





**HOSPITAL CENTRAL  
DR. IGNACIO MORONES PRIETO**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL CENTRAL “DR. IGNACIO MORONES PRIETO”

Tesis para obtener el diploma en la especialidad de Ortopedia y traumatología

## **CORRELACIÓN ENTRE EL PATRÓN TERMOGRÁFICO CON EL TIEMPO DE REMODELACIÓN EN LESIONES TRAUMÁTICAS DE MANO.**

**Gibran Alejandro Delsol Revuelta**  
**No. de CVU del CONACYT: 977866**  
**Identificador de ORCID: 0000-0001-9638-5512**

**DIRECTOR CLÍNICO**  
**Dr Jesús Ramírez Martínez**  
**No. de CVU del CONACYT: 300153**  
**Identificador de ORCID: 0000-0002-6118-2325**

**DIRECTOR METODOLÓGICO**  
**Dr Mario Aurelio Martínez Jiménez**  
**No. de CVU del CONACYT: 302613**  
**Identificador de ORCID: 0000-0002-8905-849X**

01 de febrero del 2022



CORRELACIÓN ENTRE EL PATRÓN TERMOGRÁFICO CON EL TIEMPO DE REMODELACIÓN EN LESIONES TRAUMÁTICAS DE MANO. by GIBRAN ALEJANDRO DELSOL is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).



## Resumen

Las lesiones traumáticas de los dedos se encuentran dentro de los primeros lugares como causa de incapacidad por accidentes de trabajo. Este tipo de lesiones pueden llegar a generar repercusiones económicas y sociales. El tratamiento ideal de este tipo de lesiones es un tema debatido. La valoración clínica puede orientar a llevar a cabo un manejo un poco más agresivo para evitar complicaciones. Se propone el uso de termografía infrarroja digital portátil como apoyo a los hallazgos clínicos para poder dar un manejo más estandarizado a las lesiones traumáticas de mano.

Se analizaron las deltas entre el área lesionada y área de tejido sano. El tiempo de evolución al cierre varió de 13 a 21 días, con una media de 16 días y desviación estándar de 2.47. La distribución de las zonas en las que se encontraba la lesión quedó de la siguiente manera: zona I (0%), zona II (19%), zona III (32%) y zona IV (49%). 26% fueron por aplastamiento, 26% lesiones cortantes y 48% corto contusas. La edad mínima fue de 2 años y la máxima de 82, con una media de 32 años y desviación estándar de 22.

Las deltas se dividieron en dos grupos. El grupo 1, en el cual se dio un manejo quirúrgico mediante amputación de revisión y cierre primario y el grupo 2, en el cual se dio un manejo quirúrgico mediante cierre primario con o sin uso de colgajo de avance o cierre por segunda intención en el que se trató de preservar la anatomía. Se usó t de Student para analizar las variables termográficas de los dos grupos, encontrándose una media de los valores del grupo 1 de 2.52 °C, y 0.29 °C ( $p = 0.001$ ).

Los cambios de temperatura en los tejidos secundario a una lesión pueden ser valorados mediante termografía infrarroja. Estos cambios se pueden traducir en viabilidad de tejidos. Diferencias muy marcadas de temperatura entre el tejido lesionado y el tejido sano puede usarse como un auxiliar al momento del manejo de las lesiones de punta digital.

### Palabras clave:

**Termografía infrarroja. Lesiones de punta digital. Mano traumática. Lesiones digitales. Amputaciones traumáticas digitales. Termografía portátil**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE CUADROS Y FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE DEFINICIONES .....</b>	<b>7</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>8</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>9</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>HIPÓTESIS. ....</b>	<b>16</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>SUJETOS Y MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO: .....</b>	<b>19</b>
<b>ÉTICA: .....</b>	<b>20</b>
<b>RESULTADOS: .....</b>	<b>21</b>
<b>DISCUSIÓN: .....</b>	<b>23</b>
<b>LIMITACIONES Y NUEVAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN:.....</b>	<b>25</b>
<b>CONCLUSIONES: .....</b>	<b>26</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXO 1 (CÁMARA TERMOGRAFICA).....</b>	<b>29</b>
<b>ANEXO 2 (CARTA DE APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN) ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>	
<b>ANEXO 3 (CARTA APROBACIÓN DEL COMITÉ DE INVESTIGACIÓN) ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>	

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

FIGURA 1.....	14
CUADRO 1.....	17
FIGURA 2.....	18
CUADRO 2.....	19
FIGURA 3.....	22
FIGURA 4.....	22

## LISTA DE DEFINICIONES

**Lesiones de punta digital:** La punta digital corresponde a la región anatómica comprendida entre el pulpejo y el lecho ungueal, se extiende distal a la inserción de los tendones flexores y extensores en la falange distal. Por lo tanto, la lesión de punta digital comprende la afección traumática de cualquiera de estas partes.

**Termografía infrarroja:** técnica que permite medir temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar, mediante la captación de la intensidad de radiación infrarroja que emiten los cuerpos.

**Cierre por segunda intención:** Son heridas quirúrgicas que se dejan abiertas para que cicatricen con el crecimiento de tejido nuevo, en lugar de cerrarlas de la manera habitual con puntos u otros métodos que ponen en contacto los bordes de la herida.

**Amputación de revisión:** El acortamiento y cierre primario de amputaciones digitales.

## DEDICATORIA

Le dedico la presente a todas las personas que estuvieron involucradas en este proceso de mi formación. Un proceso que en retrospectiva me parece corto, pero que en ocasiones parecía interminable. Fueron cuatro años que aportaron grandes enseñanzas, momentos de diversión, estrés, cansancio, pero que sin duda valieron la pena. La espera concluye y una de las etapas más importantes finaliza para poder dar inicio a lo que haré el resto de mi vida profesional.

Quiero agradecer especialmente a la persona que siempre estuvo a mi lado, apoyándome en momentos difíciles, y siendo una persona comprensiva. A veces a mi lado, a veces a distancia, pero siempre conmigo. Mi compañera de vida que también vivió este proceso desde principio a fin. Gracias Ana Sofía por estar presente cuando más lo necesité y por apoyarme en todo momento.

Gracias a mis padres por siempre estar también. Por apoyarme en momentos difíciles y brindarme su cariño en momentos difíciles. Gracias por permitirme compartir este logro con ustedes. Gracias a mi hermano que sin dudas me apoyo en este proceso y me transmitía fuerzas para seguir.

