europe\).htm?pid=56185](http://www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-ti32-(europe).htm?pid=56185).
- [26] FLUKE, Manual de uso, Cámaras Térmicas Ti32, TiR32, Ti29, TiR29, Ti27, TiR27, Estados Unidos: Fluke Corporation, 2009.
- [27] A. D. TORRES, «PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES,» *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 1996.

- [28] DISQUS, «Culturación,» 2017. [En línea]. Available: <http://culturacion.com/raspberry-pi-que-es-caracteristicas-y-precios/>.
- [29] Sistemas01, «SISTEMAS!»,» 2018. [En línea]. Available: <https://sistemas01.com/raspberry-comparativa-caracteristicas-entre-versiones/>.
- [30] F. E. S. Chicaiza, *SISTEMA ELECTRÓNICO DE ALERTA AUTOMÁTICA PARA EL RECONOCIMIENTO DE SEÑALES DE TRÁNSITO REGLAMENTARIAS, PREVENTIVAS E INFORMATIVAS EN LA CIUDAD DE AMBATO*, Ambato, 2017.
- [31] Panasonic, «Infrared Array Sensor Grid-EYE (AMG88),» *Panasonic*, 2017.
- [32] FLUKE, «FLUKE,» Fluke Corporation, 2018. [En línea]. Available: <https://www.fluke.com/es-ec/producto/captura-de-imagenes-termograficas/termometros-visuales-ir/fluke-vt04>. [Último acceso: 2018].
- [33] FLUKE, «FLUKE,» Fluke Corporation, 2018. [En línea]. Available: <https://www.fluke.com/es-es/producto/termografia/camaras-termograficas/serie-professional/fluke-ti32-eur>. [Último acceso: 2018].
- [34] E. S. Emilio Gómez Millan, *NEUROTERMOGRAFÍA Y TERMOGRAFÍA PSICOSOMÁTICA*, Granada: Fundación Internacional Artecita, 2015.
- [35] A. Allan, «Make,» *Makezine*, 15 Abril 2013. [En línea]. Available: <https://makezine.com/2013/04/15/arduino-uno-vs-beaglebone-vs-raspberry-pi/>. [Último acceso: Julio 2018].
- [36] A. Williams, «Trusted Reviews,» *Trusted Reviews*, 29 Febrero 2016. [En línea]. Available: <https://www.trustedreviews.com/opinion/raspberry-pi-3-vs-pi-2-2936374>. [Último acceso: Julio 2018].
- [37] RaspberryPi, «RaspberryPi,» *RaspberryPi.org*, 2018. [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>. [Último acceso: 2018].
- [38] S. Mallic, «Learn OpenCV,» 30 Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://www.learnopencv.com/opencv-c-vs-python-vs-matlab-for-computer-vision/>. [Último acceso: Julio 2018].
- [39] A. Rosebrock, «PyImageSearch,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.pyimagesearch.com/2016/04/18/install-guide-raspberry-pi-3-raspbian-jessie-opencv-3/>.
- [40] F. Online, «Finances Online,» *Finances Online*, 11 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://comparisons.financesonline.com/visual-studio-ide-vs-qt-creator-ide>. [Último

