



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

**LEVANTAMIENTO DE HUELLAS DE CALZADO
EN TERRENOS BLANDOS CON LA UTILIZACIÓN
DE YESOS MEJORADOS.
UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA AÑO 2024**

**FOOTWEAR IMPRINT LIFTING ON SOFT TERRAINS
USING ENHANCED PLASTERS.
A SYSTEMATIC REVIEW, YEAR 2024**

Jaime Alfonso Guevara Pintado
Instituto Superior Tecnológico Stanford, Ecuador

Anahí Quilligana
Instituto Superior Tecnológico Stanford, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i5.13292

Levantamiento de Huellas de Calzado en Terrenos Blandos con la Utilización de Yesos Mejorados. Una Revisión Sistemática Año 2024

Jaime Alfonso Guevara Pintado¹jguevara@stanford.edu.ec<https://orcid.org/0000-0003-3304-8863>Instituto Superior Tecnológico Stanford
Ecuador**Anahí Quilligana**anhiquilligana@gmail.com<https://orcid.org/0009-0003-8438-1647>Instituto Superior Tecnológico Stanford
Ecuador

RESUMEN

La finalidad de este estudio es analizar la efectividad del levantamiento de huellas de calzado en terrenos blandos utilizando yesos mejorados, a partir de una revisión exhaustiva de la literatura disponible. Para llevar a cabo esta investigación, se aplicó un enfoque cualitativo basado en observaciones detalladas y la revisión sistemática de estudios previos. Inicialmente, se enfatizó la importancia de la observación meticulosa, diferenciando claramente entre ver, mirar y observar, como lo establece la literatura científica, para asegurar la precisión en el levantamiento y análisis de huellas. El diseño del estudio fue narrativo, facilitando una comprensión profunda de la temática y permitiendo la identificación de patrones y avances en el campo. Se revisaron 50 artículos científicos, de los cuales se seleccionaron 22, aplicando criterios rigurosos de selección para asegurar la relevancia y calidad de la información. La metodología inductiva permitió registrar y analizar datos de manera detallada, comenzando desde observaciones generales hasta la identificación de tendencias específicas. Los resultados indican que la integración de yesos mejorados y métodos modernos ha mejorado significativamente la precisión y durabilidad en la recuperación de huellas en terrenos blandos. Las técnicas tradicionales, aunque efectivas, presentan limitaciones en términos de tiempo y manejo, mientras que los nuevos materiales y tecnologías permiten superar estos desafíos. La continua innovación en métodos y materiales es crucial para optimizar las investigaciones forenses, proporcionando datos más precisos y confiables para la resolución de casos criminales.

Palabras clave: huellas de zapatos, yeso mejorado, crímenes

¹ Autor principal.

Correspondencia: jguevara@stanford.edu.ec

Footwear Imprint Lifting on Soft Terrains Using Enhanced Plasters. A Systematic Review, Year 2024

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the effectiveness of removing shoe prints on soft terrain using improved casts, based on an exhaustive review of the available literature. To carry out this research, a qualitative approach was applied based on detailed observations and the systematic review of previous studies. Initially, the importance of meticulous observation was emphasized, clearly differentiating between seeing, looking and observing, as established by scientific literature, to ensure precision in the survey and analysis of footprints. The study design was narrative, facilitating a deep understanding of the topic and allowing the identification of patterns and advances in the field. 50 scientific articles were reviewed, of which 22 were selected, applying rigorous selection criteria to ensure the relevance and quality of the information. The inductive methodology allowed data to be recorded and analyzed in detail, starting from general observations to the identification of specific trends. The results indicate that the integration of improved casts and modern methods has significantly improved the accuracy and durability of footprint recovery in soft terrain. Traditional techniques, although effective, present limitations in terms of time and handling, while new materials and technologies allow these challenges to be overcome. Continued innovation in methods and materials is crucial to optimizing forensic investigations, providing more accurate and reliable data for solving criminal cases.