Gracias a mis maestros que me transmitieron sus conocimientos y experiencias de vida que han sido producto de años de trabajo y esfuerzo. Por permitirme apropiarme sus trucos y mañas que en definitiva incorporé a mi día a día, dentro y fuera de quirófano. Gracias a mis compañeros, quienes compartieron mis alegrías, frustraciones, regaños, felicitaciones y que se convirtieron en aquellas personas con las que conviví durante toda la residencia. Sé que sin ellos no hubiera sido lo mismo.

Gracias a Dios sobre todas las cosas por darme salud, vida y la enorme bendición de formarme como ortopedista y poder hacer lo que quiero y me apasiona.



## ANTECEDENTES

### **Epidemiología:**

Las lesiones traumáticas de mano ocupan el primer lugar como causa de incapacidades por accidentes de trabajo. Estas lesiones dejaron incapacidades parciales permanentes en el 3.1% del total de los accidentes de trabajo(1). Existe una alta prevalencia de este tipo de lesiones incapacitantes. Estas lesiones pueden llegar a generar repercusiones económicas y sociales(2). Las secuelas producto de un manejo inadecuado pueden afectar la salud física y emocional del paciente, así como la de su familia. Es por ello que se debe tener un claro conocimiento de la anatomía de esta zona e implementar pautas de tratamiento que permitan definir un manejo inicial de la patología, buscando de esta forma prevenir resultados desfavorables para la calidad de vida del paciente(3).

Las lesiones de dedo corresponden a las más frecuentes de la extremidad superior. La complejidad de lesiones en el dedo radica en la cantidad de estructuras que conforman el dedo. La uña por si misma tiene un rol importante la función normal de la mano al brindar protección a la punta digital. Proporciona un fuerza oponente al momento de hacer pinza y agarrar objetos pequeños, durante la manipulación fina y contribuye a la sensación táctil de la punta digital(4). La punta digital corresponde a la región anatómica comprendida entre el pulpejo y el lecho ungueal, se extiende distal a la inserción de los tendones flexores y extensores en la falange distal. Por lo tanto, la lesión de punta de dedo comprende la afección traumática de cualquiera de estas partes, sin incluir el mecanismo de la lesión. Es un área ricamente innervada, y por consiguiente es una lesión en esta zona puede ser sumamente dolorosa e incapacitante para el paciente(5). Debido a la gran frecuencia con que se presentan estas lesiones es necesario realizar un diagnóstico correcto para posteriormente poder establecer el mejor tratamiento disponible.

Existen diversas clasificaciones para amputaciones digitales. Las mas usadas para las lesiones de la porción distal de los dedos es la clasificación de Tamai. Esta clasificación divide la punta digital en dos zonas. La Zona I comprende el área de la punta de dedo hasta la lúnula, mientras la zona II comprende el área de la lúnula hasta la articulación interfalángica distal(6). Para opciones de tratamiento, la clasificación de Allen es la más utilizada. Describe la zona específica de la amputación basada en el involucro de hueso, anatomía del lecho ungueal y la posibilidad de anastomosis al momento de la plastia(7).

El objetivo final del tratamiento de las lesiones digitales debe enfocarse en la restauración de una interface aceptable para la manipulación de objetos, así como de recuperar el aspecto normal del dedo afectado(8). Se debe realizar un manejo inicial adecuado y estandarizado que permita reducir la tasa de complicaciones funcionales y estéticas. Una punta de dedo estable, móvil y sensible será determinante para la adecuada función de la mano, por lo tanto, estas lesiones representan un gran reto para el ortopedista.

### **Planeando el tratamiento:**

Se debe obtener una historia clínica y examen físico enfocados a establecer el mejor tratamiento de cada paciente. Las características de la lesión no deber ser las únicas determinantes al momento de contemplar las opciones de tratamiento. En el caso de pacientes que presentan una amputación traumática se debe de enfatizar en las demandas físicas del mismo. De igual manera se debe de hacer énfasis en los factores psicosociales al momento de seleccionar la mejor opción de tratamiento. Dichos factores a considerar son ocupacionales, pasatiempos o hobbies, estatus socioeconómico, y “bias clínico”(9).

El tiempo de retorno a sus actividades laborales es sin duda un elemento a considerar al momento de plantear el tratamiento. Ciertas técnicas empleadas en el tratamiento de lesiones complejas de dedos conllevan un recuperación prolongada y el tiempo que puede llegar a permanecer el paciente sin laborar debe considerarse(10). Además del tiempo de cicatrización o integración del injerto o colgajo debe considerar el tiempo de terapia ocupacional por el que debe pasar el paciente antes de su retorno a sus actividades laborales.

Actualmente existen diversas opciones de tratamiento descritas en la literatura. Como ortopedista, las demandas físicas del paciente, así como su apego al tratamiento deben de tomarse en cuenta(2). Se debe proporcionar al paciente las opciones más pertinentes y disponibles al momento. En ocasiones la disponibilidad de tiempo quirúrgico, así como los materiales quirúrgicos necesarios para ciertas técnicas no están disponibles. Otro factor que considerar es la destreza del cirujano al momento de elegir la mejor opción de tratamiento. Una vez establecidas estas opciones, junto con el paciente, se debe de optar por la mejor opción.

### **Manejo de las lesiones digitales**

El manejo de las lesiones digitales varía desde cuidados de herida hasta reconstrucciones complejas y técnicas de reimplantación(11)(12). Para las heridas con pérdida del pulpejo y sin exposición ósea, las opciones de tratamiento incluyen cierre primario, cierre por segunda intención, completar la amputación, colgajos cutáneos de espesor completo o parcial. (13)

**Cierre por segunda intención:**

Antes de pensar en manejos complejos y quirúrgicamente demandantes, vale la pena considerar el cierre primario o por segunda intención como una opción válida en amputaciones parciales de la punta digital, cuando no existe exposición ósea y cuando existe una adecuada cobertura de tejidos blandos del lado volar(14). Estudios han demostrado que cierre por segunda intención da resultados efectivos. Los resultados pueden ser incluso superiores estéticamente hablando, a los de un colgajo de reconstrucción o un injerto. Debe destacarse que el cierre por segunda intención evita la morbilidad que conlleva el sitio donador(15).

**Completar el nivel de amputación:**

La preservación de la longitud del dedo es importante, sin embargo, la reconstrucción mediante el uso de colgajos, así como la reimplantación demandan periodos prolongados de inmovilización y recuperación. Esto en ocasiones no es aceptable para un paciente laboralmente activo, que requiere un retorno a sus actividades laborales en tiempos no tan prolongados. Completar el nivel de amputación es una técnica válida y aceptable. Es también conocido como una amputación de revisión(3).