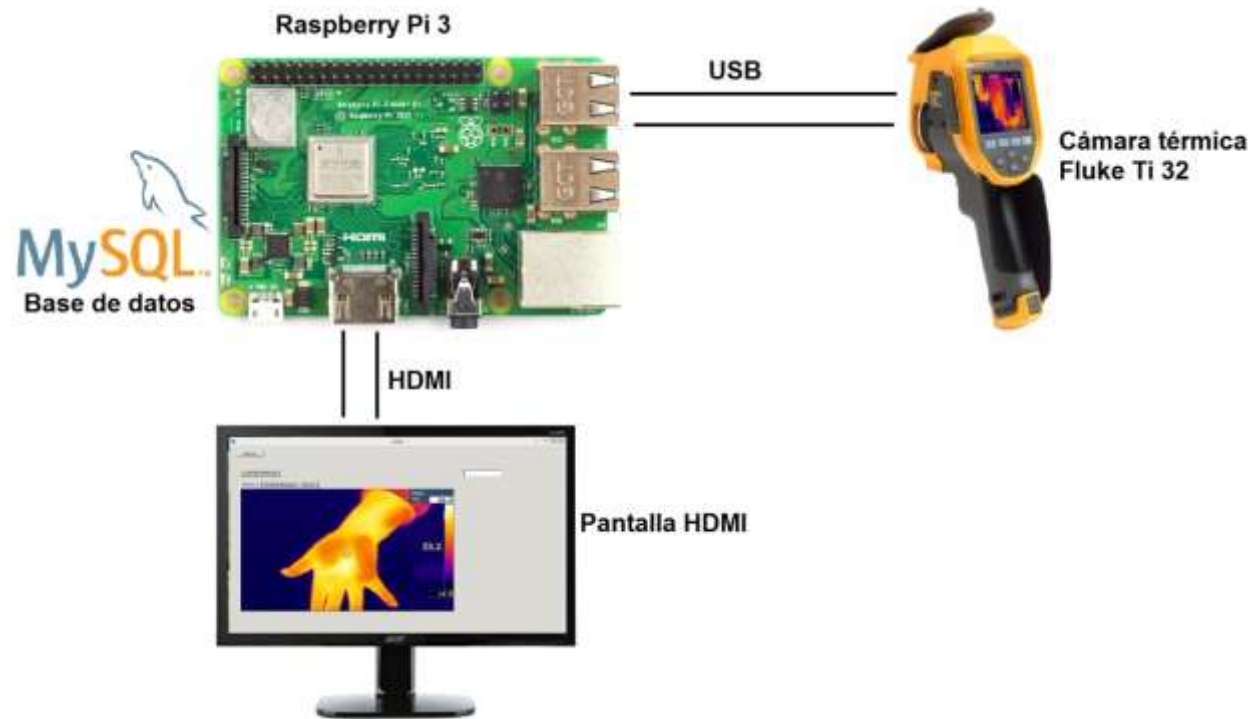
acceso: Julio].

- [41] V. Waran, «Code Project,» 1 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://www.codeproject.com/Questions/1163443/Which-is-better-for-desktop-application-GUI-qt-or>. [Último acceso: Julio 2018].
- [42] M. d. Trabajo, «Ministerio del Trabajo,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.trabajo.gob.ec/biblioteca/>. [Último acceso: Julio 2018].
- [43] ATRHEX, Interviewee, *C.D.R.* [Entrevista]. 2015.
- [44] J. Boyling, *Terapia Manual Contemporánea*.
- [45] U. d. L. Laguna, «ULL,» Oficina de Software Libre, 2017. [En línea]. Available: <https://osl.ull.es/software-libre/opencv-libreria-vision-computador/>.
- [46] B. H. Ibarra Clemente, «Análisis de imágenes en Termografía Infrarroja,» 2004.
- [47] B. Good, «BangGood,» 2018. [En línea]. Available: https://www.banggood.com/es/HT02-Handheld-Thermograph-Camera-Infrared-Thermal-Camera-Digital-Infrared-Imager-Temperature-Tester-p-1102527.html?cur_warehouse=CN.
- [48] B. H, «CROWD,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.g2crowd.com/products/qt-creator/reviews>.