Keywords : shoe prints, improved plaster, crimes

Artículo recibido 17 agosto 2024

Aceptado para publicación: 23 septiembre 2024



INTRODUCCIÓN

Una huella es cualquier marca presente en la escena del crimen o relacionada con ella, y suele ser invisible a simple vista. Las pisadas pueden ser rastros de zapatos o la marca directa del pie en el suelo. Estas se generan a partir de la interacción entre el pie y el terreno, y permiten identificar diversas características del sospechoso, como su altura, peso, índice de masa corporal, sexo y edad. En el ámbito de las ciencias forenses, se clasifican en estáticas, que son las marcas dejadas mientras la persona está de pie, y dinámicas, que se producen cuando el sujeto está en movimiento (Mukhra et al., 2021).

A nivel mundial, la Oficina de las Naciones Unidas Contra las Drogas y el Delito [UNODC] (2009) planteó que las HC son una evidencia crucial para el esclarecimiento de delitos como homicidios y hurtos. Estas permiten vincular a los sospechosos con la escena del crimen, proporcionando detalles sobre la presencia y movimientos de los individuos. Además, su análisis puede revelar información importante sobre las características del zapato, como el tipo, tamaño y desgaste, así como características físicas del sospechoso, como su peso y forma de caminar. La identificación y comparación de estas contribuyen significativamente a la reconstrucción de los eventos y a la resolución de casos criminales. Se ha investigado la identificación personal destacando de manera específica que las impresiones del calzado también proporcionan información valiosa sobre el tipo y características del zapato. Estas ofrecen datos sobre el número de autores, actividades y movimientos durante el delito (Lloret y Formieles, 2023).

En Latinoamérica, se ha podido determinar la importancia del levantamiento de los indicios físicos como son las HC. Al respecto Uribe y Ibáñez (2020) señalaron que las impresiones son causadas por el contacto de la suela del calzado con una superficie. Pueden encontrarse de forma latente o visible, y se revelan y recolectan de diferentes maneras. Si las impresiones son suficientemente completas, se buscan identificar las características de origen y clase del calzado que las produjo. Posteriormente, se observan particularidades como desgastes, alteraciones transitorias y daños accidentales por uso, que permiten individualizar la pisada del individuo que las dejó.



Uno de los materiales que se han empleado para la obtención de HC es el Yeso especialmente el dental, este se ha utilizado en construcción, escultura y procesos odontológicos, es un mineral compuesto de sulfato de calcio, extraído de minas o reservas naturales en forma de alabastro, una piedra caliza translúcida hidratada por la acción de las lluvias. La calcinación de este produce el Y dental, donde los bloques son calentados para eliminar el agua y formar el principal componente que es sulfato de calcio hemihidratado. Este proceso varía ligeramente y sufre varias transformaciones entre 20 y 1000 °C y es estable en un rango de temperatura de 45 a 90 °C, manteniéndose estable en condiciones secas a temperatura ambiente (Escobar y Mayta, 2024).

Ahora bien, innovación en la composición de los Y mejorado ha permitido que estos materiales presenten una mayor capacidad de penetración en terrenos blandos, sin alterar la estructura de la huella, caracterizándose por su rápida graduación, alta resolución en la captura de detalles y resistencia a la deformación durante el proceso de secado. La adición de polímeros y otros compuestos ha sido clave para optimizar su rendimiento, a su vez con la implementación de una cámara de secado que se ha diseñado específicamente para este propósito, se pretende tener un control preciso de la humedad y la temperatura para acelerar el secado del Y, sin comprometer la fidelidad de la huella capturada.

La combinación de Y mejorado y la cámara de secado revolucionaría el levantamiento de HC en terrenos blandos con la optimización de tiempo en el fraguado del Y, estas innovaciones ofrecen a los investigadores forenses herramientas más eficaces para la recolección de evidencia, aumentando significativamente la probabilidad de identificación de sospechosos y la resolución exitosa de casos. No obstante, hay limitaciones en torno a publicaciones con esta temática.