El acortamiento y cierre primario de amputaciones digitales está indicado en adultos de cualquier edad cuando no queda suficiente remanente de la matriz ungueal (menos a 5 mm) para producir una uña estable y adherida(16). Si la inserción de los tendones flexores o extensores no puede ser preservada o se encuentra comprometida durante la amputación, la articulación interfalángica distal debe ser desarticulada, ya que no existe ventaja en preservar un muñón pequeño de la falange distal. Este tipo de procedimiento cuenta con el beneficio de un cierre más rápido, así como un retorno a sus actividades laborales en un tiempo menor (7) (9)(17).

**Reconstrucción con colgajos:**

En aquellas lesiones en las que exista exposición ósea, involucro del lecho ungueal y falta de cobertura cutánea, y la amputación no es deseada por el paciente, se deberá hacer uso de

técnicas reconstrucción con colgajos. En la gran mayoría de los casos, no se dispone de suficiente tejido para realizar un cierre primario, y cualquier intento de hacerlo comprometo el tejido sano y existe riesgo de necrosis cutánea, una punta digital dolorosa y una morbilidad prolongada.

La mayoría de las pérdidas cutáneas en las lesiones de dedos son adecuadamente tratados con colgajos de avance. Ejemplos de colgajos locales incluye el V-Y de Atasoy- Kleinert , el colgajo lateral de Kutler, y el colgajo tenar de avance como en descrito por Moberg(13). Existen además otras técnicas con empleo de colgajos en manejo reconstructivo de estas lesiones. Estas técnicas, aunque descritas hace más de 10 años proporcionan resultados satisfactorios con una adecuada cobertura cutánea y de tejidos blancos, preservan la longitud del dedo, así como el contorno y forma. En manos experimentadas la morbilidad del sitio donador es mínima.

### **Reimplantación:**

En el caso de las amputaciones distales, la reimplantación ha demostrado una buena tasa de éxito a pesar de varios días de isquemia fría. Se ha demostrado que la tasa de reimplantaciones de dedos distales es aproximadamente el 86%(18). A pesar de ser una tasa elevada, este tipo de procedimientos conllevan un entrenamiento especializado y requieren destreza de un cirujano experimentado, así como instrumental de microcirugía, al cual no siempre se tiene acceso.

Debe considerarse que al momento de elegir la reimplantación como tratamiento, este implicará un mayor gasto económico, estancias hospitalarias prolongadas, un equipo quirúrgico entrenado y especializado en este tipo de procedimientos, así como mayor tiempo de retornos a sus actividades laborales(17).

### **Complicaciones**

La complicación más frecuente en las lesiones de punta digital es deformidad de la uña. La deformidad de la uña mas frecuente es la formación de un surco, generado por un lecho ungueal irregular secundario a una reparación de este o a un defecto en la cortical dorsal de la falange distal.

La intolerancia al frio es otra complicación asociada a lesiones digitales. Esta complicación parece estar asociada a lesiones del nervio digital. Las tasas de intolerancia al frio posterior a

una amputación de punta digital son elevadas sin importar el tratamiento empleado. Otra complicación asociada a lesiones del nervio digital es la formación de neuromas dolorosos. Los neuromas en la punta de los dedos suelen ser problemáticos debido a la falta de tejido blando que cubra las zonas afectadas, así como las fuerzas de contacto a las que son sometidos los dedos. (19)

### **Termografía infrarroja**

La termografía infrarroja es una técnica simple, inofensiva y no ionizante, que utiliza la radiación infrarroja emitida de manera natural por la piel para la obtención de una imagen(20). Este método resalta patrones anormales de temperatura, y las imágenes que produce pueden ser almacenadas digitalmente y analizadas para la obtención de datos de patrones termográficos. Desde finales de los años noventa, la termografía infrarroja ha evolucionado, convirtiéndose en una herramienta confiable y accesible. Existen dispositivos portátiles de uso fácil que pueden adaptarse a dispositivos móviles. Estos dispositivos hoy en día son accesibles, y su implementación como auxiliar en la toma de decisiones clínicas es posible.

### **Uso de termografía infrarroja en ortopedia**

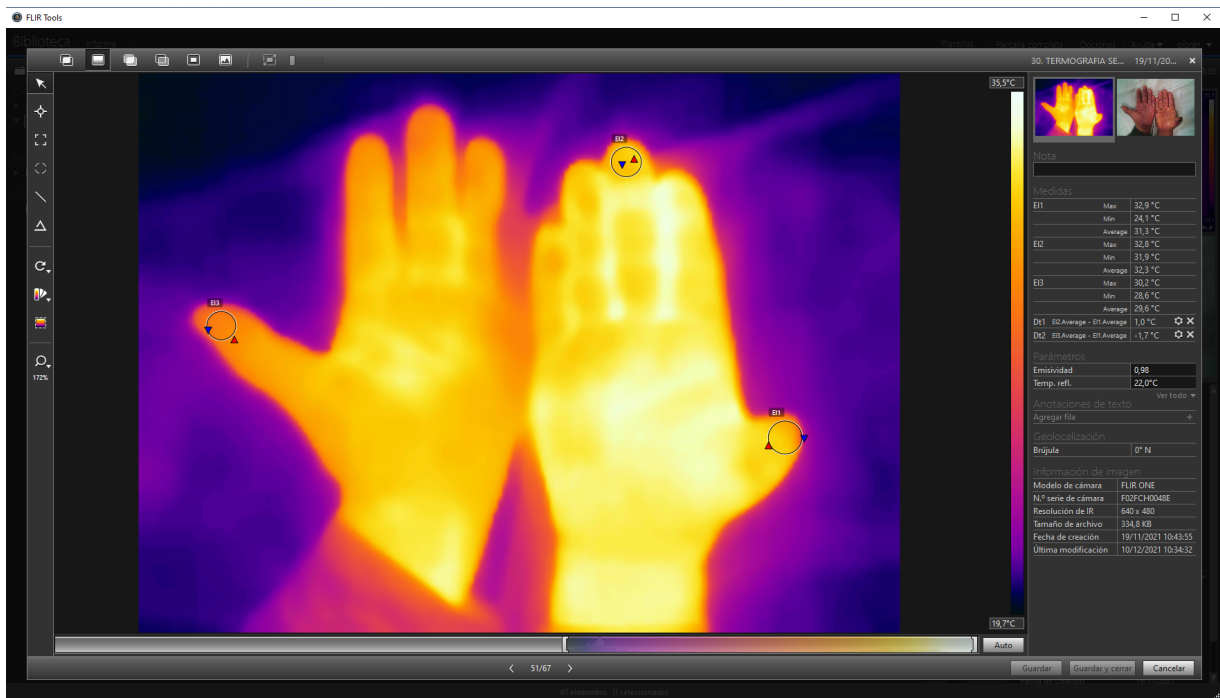
Esta técnica permite detectar variaciones locales de temperatura, tales como las que ocurren en condiciones inflamatorias asociadas a anomalías patológicas, incluyendo lesiones musculoesqueléticas.