ANEXOS

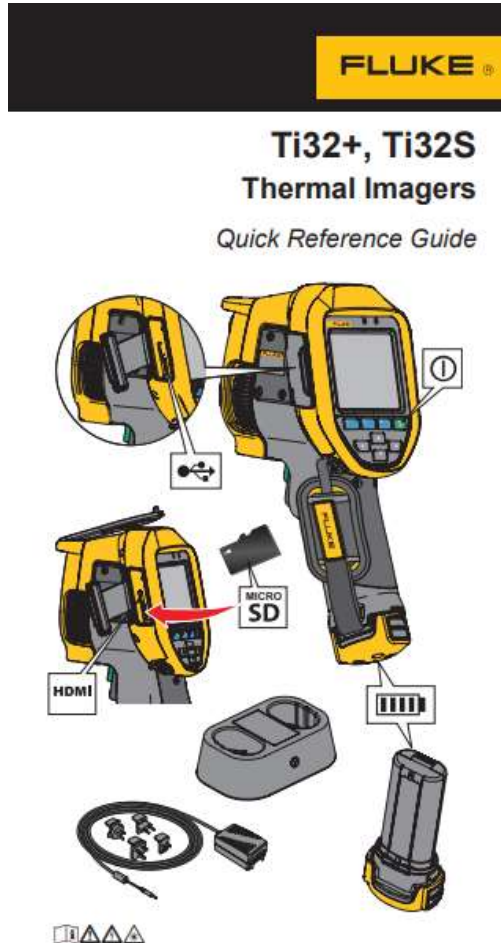
ANEXO A

Diseño del prototipo del proyecto de investigación, se ilustra cada etapa del sistema, captura de imagen térmica, procesamiento, almacenamiento de datos y presentación de resultados.



ANEXO B

Características técnicas de la Cámara térmica Fluke Ti32, obtenidas del datasheet de la cámara, usadas para establecer los rangos adecuados para la captura de imágenes térmicas de cada sujeto de prueba.



FLUKE

Especificaciones

Especificaciones detalladas

Temperatura	
Rango de medida de la temperatura (sin calibrar por debajo de -10 °C)	-20 °C a +600 °C (-4 °F a +1112 °F)
Precisión de la medida de temperatura	± 2 °C ó 2% (a 25 °C nominales, el valor que sea mayor)
Corrección de emisividad en pantalla	Sí
Compensación de la temperatura reflejada de fondo en pantalla	Sí
Corrección de transmitancia en pantalla	Sí

ANEXO C

Programación de la Pantalla principal de la interfaz gráfica, utilizada para la creación de la pantalla de bienvenida de la interfaz del sistema de este proyecto de investigación.

pantallaprincipal.h

```
#ifndef PANTALLAPRINCIPAL_H
#define PANTALLAPRINCIPAL_H

#include <QMainWindow>

namespace Ui {
class PantallaPrincipal;
}

class PantallaPrincipal : public QMainWindow
{
    Q_OBJECT

public:
    explicit PantallaPrincipal(QWidget *parent = 0);
    ~PantallaPrincipal();

private slots:
    void on_analisis_clicked();

    void on_basedatos_clicked();

private:
    Ui::PantallaPrincipal *ui;
};

#endif // PANTALLAPRINCIPAL_H
```

pantallaprincipal.cpp

```
#include "pantallaprincipal.h"
#include "ui_pantallaprincipal.h"
#include "analisis.h"
```

```
#include "basedatos.h"
```

```
PantallaPrincipal::PantallaPrincipal(QWidget *parent) :  
    QMainWindow(parent),  
    ui(new Ui::PantallaPrincipal)  
{  
    ui->setupUi(this);  
}
```

```
PantallaPrincipal::~PantallaPrincipal()  
{  
    delete ui;  
}
```

```
void PantallaPrincipal::on_analisis_clicked()  
{  
    Analisis * PantallaPrincipal=new Analisis();  
    PantallaPrincipal->show();  
    close();  
}
```

```
void PantallaPrincipal::on_basedatos_clicked()  
{  
    BaseDatos * PantallaPrincipal=new BaseDatos();  
    PantallaPrincipal->show();  
    close();  
}
```

ANEXO D

Programación de la Pantalla de Análisis, utilizada para el procesamiento de las imágenes térmicas de cada sujeto de prueba, presentando la imagen original, imagen procesada en umbral de negros y fusión de los bordes principales más el umbral de negros, para tener una mejor percepción de la zona de interés.

analisis.h

```
#ifndef ANALISIS_H
#define ANALISIS_H

#include <QWidget>
#include <QGraphicsScene>
#include <QFileDialog>

namespace Ui {
class Analisis;
}
class Analisis : public QWidget
{
    Q_OBJECT

public:
    explicit Analisis(QWidget *parent = 0);
    ~Analisis();

private slots:
    void on_inicio_clicked();
    void on_cargarImagen_clicked();

private:
    Ui::Analisis *ui;
    QPixmap image;
    QImage *imageObject;
    QImage *imagen1;
    QGraphicsScene *scene;
```

```

};

#endif // ANALISIS_H
 analisis.cpp
#include " analisis.h"
#include "ui_ analisis.h"
#include "pantallaprincipal.h"

#include <opencv2/core/core.hpp>
#include <opencv2/highgui/highgui.hpp>
#include <opencv2/opencv.hpp>
#include <opencv2/imgproc.hpp>
#include <opencv2/imgcodecs.hpp>

 Analisis:: Analisis(QWidget *parent) :
    QWidget(parent),
    ui(new Ui:: Analisis)
{
    ui->setupUi(this);
}
 Analisis::~ Analisis()
{
    delete ui;
}
void Analisis::on_inicio_clicked()
{
    PantallaPrincipal * analisis = new PantallaPrincipal();
    analisis->show();
    close();
}
void Analisis::on_cargarImagen_clicked()
{
    //FileDialog para cargar imagenes