En el contexto ecuatoriano, la adopción de estas técnicas avanzadas de levantamiento de huellas se ha visto reducidas y poco aplicadas, aunque se reconoce el potencial de estos avances, su implementación práctica enfrenta desafíos únicos, incluyendo la necesidad de adaptación tecnológica y formación especializada de los profesionales forenses. Al respecto Maldonado (2022) señaló que el uso de las marcas dejadas por el calzado al igual que las de otro tipo, deben ser recopiladas y conservadas cuidadosamente siguiendo los protocolos adecuados.



A diferencia de otras técnicas forenses que requieren la visibilidad directa de huellas, como la dactiloscopia, quiróscopia, pelmatoscopía, queiloscopía, y otoscopía, las marcas dejadas por el calzado ofrecen una ventaja única, no pueden ser fácilmente ocultadas. La simple acción de usar guantes elimina la posibilidad de dejar huellas dactilares o palmares, pero el rastro dejado por el calzado permanece como una evidencia tangible y difícil de enmascarar, así lo confirman Mamun et al., (2019) al señalar que la marca del calzado es una prueba crucial en la investigación. Las empresas de calzado fabrican sus productos con diseños personalizados, lo que resulta en diferencias de tamaño y forma con calidad única. Las dimensiones del pie son esenciales para establecer la identidad individual y combinar las características del diseño del calzado.

De igual manera, es posible prevenir que los labios y orejas toquen alguna superficie durante la comisión de un delito. Sin embargo, es un hecho que ningún delincuente puede evitar el contacto de sus pies con el suelo o superficies blandas, dejando inevitablemente HC, presente en una escena del crimen lo que constituye una evidencia que proporciona detalles explicativos del suceso, al igual que las huellas que deja, indicando la presencia de una persona en el lugar del delito (Cabrera, 2022); (Stephens et al., 2020). Esto puede facilitar la identificación del individuo y su relación con el crimen a menos que acceda al lugar descalzo. En tales situaciones, la pelmatoscopía se convierte en una herramienta útil.

Las HC pueden ser meticulosamente examinadas a través de técnicas de modelado forense, las cuales no demandan un equipo sofisticado ni el uso de sustancias químicas de difícil acceso. Por el contrario, se trata de un método de campo que se caracteriza por su facilidad de implementación, garantizando la preservación, el transporte seguro y la custodia adecuada de la evidencia recolectada. En torno a ello, Mathur et al. (2022) estimaron que las características observadas en la impresión de la escena del crimen se comparan con las de una impresión de control del zapato conocido mediante comparación lado a lado y superpuesta. Las características de clase, que incluyen tamaño, forma, diseño y molde, provienen del proceso de fabricación, mientras que las características individuales, como cortes, grietas y daños únicos, resultan de marcas de desgaste y alteran la forma y orientación de la suela.

La creciente inseguridad ciudadana constituye un desafío crucial para la sociedad, y es imperativo que instituciones académicas como el Instituto Universitario Stanford, se involucren activamente en la búsqueda de soluciones a las problemáticas sociales emergentes. En este contexto, se destaca la



importancia de esta investigación como una avanzada metodología forense. Su aplicación efectiva representa una estrategia fundamental para contribuir a la identificación y reconstrucción de eventos delictivos (Mukhra et al., 2021).

A partir de lo planteado en párrafos anteriores, se consideró pertinente realizar este estudio donde se parte de la siguiente interrogante ¿Cuál es la efectividad del uso del Y mejorado en el levantamiento de HC en terrenos blandos? Lo que conlleva a plantear como finalidad de Analizar la efectividad del levantamiento de HC en terrenos blandos con la proporción de los Y mejorados a partir de la revisión de la literatura. Para ello, se consideraron algunos antecedentes relacionados con las categorías apriorísticas de este estudio, que se presentan a continuación: Huellas, Huellas de Calzado, Terrenos blandos, Yeso Mejorado.