Dentro de las aplicaciones en el campo de ortopedia, la termografía infrarroja tiene moderada exactitud diagnóstica para fracturas por estrés. Se han reportado resultados prometedores del uso de termografía infrarroja en el diagnóstico de síndrome compartimental(21). En un estudio, en el que se utilizó la termografía infrarroja para diagnosticar fracturas en población pediátrica, se reportó un sensibilidad de 0.91 y especificidad de 0.88, con un valor predictivo negativo de 0.95(22). Se concluyó por lo tanto que por su valor predictivo negativo alto, la termografía infrarroja es un método prometedor para descartar fracturas(22).

Existe evidencia que sugiere que la toma de temperatura entre partes oponentes del cuerpo es similar y puede ser utilizado como una medida de referencia en el caso de una lesión musculoesquelética. De esta manera se puede minimizar la posibilidad de variabilidad (0.4°) en situaciones en donde las lesiones ocurren en diversas partes del cuerpo(23)(24). Figura 1

**Figura 1.**

Se observa una imagen termográfica en la cual se utiliza la mano contralateral para tomar mediciones basales.



## JUSTIFICACIÓN

Es importante destacar que las lesiones traumáticas de mano ocupan el primer lugar como causa de incapacidades por accidentes de trabajo. Estas lesiones dejan incapacidades parciales o permanentes en el 3.1% del total de los accidentes de trabajo por lo que se considera que existe una alta prevalencia de este tipo de lesiones incapacitantes.

Estas lesiones pueden llegar a generar repercusiones económicas y sociales. Por este motivo es importante tratar de preservar la función de la mano, así como su anatomía. Idealmente se debe llevar a cabo una adecuada valoración en la que se tome en cuenta las características de la lesión, la afección anatómica, consideración de las demandas laborales de los pacientes, así como tomar en cuenta su opinión sobre el tratamiento. En nuestro medio no se dispone en ocasiones del equipo quirúrgico necesario para llevar a cabo procedimientos complejos como reimplantaciones. Por tales motivos se opta por manejos más sencillos como amputaciones de revisión o cierre por segunda intención. En el caso específico de amputaciones de revisión, el tiempo de recuperación es más rápido para el paciente y la reincorporación a sus actividades laborales más temprana. Sin embargo, el cirujano puede optar por realizar una desbridación o amputación más proximal considerando que los tejidos se encuentran lesionados o con riesgo de necrosis. En ocasiones la valoración clínica puede orientar a llevar a cabo un manejo un poco más agresivo para evitar dichas complicaciones.

Se propone el uso de termografía infrarroja para poder establecer un parámetro cuantitativo, como auxiliar, al momento de tomar decisiones sobre el manejo de este tipo de lesiones. Al mismo tiempo, para poder evaluar el proceso de cicatrización de estas lesiones. Con este estudio se busca encontrar la correlación entre el gradiente termográfico de la herida y tejidos lesionados comparándolo con los tejidos sanos y el tiempo de remodelación cicatricial. Se busca implementar el uso de termografía infrarroja aunado a la exploración clínica para poder dar un manejo más estandarizado de las lesiones traumáticas de mano. Procurando que los pacientes tengan una mejor calidad funcional y menores limitaciones de la mano lesionada, así como una reintegración temprana a sus actividades.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.**

¿Existe una correlación entre el patrón termográfico y la viabilidad de tejidos lesionados con el tiempo de remodelación en el paciente que presenta una lesión digital?

## **HIPÓTESIS.**

Existe una correlación entre los patrones de termografía infrarroja y la viabilidad de tejidos lesionados y el tiempo de remodelación de las lesiones digitales. El establecer esta correlación ayudará a idear protocolos de tratamiento estandarizados para el manejo de lesiones traumáticas de mano.

## **OBJETIVOS.**

- Objetivo general
  - Determinar con termografía infrarroja la relación existente entre la temperatura de la piel y tejidos lesionados en las lesiones digitales con la viabilidad de los tejidos y el tiempo de remodelación.
  
- Objetivos específicos
  - Obtener la delta de la termografía infrarroja inicial (día 0) tomada del tejido lesionado y tejido sano a nivel digital.
  - Obtener la delta de la termografía infrarroja inicial (día 0) tomada del tejido lesionado y tejido sano de la palma de la mano.
  - Obtener la delta de la termografía infrarroja de seguimiento (día 15) tomada del tejido lesionado y tejido sano a nivel digital.
  - Obtener la delta de la termografía infrarroja de seguimiento (día 15) tomada del tejido lesionado y tejido sano de la palma de la mano.
  
- Objetivos secundarios
  - Conocer la epidemiología de las lesiones de mano traumática en nuestro medio



## SUJETOS Y MÉTODOS.

El estudio que se realizó fue un estudio de cohorte. Se realizó con pacientes que acudieron al servicio de urgencias del Hospital Central “Dr. Ignacio Morones Prieto” posterior haber presentado una afección traumática de alguno de los dedos de la mano durante el periodo de marzo del 2021 a diciembre del 2021.

A su ingreso a la sala de urgencias el paciente fue valorado por el ortopedista de guardia. Todos los pacientes fueron sometidos al mismo trato y protocolo de atención. Se tomaron radiografías estándar para evidenciar si existía o no presencia de fractura. Se realizó una valoración clínica del paciente y una exploración física detallada de la mano afectada. Basado en el examen clínico de la lesión y la experiencia del cirujano ortopedista se le planteó al paciente el tratamiento pertinente. Posterior a la aceptación de recibir el manejo médico-quirúrgico de su lesión, todos los pacientes firmaron un consentimiento informado para el mismo. El tratamiento quirúrgico se llevó a cabo en el quirófano de la sala de urgencias. Si el paciente aceptaba participar en el protocolo se tomaban imágenes termográficas de la mano afectada, así como de la mano contralateral. Los criterios de selección de pacientes se incluyen en el cuadro 1.