```

```

QString imagePath = QFileDialog::getOpenFileName(
    this,
    tr("Abrir Archivo"),
    "",
    tr("JPEG (*.jpg *.jpeg);;PNG (*.png)" )
);

//Lectura imagen térmica
cv::Mat imagenT = cv::imread(imagePath.toLatin1().data()); //termica
cv::Mat imagenN = cv::imread(imagePath.toLatin1().data()); //negros
cv::Mat imagenB = cv::imread(imagePath.toLatin1().data()); //bordes
cv::Mat imagenS = cv::imread(imagePath.toLatin1().data()); //gris

//Conversion BGR a RGB
cv::cvtColor(imagenT, imagenT, CV_BGR2RGB);

//Filtrado de negros
cv::cvtColor(imagenN, imagenN, CV_BGR2RGB);
cv::cvtColor(imagenN, imagenN, CV_RGB2HSV);

//Filtrado bordes
cv::cvtColor(imagenB, imagenB, CV_BGR2RGB);
//cv::cvtColor(imagenB, imagenB, CV_BGR2HSV);
//Filtrado grises
cv::cvtColor(imagenS, imagenS, CV_BGR2RGB);
//cv::cvtColor(imagenS, imagenS, CV_BGR2GRAY);

cv::Scalar minHSV = cv::Scalar(26, 65, 75); //minimo de HSV
cv::Scalar maxHSV = cv::Scalar(44, 255, 255); //maximo de HSV

cv::Mat maskHSV, resultHSV;
cv::inRange(imagenN, minHSV, maxHSV, maskHSV); //filtrado inRange de
HSV
cv::bitwise_and(imagenN, imagenN, resultHSV, maskHSV);

```

```

    cv::Mat kernel = cv::getStructuringElement(CV_SHAPE_ELLIPSE,
cv::Size(3,3)); //creacion de Kernel para filtro
    cv::morphologyEx(resultHSV,resultHSV, cv::MORPH_OPEN, kernel);
//aplicacion de filtro
    //Aplicacion de filtro Canny para obtener bordes
    cv::Mat bordesC, maskBor, resultBor, resultSum, maskSum;
    cv::Canny(imagenB, bordesC, 50, 180);
    cv::bitwise_and(bordesC, bordesC, resultBor, maskBor);
    //Muestra de Filtro Canny
    cv::namedWindow("Canny");
    cv::imshow("Canny",resultBor);

    //Presentación de imagenes
    ui->termica->setPixmap(QPixmap::fromImage(QImage(imagenT.data,
imagenT.cols, imagenT.rows, imagenT.step, QImage::Format_RGB888)));
    ui->negros->setPixmap(QPixmap::fromImage(QImage(resultHSV.data,
resultHSV.cols, resultHSV.rows, resultHSV.step, QImage::Format_RGB888)));
    ui->bordes->setPixmap(QPixmap::fromImage(QImage(resultSum.data,
resultSum.cols, resultSum.rows, resultSum.step, QImage::Format_RGB888)));
}

```


ANEXO E

Programación Pantalla de Base de Datos, utilizada para crear una base con la información principal de cada uno de los sujetos de prueba o pacientes, con la opción de ingresar y borrar datos desde la interfaz.