Las huellas según (Speir et al., 2016; Bodziak, 2017, citados en Machencha et al. (2023) son una de las evidencias físicas forenses más comunes y analizadas después de las huellas dactilares y el ADN. Por su parte Singh (2021) las denomina como impresiones (incluyen Incluye huellas dactilares, calzado, impresión de pie descalzo, marcas de herramientas, impresiones de tela, neumáticos marcas y marcas de mordeduras). Estas huellas son cruciales en las ciencias forenses porque permiten reconstruir eventos, vincular sospechosos a una escena del crimen y proporcionar información vital para la investigación y resolución de casos. Se trata de cualquier marca encontrada en la escena del crimen o asociada a ella, y generalmente es invisible.

Las pisadas pueden ser el rastro de zapatos o la marca del pie directamente en el suelo, formadas por la interacción entre el pie y el suelo, y permiten identificar características del sospechoso como altura, peso, índice de masa corporal, sexo y edad. En forense, las pisadas se dividen en estáticas, que son las huellas de una persona mientras está de pie, y dinámicas, que se producen cuando el sujeto está en movimiento.

Pastor (1916, citado en (Galiana, 2022); Larsen y Bennet (2021) señalaron que el examen metódico de huellas en el terreno es esencial para la investigación, ya que proporciona numerosos elementos probatorios para la identificación. Si el pie estaba calzado, el análisis de la marca puede revelar el tamaño del zapato, la disposición y distancia de los clavos, así como la forma de pisar. Si la pisada está en una superficie dura, se puede comparar con la del sospechoso haciéndolo pisar sobre un papel con



colorante y luego en un papel en blanco, o pisar con el pie húmedo y revelar la impresión con plumbagina. En superficies blandas como tierra o arena, debe modelarse usando una solución de ácido esteárico. Calentando la huella con una parrilla de carbones encendidos y un fuelle, se vierte estearina que penetra en todos los huecos. Una vez enfriado el molde, se llena con una lechada de escayola, obteniendo así la impresión del pie descalzo o calzado.

Hay que mencionar que la investigación sobre el levantamiento de huellas de calzado (HC) en terrenos blandos ha experimentado avances significativos gracias a la introducción de yeso (Y) mejorado. Estos desarrollos tecnológicos representan un salto cualitativo en las técnicas forenses, permitiendo una captura más precisa y fiable de evidencia crucial en escenas del crimen. Los estudios teóricos y aplicados en diversos países han demostrado la eficacia de estos métodos en la mejora de la calidad de las huellas recolectadas, reduciendo el riesgo de deterioro o alteración durante el proceso de secado.

Ahora bien, para realizar el levantamiento de HC es necesario referir que se trata de trazología forense que se encarga del estudio de las HC así como de neumáticos de vehículos motorizados, comparándolas con elementos de referencia proporcionados para el análisis (Barría, 2019). No obstante, ejecutar esta acción en terrenos blandos representa un desafío significativo en las ciencias forenses, lo que es crucial para la resolución de crímenes. Tradicionalmente, este proceso ha enfrentado limitaciones debido a la dificultad de preservar la integridad de la huella en superficies blandas o no consolidadas, sin embargo, el moldeado de Y mejorados y la implementación de una cámara de secado específicas marcaría un avance significativo en este proceso.

En atención al uso del Y para el levantamiento de HC Petraco et al. (2016, citados en Machencha et al. (2023) plantearon que entre los materiales convencionales para las impresiones de pisadas se encuentran el Y de París, la cera de parafina, el Y dental, el azufre y otras sustancias.

El vaciado tradicional de HC se realiza con Y de París, que proporciona buenos resultados. Sin embargo, este material presenta algunos inconvenientes: es difícil de desprender del molde y su consistencia porosa puede llevar a la formación de burbujas en la impresión, lo que puede afectar la precisión del molde obtenido.

Por otra parte, Roque (2017) recomienda incluir las condiciones climatológicas como variable, ya que influyen en la formación de la huella y el tiempo de fraguado para cada clima y la proporción óptima

de Y, solvente y el peso de la persona que genera la marca. También se recomienda experimentar con otros tipos de Y comerciales para evaluar sus beneficios respecto al Y cerámico en términos de fraguado, costos y facilidad de preparación en el campo. Además, se debe socializar la utilidad del tipo cerámico en investigaciones criminales, crear una base de datos de suelas de calzado asociadas a marcas, y consultar software para la comparación automatizada de huellas, moldes y suelas.