### Cuadro 1.

#### ***Criterios de selección:***

<b>Inclusión</b>	<b>Exclusión</b>	<b>Eliminación</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>● Pacientes que acudan al departamento de urgencias del Hospital Central Dr. Ignacio Morones Prieto con diagnóstico de lesión traumática de mano que involucre región digital.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Pacientes con tabaquismo positivo</li><li>● Pacientes con lesiones traumáticas en ambas manos</li><li>● Pacientes diabéticos</li><li>● Infección de tejidos blandos</li><li>● Lesiones por fuego directo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Pacientes que decidan salirse del protocolo.</li><li>● Pacientes que pierdan seguimiento.</li></ul>

#### **Protocolo de estudio**

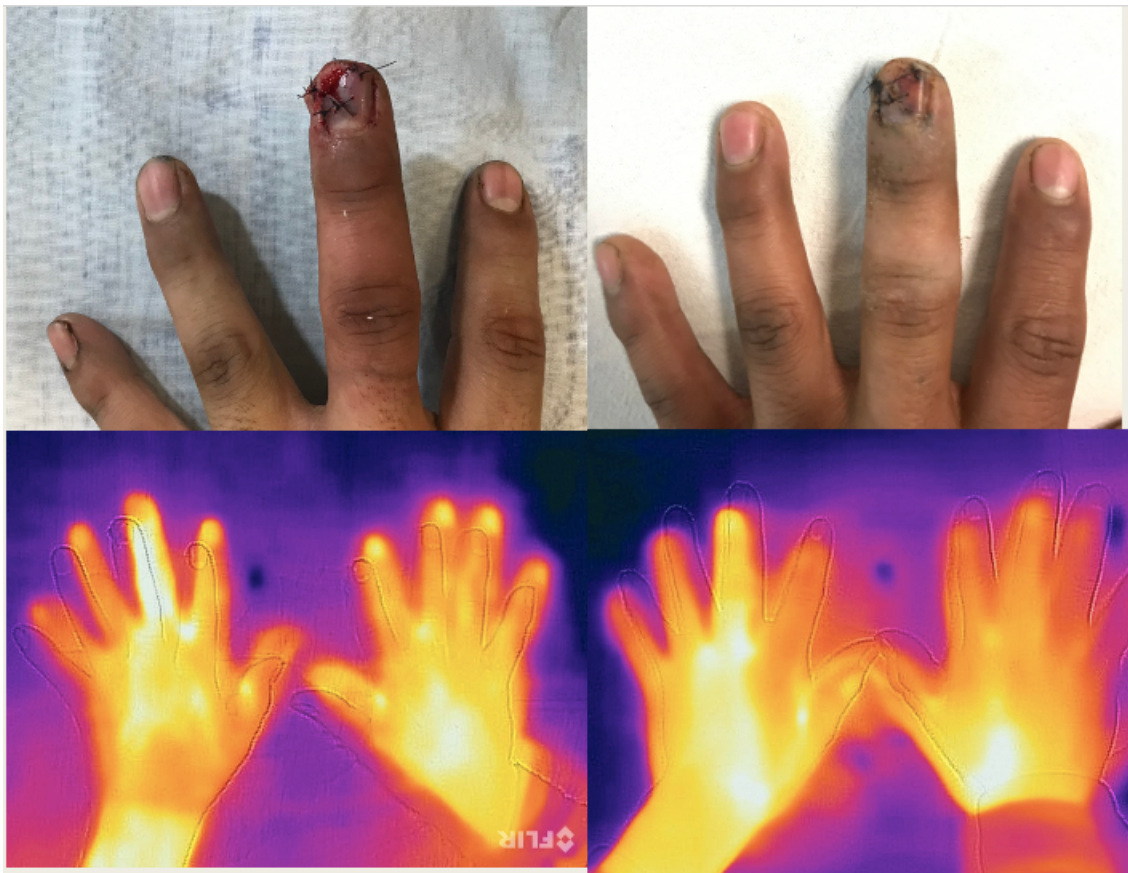
Para el estudio se utilizó una cámara de termografía infrarroja FLIR ONE (FLIR System, Wilsonville, OR). Las características técnicas cumplen con las guías de uso de termografía infrarroja en ciencias de la salud. La cámara se encendió al menos 5 minutos previo a la toma de imágenes, para poder maximizar la exactitud de las mediciones, como es sugerido en

estudios previos(25). Las imágenes fueron tomadas en una habitación sin corriente directa de aire.

El área afectada se dejó descubierta por 5-7 minutos en el quirófano de urgencias. Durante este tiempo no hubo manipulación del área de interés. Se tomaron imágenes termográficas del área afectada y mano contralateral posterior al procedimiento quirúrgico. Se tomaron los siguientes valores de referencia; emisión de 0.98, una distancia entre la cámara y área de interés de .5 metros, tomadas en forma perpendicular. El paciente acudió semanalmente a valoración para seguimiento de la herida. A los 15 días se realizó la segunda toma termográfica con los mismos parámetros empleados la primera vez. (Figura 2)

**Figura 2.**

*Paciente que presenta lesión digital del dedo medio de mano izquierda. Las imágenes de lado izquierdo fueron tomadas el día de la lesión. Las imágenes del lado derecho fueron tomadas al día 15 de su valoración.*



### **Análisis termográfico de las imágenes.**

Se analizaron las deltas entre el área lesionada y un área de uno de los dedos ipsilateral sano y uno de los dedos de la mano contralateral sana. Se realizó de esta manera debido a que se conoce que existe simetría térmica entre ambas extremidades superiores en pacientes sanos (23)(26). Para dicho análisis de las imágenes termográficas se usó el programa FLIR TOOLS (FLIR Systems, Wilsonville, OR). Las variables analizadas fueron las siguientes: 1) la diferencia (delta) entre el promedio de temperatura del área lesionada del dedo y un área similar del dedo ipsilateral sano, 2) la diferencia (delta) entre el promedio de temperatura del área lesionada del dedo y un área similar de tejido sano en la mano contralateral.

Las imágenes termográficas fueron analizadas por un investigador que no estuvo involucrado en la toma de las imágenes.

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO:**

Las variables analizadas fueron las siguientes: edad del paciente, sexo, sitio de lesión, mecanismo de lesión, las variables termográficas (delta de las mediciones), tiempo de cicatrización. (Cuadro 2)

**Cuadro 2.**  
**Variables**

<b>Dependiente</b>				
<b>Variable</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Valores posibles</b>	<b>Unidades</b>	<b>Tipo de variable</b>
<b>Tiempo de evolución de la lesión</b>	Días que tarda la herida en cicatrizar	0- ∞	Días	Continua
<b>Independiente</b>				
<b>Variable</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Valores posibles</b>	<b>Unidades</b>	<b>Tipo de variable</b>
<b>Diferencia entre termografía inicial y final</b>	Medición termográfica en el día de la lesión y el día 15	0- ∞	°C	Continua
<b>Variables de Control (confusoras)</b>				
<b>Variable</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Valores posibles</b>	<b>Unidades</b>	<b>Tipo de variable</b>
<b>Sitio de la lesión</b>	Región de la mano afectada	1,2,3,4	Región	Categórica

<b>Mecanismo de la lesión</b>	Aplastamiento, cortante y corto-contuso	1,2,3	Tipo de lesión	Categórica
<b>Edad</b>	Años cumplidos por el paciente	0– ∞	Años	Continua
<b>Sexo</b>	Sexo biológico del paciente	0= mujer 1= hombre	Sexo	Dicótoma

Se realizó un análisis descriptivo de las variables demográficas de los sujetos de estudio. Las variables cualitativas se describieron como proporciones y las variables cuantitativas con media y desviación estándar.