basedatos.h

```
#ifndef BASEDATOS_H
#define BASEDATOS_H

#include <QWidget>
#include <QSqlDatabase>

namespace Ui {
class BaseDatos;
}
class QSqlTableModel;
class BaseDatos : public QWidget
{
    Q_OBJECT
public:
    explicit BaseDatos(QWidget *parent = 0);
    ~BaseDatos();

private slots:
    void on_inicio_clicked();
    void on_nuevo_clicked();
    void on_eliminar_clicked();
    void on_actualizar_clicked();

private:
    Ui::BaseDatos *ui;
    QSqlTableModel *mModel;
    QSqlDatabase mDatabase;
};
```

```
#endif // BASEDATOS_H
```

basedatos.cpp

```
#include "basedatos.h"
```

```
#include "ui_basedatos.h"
```

```
#include "pantallaprincipal.h"
```

```
#include <QSqlTableModel>
```

```
#include <QSqlError>
```

```
#include <QMessageBox>
```

```
BaseDatos::BaseDatos(QWidget *parent) :
```

```
    QWidget(parent),
```

```
    ui(new Ui::BaseDatos)
```

```
{
```

```
    ui->setupUi(this);
```

```
    mDatabase = QSqlDatabase::addDatabase("QMYSQL");
```

```
    mDatabase.setHostName("localhost");
```

```
    mDatabase.setDatabaseName("Pacientes");
```

```
    mDatabase.setPort(3306);
```

```
    mDatabase.setUserName("root");
```

```
    mDatabase.setPassword("12345678");
```

```
    if (!mDatabase.open()){
```

```
        QMessageBox::critical(this, "ERROR", mDatabase.lastError().text());
```

```
        return;
```

```
    }
```

```
    mModel = new QSqlTableModel(this);
```

```
    mModel->setTable("General");
```

```
    mModel->select();
```

```
    ui->tableView->setModel(mModel);
```

```
}
```

```
BaseDatos::~BaseDatos()
```

```

{
    delete ui;}
void BaseDatos::on_inicio_clicked()
{
    PantallaPrincipal * BaseDatos=new PantallaPrincipal();
    BaseDatos->show();
    close();
}
void BaseDatos::on_nuevo_clicked()
{
    mModel->insertRow(mModel->rowCount());
}
void BaseDatos::on_eliminar_clicked()
{
    mModel->removeRow(ui->tableView->currentIndex().row());
}
void BaseDatos::on_actualizar_clicked()
{
    mModel->select();
}

```

ANEXO F

Formato de la Encuesta Aplicada, usada para obtener información importante de los sujetos de prueba, para realizar el análisis de la posibilidad de sufrir del Síndrome de Túnel Carpiano.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

Tema: Síndrome de Túnel Carpiano

Objetivo:

Definir si los trabajadores del área administrativa del Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga, tienen tendencias significativas para padecer del Síndrome de Túnel Carpiano.

Género Masculino Femenino

1.- ¿En qué rango de edad se encuentra usted?

- 18 – 25 años
- 25 – 35 años
- 35 – 45 años
- 45 – 60 años
- 60 años en adelante

2.- ¿Desde qué edad empezó a utilizar el mouse de un computador?

.....

3.- ¿Hace cuánto tiempo trabaja usted en el Patronato Municipal de Amparo Social de Latacunga?

- 0 – 2 años
- 2 – 4 años

4 años en adelante

4.- ¿El espacio físico en donde desempeña su trabajo, es adecuado para las actividades que usted realiza?

SI NO

5.- ¿Posee un pad mouse adecuado o un mouse ergonómico, que podría prevenir una enfermedad laboral, como el Síndrome de Túnel Carpiano?

SI NO

6.- ¿De las 8 horas que se encuentra en su lugar de trabajo, cuánto tiempo maneja el mouse de su computador?

0 – 2 horas

2 – 4 horas

4 – 6 horas

6 – 8 horas

7.- ¿Conoce usted acerca del Síndrome de Túnel Carpiano?

SI NO

8.- ¿Conoce usted acerca de los métodos de diagnóstico de Síndrome de Túnel Carpiano que se usan en la actualidad?

SI NO

9.- ¿Podría usted decir que realiza actividades repetitivas con sus manos en su trabajo?

SI NO

10.- ¿Posee usted algún trastorno metabólico? Como diabetes, hipotiroidismo, hipertiroidismo o similares.

SI NO

GRACIAS POR SU AYUDA