La Policía Nacional del Perú, señala en el Manual de Criminalística (2006) que las HC se encuentran comúnmente en tierra blanda y arena. Para capturarlas, se crea un molde de Y, aislándolas previamente si es necesario, y se fotografía con una referencia métrica. En los moldes resultantes, se pueden observar deformaciones debido al uso, así como desgastes laterales y posteriores del calzado, además de las características particulares de las suelas.

En relación con el levantamiento de huellas en suelos blandos, Cabrera (2022) expuso que las marcas dejadas en este tipo de terrenos están determinadas por la fuerza o presión ejercida por la persona que cometió el delito. Este fenómeno se conoce como impronta. La intensidad de la presión aplicada al caminar o pisar en terrenos blandos, como tierra o arena, influye en la profundidad y claridad de las marcas que quedan impresas en el suelo.

Roque (2017), citado en Cabrera (2022) describió el procedimiento que consideró pertinente para levantar huellas, señalando que se aplica goma laca con un pincel, en caso de no disponer se utiliza aceite de ricino. Luego, se vierte Y líquido sobre la huella para barnizarla. Con goma laca, se debe esperar aproximadamente media hora para que se seque; con aceite de ricino, no es necesario esperar. Se prepara una mezcla de Y escayola y agua, batiéndola hasta obtener una consistencia pastosa, y se aplica sobre la huella. Para darle firmeza al molde al levantarlo, se utilizan trozos de madera o alambre y se usa una brocha para limpiar la tierra adherida.

Ahora bien, la problemática específica en el levantamiento de HC en terrenos blandos se manifiesta en las limitaciones de los métodos convencionales, que frecuentemente resultan en la pérdida de evidencias vitales debido a la deformación o contaminación de las huellas. Esta situación tiene profundas consecuencias para la investigación criminal, desde la dilación en la resolución de casos hasta la posible absolución de sospechosos por falta de pruebas contundentes. La introducción de Ys mejorados y el uso de una cámara de secado prometen mitigar estos problemas, aunque su efectividad real aún requiere



una evaluación detallada en el contexto operativo local.

Wu et al. (2022) plantearon que, en el ámbito forense, se están utilizando cada vez más métodos automáticos para la recuperación de huellas de zapatos. En el estudio que ejecutaron centraron su análisis en tres fases principales: el preprocesamiento de la imagen de la huella, la extracción de características de la imagen, y la puntuación de clasificación y medición de similitud de características. Donde se empleó la imagen como base primordial. Lo que sugiere que para el levantamiento de HC es necesario realizar fotografías previas.

El uso del colado con Yeso de París y Escayola dental tiene sus detractores, por ejemplo, Abdul et al. (2024) manifestaron que esta es una técnica estándar en la recuperación de huellas de calzado, que se aplica tanto en la escena del crimen como en el laboratorio, cuyo proceso puede durar entre 30 y 40 minutos, dependiendo de las condiciones del sustrato. Una vez en el laboratorio, se requiere un tiempo de secado de aproximadamente 48 horas, seguido de la limpieza del molde antes del análisis. Sin embargo, estos son materiales rígidos y tienden a ser voluminosos y frágiles (Larsen et al., 2021). Su proceso de secado es largo y la eficacia del molde puede verse afectada por las condiciones ambientales en la escena del crimen. Por ello Larsen et al. han manifestado que hacer este levantamiento de impresión de huellas resulta un verdadero desafío, dado las limitaciones que se presentan. Lo que no hay que perder de vista es la importancia de los aportes o datos que pueden facilitar. Aunque los moldes hechos con estos materiales suelen ser quebradizos y pueden romperse durante su levantamiento o transporte al laboratorio. Además, la técnica a menudo requiere calentar y derretir jabón con aparatos calefactores, lo que puede ser inconveniente en el lugar del crimen.