El análisis estadístico de las termografías se realizó usando el programa R v.3.0.1(The R Foundation for Statistical Computing).

### **ÉTICA:**

El protocolo de investigación fue evaluado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Central “Dr. Ignacio Morones Prieto”, con registro CONBIOETICA-24-CEI-001-20160427. Se dictaminó como aprobado con número de registro 64-20. (Anexo 2 y 3).

Se evaluó la correlación entre la termografía infrarroja de la zona lesionada y en la extremidad contralateral sana. La toma de imagen termográfica se realizó en forma externa sin causar dolor al paciente. Ningún paciente fue sometido algún tratamiento no indicado ya por las guías nacionales e internacionales de tratamiento de su enfermedad. El tratamiento brindado por el cirujano ortopedista se proporcionó buscando siempre preservar la función y anatomía dentro de lo posible. Para mantener sus datos anónimos, se le asignó un código con el que únicamente los médicos investigadores que participaron en este estudio podrán saber su identidad.

Su participación en este estudio de investigación fue completamente voluntaria. Este estudio se considera de bajo riesgo debido a que los investigadores responsables de este estudio no tomaron decisiones referentes a su tratamiento y únicamente se le solicitó su autorización para realizar la medición termográfica de la herida al inicio de la lesión y posteriormente durante las valoraciones de la herida. Los riesgos potenciales por la participación en el estudio fueron prácticamente nulos. La medición con termografía infrarroja no genera ningún riesgo agregado

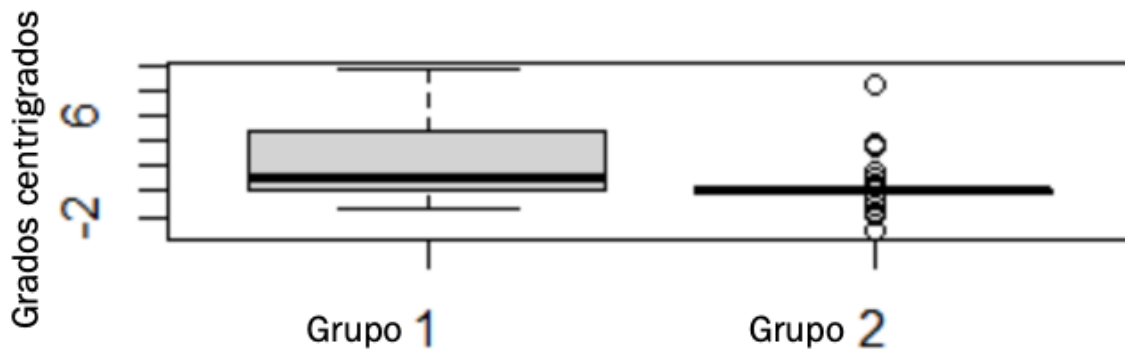
a su diagnóstico de base ni altera la decisión del médico sobre su manejo. No se han reportado efectos secundarios graves resultado de la medición termográfica de su herida.

## **RESULTADOS:**

Se valoraron un total de 31 pacientes. Todos los pacientes que fueron valorados e incluidos en el estudio fueron hombres. El tiempo de evolución al cierre de herida fue valorado en días. El tiempo de evolución al cierre varió de 13 a 21 días, con una media de 16 días y desviación estándar de 2.47. El sitio de lesión fue variable. Se utilizó la clasificación de Allen que divide la porción distal del dedo en cuatro zonas. De esta manera se estableció en que zona se encontraba lesionada el dedo. Se utilizó esta clasificación para tratar de unificar el tratamiento. Se tomó como zona I la porción distal al lecho ungueal, únicamente el pulpejo. La zona II como la porción distal al 50% del lecho ungueal sin afectar la falange distal. La zona III como la zona proximal al lecho ungueal con afección de la falange proximal. La zona IV como la porción proximal a la lúnula. La distribución de las zonas en las que se encontraba la lesión quedó de la siguiente manera: zona I (0%), zona II (19%), zona III (32%) y zona IV (49%). El mecanismo de lesión se valoró dependiendo de si la lesión había sido una lesión por aplastamiento, cortante o corto contusa. Ocho (26%) fueron por aplastamiento, 8 (26%) lesiones cortantes y 15 (48%) corto contusas. En cuanto a la edad de los pacientes, la edad mínima fue de 2 años y la máxima de 82, con una media de 32 años y desviación estándar de 22.

Se analizaron las deltas de las termografías tomadas el día de la lesión y al día 15 (por cuestiones de horarios en ocasiones fueron a los 14, 15 o 16 días de la lesión). Las deltas iniciales se dividieron en dos grupos. El grupo 1, en el cual se dio un manejo quirúrgico mediante amputación de revisión y cierre primario y el grupo 2, en el cual se dio un manejo quirúrgico mediante cierre primario con o sin uso de colgajo de avance o cierre por segunda intención en el que se trató de preservar la mayor longitud posible del dedo, así como su anatomía. Se usó una t de Student para analizar las variables termográficas de los dos grupos, encontrándose una media de los valores del grupo 1 de 2.52 °C, y 0.29 °C ( $p = 0.001$ ). (Figura 3). Esto se traduce en que los pacientes en los cuales se optó un manejo que preservara tejido presentaban deltas mas unificadas a comparación de aquellos pacientes en los que se optaba por un manejo un poco mas agresivo, como el de una amputación de revisión.