Por su parte Muhammad y Bashir (2023) especificaron que las huellas se dividen en dos grupos básicos: bidimensionales que se generan cuando la suela del zapato toca superficies duras y planas, como linóleo o encimeras, dejando marcas visibles llamadas "impresiones positivas", como huellas de sangre o barro húmedo. Menos frecuentemente, se producen impresiones negativas al raspar el material residual, resultando en huellas latentes que son invisibles a simple vista y se encuentran en superficies como arena o cera suave.

Las tridimensionales, se descubren en materiales plásticos blandos como nieve o arena. En la escena del crimen, se toman fotografías iniciales para preservar el registro y, si es posible, se utilizan piedra



dental y yeso de París para crear moldes tridimensionales de las huellas. Estos autores resaltaron que dentro de los métodos utilizados el levantamiento con Yeso de París resultaba idóneo para ejecutar la acción.

En torno al uso de los yesos mejorados, cabe destacar que su principal componente es el hemihidrato α , yeso para troqueles o yeso mejorado, es más resistente y duro al mezclarse con agua en comparación con el hemihidrato β . Esto se debe principalmente requiere menos agua para mezclarse. Las partículas del hemihidrato β , por su forma irregular y mayor porosidad, absorben más agua. Además, la distribución del tamaño de las partículas también influye en la cantidad de agua necesaria. La pulverización de las partículas del hemihidrato α elimina los cristales afilados y mejora sus características de empaquetado, reduciendo así la cantidad de agua requerida (Escobar y Mayta, 2024); (Carrillo, 2022).

Shrivastavaa, et al. (2021) usaron esta técnica en suelos húmedos, tomaron muestra sobre barro seco y con bultos para evaluar si se podía obtener una impresión adecuada en un suelo irregular. La respuesta fue afirmativa; se logró obtener una impresión precisa y detallada. Además, el yeso no se vio afectado por la textura desigual del barro y el molde se desprendió fácilmente, manteniendo su precisión. No obstante, estos procedimientos pueden ser experimentados y comprobados a futuro.

Para finalizar es relevante recordar que cuando se localice una huella de calzado en el lugar de los hechos, siguiendo las técnicas criminalísticas, primero se realiza la protección con la finalidad de preservarla, que no se vaya a contaminar o destruir, esto se puede realizar con una estructura rectangular de lámina, madera o cartón.

METODOLOGÍA

Para la ejecución de este estudio se siguió una serie de pasos que se describen a continuación: en primera instancia se aplicó la técnica de la observación producto de la experiencia profesional de los investigadores en las áreas correspondientes, a tal efecto se enfatiza lo planteado por Moreno (2020) al escribir que hay una diferencia notoria entre lo que se conoce como ver, mirar y observar aun cuando estos se consideran a menudo sinónimos que describen una percepción sensorial similar, utilizables indistintamente en el lenguaje cotidiano, pero tienen significados muy distintos cuando se aplican en el campo de la ciencia. En lo que respecta a la investigación criminalística, nada es más crucial que



distinguir con total claridad la importancia primordial de la observación, ya que representa un análisis detallado y meticuloso, a través del cual es posible hacer deducciones precisas.

La observación meticulosa en cada etapa del estudio permitió asegurar la precisión en el levantamiento, la preservación y el análisis de las huellas de calzado en terrenos blandos, lo que resultó en datos confiables y útiles para fines forenses. En este caso cada uno de los investigadores fue realizando aportes correspondientes a partir de las experiencias profesionales de cada uno.

Posteriormente se realizó el planteamiento de una interrogante, que conjuntamente con la elección del enfoque cualitativo, facilitó la elección del método a emplear. Cabe destacar que los pasos siguientes guardaron relación con lo expuesto por Hernández y Mendoza (2023) al mencionar que desde allí se estudian los fenómenos sistemáticamente comenzando con la observación directa de los hechos y la revisión de estudios previos, en lugar de verificar una teoría preexistente.