**Figura 3.**



Se observó además un aumento de temperatura en el trayecto del dedo lesionado hasta la zona de la mano, tanto en el dorso, como en la palma. En 3 pacientes en los cuales se optó por preservar tejido, dándose un manejo un poco menos agresivo se observó una notable diferencia en las termografías tomadas el día de lesión y a su valoración el día 15. Esta diferencia fue mayor a 3.6°C, 3.7°C y 9.7°C, respectivamente. En los 3 casos se tuvo que realizar una amputación de revisión a la semana 2 debido a necrosis del tejido de la punta de dedo. Posterior a ello los 3 pacientes tuvieron una adecuada evolución y cierre adecuado de la herida. A pesar de revisar semanalmente a los pacientes, se optó por realizar la amputación de revisión se hasta la segunda semana cuando se documento ausencia de llenado capilar y sensibilidad. Estos 3 pacientes representan menos del 10% de los pacientes valorados, por lo que no se cuenta con evidencia robusta para poder decir que una diferencia mayor de 3.6°C entre el tejido lesionado y tejido sano es indicativo de amputación de revisión.

**Figura 4.**

*Para fines ilustrativos, paciente que presenta lesión digital en 4to dedo de mano izquierda. La imagen superior izquierda es la imagen tomada el día que acude a urgencias posterior a presentar aplastamiento por puerta. La imagen superior derecha es la imagen tomada el día 14. En la imagen inferior izquierda es la imagen termográfica tomada el día 0. En esta imagen se puede observar la disminución de temperatura en tonos mas oscuros en el sitio de la lesión. Imagen inferior derecha es la imagen termográfica tomada el día 14. Se observa un aumento de temperatura generalizado en todo el dedo afectado. Se observa a demás una homogenización de temperatura en el sitio de la lesión comparándolo con tejido sano del mismo dedo y dedos adyacentes.*



## DISCUSIÓN:

Las lesiones de punta digital continúan siendo un reto para el ortopedista. Las demandas funcionales de los pacientes laboralmente activos por lo general son altas y se debe procurar preservar la anatomía y sobre todo la función. En ocasiones el cirujano ortopedista puede encontrarse ante la limitante de no contar con los materiales necesarios para realizar una reparación de las lesiones complejas, como es el caso de una reimplantación o técnicas de colgajos con microcirugía. Incluso puede no contar con el entrenamiento necesario para realizar técnicas de reparación complejas y demandantes. Es por lo que en nuestro medio se

opta por técnicas menos demandantes, que proporcionan buenos resultados. Las técnicas más usadas en nuestro medio para las reparaciones de lesiones digitales son: amputación de revisión, cierre primario con o sin reparación del lecho ungueal, cierre primario mediante uso de colgajos de avance V-Y y cierre por segunda intención. En los casos en el que se tiene una lesión digital con importante compromiso de tejidos blandos con falta de cobertura ósea o una fractura conminuta de la falange distal se opta por una amputación de revisión. Este manejo tiene la ventaja de disminuir el tiempo de remodelación y cierre de la herida. A pesar de ser un manejo un tanto más agresivo, permite a los pacientes reincorporarse a sus actividades laborales de forma más temprana. Sin embargo, este manejo cuenta con la desventaja de no preservar la longitud y anatomía del dedo afectado. Esto puede ocasionar alteraciones en la funcionalidad de la mano y por consiguiente afectar la calidad de vida del paciente.

En ocasiones el tipo de lesión permite un cierre primario con o sin reparación del lecho ungueal (se repara cuando se encuentra lesionado) o incluso cierre por segunda intención con curaciones cada cierto periodo de días. Existen técnicas descritas para las lesiones grado I o II en las que se puede realizar un cierre por segunda intención cubriendo la zona lesionada con vendajes semioclusivos como Tegaderm. Estos parches preservan adecuadamente la humedad necesaria para que se forme el tejido de granulación. Debido a que son transparentes permiten una adecuada visualización del proceso de cicatrización (27). En el resto de los casos en los que no se puede realizar uno de los procedimientos antes descritos o en el que las preferencias del cirujano son distintas se puede hacer uso de técnicas con colgajos, ya sea de avanza o transposición a distancia. Las técnicas pueden llegar a ser demandantes quirúrgicamente hablando y en ocasiones se requiere un adiestramiento especial en microcirugía y un cirujano sumamente hábil que cuente con los instrumentales necesarios.

Considero que en ocasiones el ortopedista o cirujano de mano que maneje este tipo de lesiones puede llegar a proporcionar un manejo un tanto agresivo para ser más resolutivo y evitar complicaciones del manejo de herida. Sin embargo, a veces realizar una amputación de revisión condiciona al paciente a limitaciones funcionales al perder una parte del dedo. Es sumamente importante tomarse el tiempo de hablar con el paciente y plantear las opciones de tratamiento disponibles. Tanto el ortopedista como el paciente deben considerar la mejor opción, tomando en cuenta las demandas físicas del paciente, las características de la lesión y las expectativas del paciente sobre el tratamiento. El ortopedista debe ser claro sobre las



expectativas y necesidades del paciente, debido a que si éstas no se cumplen se puede optar por una segunda opinión.

En ocasiones el ortopedista puede titubear sobre la viabilidad de los tejidos, haciéndolo dudar si es o no candidato a un manejo que preserve el mayor tejido posible. Es por ello por lo que en este estudio se busco correlacionar la termografía infrarroja con la viabilidad de tejidos en lesiones de punta digital. Un tejido viable es un tejido que mantiene una temperatura adecuada. Es por lo que se busca implementar la termografía infrarroja como auxiliar al ortopedista a la toma de decisiones. No solo en la valoración inicial si no de igual manera en las consultas de seguimiento. Esto con el fin de ir monitorizando la viabilidad de los tejidos y documentando un adecuado proceso de remodelación y cicatrización.

El uso de termografía infrarroja para valorar manejo y cicatrización de lesiones digitales es un área poco explorada y a nuestro conocimiento sin estudios previos que lo valoren. La termografía infrarroja es una técnica fácil de usar e implementar. Los nuevos dispositivos portátiles hacen mas fácil su uso en salas de urgencias, consulta y quirófano. El hecho de que se puedan adaptar a dispositivos móviles hace de ésta una tecnología prácticamente al alcance de cualquier médico o departamento hospitalario. La aplicación para dispositivos móviles permite una interpretación casi al instante. Una de las limitantes de la termografía infrarroja es el tiempo de climatización. Durante este tiempo no se debe manipular la extremidad lesionada.

## **LIMITACIONES Y NUEVAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN:**

### **Limitaciones:**

Durante el estudio se tuvo la limitación de no poder realizar técnicas quirúrgicas complejas, tales como reimplantación o colgajos a distancia. Esta limitante estuvo relacionada con la limitante de recursos tanto humanos como de materiales requeridos para realizar estas técnicas de microcirugía.

Considero que la termografía infrarroja es un auxiliar diagnostico poderoso y fácil de usar. Su uso en lesiones digitales puede ser amplio. Puede ayudar al ortopedista a optar por un manejo menos agresivo y que permita preservar el mayor tejido posible, de esta manera impactando positivamente la vida del paciente. Permitiendo preservar la función de la mano afectada. Aun no se cuenta con la suficiente información para poder implementar el uso de tomografía con

medidas estandarizadas y valores absolutos para poder determinar que tejidos son o no viables.

## **CONCLUSIONES:**

Los cambios de temperatura en los tejidos secundario a una lesión pueden ser valorados mediante termografía infrarroja. Estos cambios se pueden traducir en viabilidad de tejidos. Un tejido que presenta una temperatura similar a la del tejido sano del mismo paciente puede ser una medida de referencia a al momento de tomar decisiones sobre el tratamiento de lesiones digitales.

Diferencias muy marcadas de temperatura entre el tejido lesionado y el tejido sano puede usarse como un auxiliar al momento del manejo de las lesiones de punta digital. No se debe de menospreciar los objetivos el tratamiento como preservar la anatomía y función, tratar de mantener la longitud, así como dejar una adecuada interfaz para la manipulación de objetos. Los 3 pacientes que presentaron una diferencia mayor a 3 grados entre el tejido sano y tejido lesionado representan menos del 10% de los pacientes valorados, por lo que no se cuenta con evidencia robusta para poder decir que una diferencia mayor de 3.6°C entre el tejido lesionado y tejido sano es indicativo de amputación de revisión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Dirección de Salud en el Trabajo. Anuario estadístico de Salud en el Trabajo. México: IMSS; 2001.
2. Roldán VML, Zavala MA, Reyna LÁ, Barrios M, González R, Rojas AF, et al. Guía clínica para la atención de lesiones traumáticas de la mano. :15.
3. Fassler PR. Fingertip Injuries: Evaluation and Treatment: J Am Acad Orthop Surg. marzo de 1996;4(2):84-92.
4. Zook EG. Anatomy and physiology of the perionychium. Clin Anat. enero de 2003;16(1):1-8.
5. Mancini F, Sambo CF, Ramirez JD, Bennett DLH, Haggard P, Iannetti GD. A Fovea for Pain at the Fingertips. Curr Biol. marzo de 2013;23(6):496-500.
6. Tamai S. Twenty years' experience of limb replantation—Review of 293 upper extremity replants. J Hand Surg. noviembre de 1982;7(6):549-56.
7. Allen MJ. Conservative Management of Finger Tip Injuries in Adults. Hand. octubre de 1980;os-12(3):257-65.
8. Martin-Playa P, Foo A. Approach to Fingertip Injuries. Clin Plast Surg. julio de 2019;46(3):275-83.
9. Shi Q, Sinden K, MacDermid JC, Walton D, Grewal R. A systematic review of prognostic factors for return to work following work-related traumatic hand injury. J Hand Ther. enero de 2014;27(1):55-62.
10. Martos TA. las lesiones de la mano en urgencias. :10.
11. Torres Fuentes CE, Hernández Beltrán JA, Castañeda Hernandez DA. Manejo inicial de las lesiones de punta de dedo: guía de tratamiento basado en la experiencia en el hospital san José (91 casos). Rev Fac Med. 9 de febrero de 2015;62(3):355-62.
12. Tang JB, Elliot D, Adani R, Saint-Cyr M, Stang F. Repair and Reconstruction of Thumb and Finger Tip Injuries. Clin Plast Surg. julio de 2014;41(3):325-59.
13. Lee DH, Mignemi ME, Crosby SN. Fingertip Injuries: An Update on Management. J Am Acad Orthop Surg. 2013;21(12):11.
14. . Mennen U, Wiese A. Fingertip injuries management with semi-occlusive dressing. J Hand Surg Br. agosto de 1993;18(4):416-22.
15. Lee LP, Lau PY, Chan CW. A SIMPLE AND EFFICIENT TREATMENT FOR FINGERTIP INJURIES. FINGERTIP Inj. 1995;20(1):9.
16. Rosenthal EA. Treatment of fingertip and nail bed injuries. Orthop Clin North Am. octubre de 1983;14(4):675-97.
17. Hattori Y, Doi K, Ikeda K, Estrella EP. A Retrospective Study of Functional Outcomes After Successful Replantation Versus Amputation Closure for Single Fingertip Amputations. J Hand Surg. mayo de 2006;31(5):811-8.
18. Sebastin SJ, Chung KC. A Systematic Review of the Outcomes of Replantation of Distal Digital Amputation: Plast Reconstr Surg. septiembre de 2011;128(3):723-37.
19. Bickel KD, Dosanjh A. Fingertip Reconstruction. J Hand Surg. octubre de 2008;33(8):1417-9.
20. Jones BF. A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. IEEE Trans Med Imaging. diciembre de 1998;17(6):1019-27.
21. Schneiders AG, Sullivan SJ, Hendrick PA, Hones BDGM, McMaster AR, Sugden BA,

- et al. The Ability of Clinical Tests to Diagnose Stress Fractures: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1 de septiembre de 2012;42(9):760-71.
22. Sanchis-Sánchez E, Salvador-Palmer R, Codoñer-Franch P, Martín J, Vergara-Hernández C, Blasco J, et al. Infrared thermography is useful for ruling out fractures in paediatric emergencies. *Eur J Pediatr.* abril de 2015;174(4):493-9.
23. Vardasca R, Ring F, Plassmann P, Jone C. Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects. 2012;9.
24. Kolosovas-Machuca ES, González FJ. Distribution of skin temperature in Mexican children. *Skin Res Technol Off J Int Soc Bioeng Skin ISBS Int Soc Digit Imaging Skin ISDIS Int Soc Skin Imaging ISSI.* agosto de 2011;17(3):326-31.
25. Hoffman RM, Kent DL, Deyo RA. Diagnostic accuracy and clinical utility of thermography for lumbar radiculopathy. A meta-analysis. *Spine.* junio de 1991;16(6):623-8.
26. Silva CT, Naveed N, Bokhari S, Baker KE, Staib LH, Ibrahim SM, et al. Early assessment of the efficacy of digital infrared thermal imaging in pediatric extremity trauma. *Emerg Radiol.* junio de 2012;19(3):203-9.
27. Ha NB, Chang AC, Sullivan JS, Leonello DT. Non-operative management of fingertip injuries with an intravenous dressing. *J Wound Care.* 2 de junio de 2015;24(6):276-9.

## **ANEXO 1 (CÁMARA TERMOGRAFICA)**

### **Cámara FLIR ONE**

FLIR System, Wilsonville, OR, 2013

320 x 240 plano focal

Microbolómetro

Rango de espectro 7.5 a 13 mm,

Sensibilidad de 50 mK a 30°C