El diseño seleccionado fue el narrativo, dado que facilitó la comprensión de la temática abordada o de sus categorías apriorísticas. Posteriormente se ejecutó la revisión de la literatura y mediante una Matriz, se registraron los estudios consultados, para ello se debe señalar que la revisión fue de 50 artículos y se aplicaron algunos criterios de selección, entre los que están: investigaciones asociadas con alguna de las categorías, relevantes y con la debida rigurosidad científica.

El método empleado en concordancia con lo expuesto por Hernández y Mendoza (2023) partió de lo inductivo que de acuerdo a los autores precitados va de lo general a lo particular. La recolección de la información incluyó el acopio o registro de los estudios seleccionados de acuerdo a los criterios mencionados con anterioridad. Es necesario referir que en este caso los documentos resultan valiosos, para el entendimiento del contexto general.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta la tabla 1 con los estudios revisados en la consulta sistemática. Estos conformaron un total de 22 que fueron debidamente registrados. En la matriz de revisión sistemática. Con la finalidad de poder efectuar un análisis en función de las categorías de esta investigación.

Tabla 1 Matriz de revisión Sistemática

Autor (es) Año	Tema	Conclusiones
Abdul <i>et al.</i> (2024)	Forensic Investigation to Retrieve 3D Shoe Impression: A Review.	Manifestaron que el uso de Yeso de París y Escayola dental para colar huellas de calzado presenta ventajas y desafíos. Aunque estas técnicas son estándar y efectivas, su aplicación requiere entre 30 y 40 minutos en la escena del crimen y un tiempo de secado de aproximadamente 48 horas en el laboratorio. Estos materiales, aunque rígidos, son voluminosos y frágiles, lo que puede llevar a que los moldes se rompan durante el transporte. Además, la necesidad de calentar y derretir jabón puede ser impráctica en la escena del crimen.
Askhara <i>et al.</i> (2022)	Diferent merhods of footprint casting: A case study	El examen, basado en las impresiones fotografiadas y moldeadas del diseño de calzado, dimensiones y desgaste, concluyó que los zapatos analizados compartían un diseño y patrón similares. Las huellas en la escena del crimen coincidían con la disposición de los diseños en ambos vehículos. Además, el lado derecho hacia afuera de las huellas es poco común en otros zapatos de diseño y talla específicos. No se encontraron características individuales debido al uso extensivo en grava o césped y a las pocas marcas distintivas en los zapatos.
Barría (2019)	La prueba pericial como elemento probatorio en el proceso penal acusatorio de la República de Panamá.	La prueba pericial es fundamental en la mayoría de los casos y suele ser solicitada por el Ministerio Público, que cuenta con el apoyo del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Aunque estos organismos actúan como auxiliares mutuos, sus dictámenes periciales son confiables y respetados por su objetividad profesional por parte de los sujetos procesales que intervienen en el ámbito judicial.
Cabrera (2022)	Investigación criminal y su eficacia para descubrir el delito de hurto pecuario en Alanje	Los procedimientos de investigación para los delitos pecuarios se adaptan a las condiciones del lugar donde ocurrieron. Estos incluyen métodos de investigación criminalística, como fotografía, recolección de huellas dactilares, levantamiento de huellas de neumáticos y calzado, pruebas de ADN y análisis de prendas.

Carrillo (2022)	Influencia del tipo de marca comercial de yesos tipo IV sobre su grado de dureza, Trujillo, 2018	El yeso tipo IV Moldastone de la marca Kulzer se destacó por su alta resistencia a la compresión, lo que indica que puede soportar grandes fuerzas sin deformarse ni romperse, siendo ideal para aplicaciones que requieren estabilidad y durabilidad. Por otro lado, Moldarock, también de la marca Kulzer, obtuvo la mayor dureza de superficie, lo que significa que es más resistente a rayones, desgaste y otros daños superficiales. Esto lo hace adecuado para situaciones donde la superficie del yeso necesita mantener su integridad y precisión durante el uso o manipulación. Cabe destacar que ambos son yesos mejorados.
Escobar y Mayta (2024)	Diferencia entre la preparación manual y mezcla al vacío del yeso dental tipo II, III y IV Huancayo 2023.	Aunque el estudio no se vincula directamente con criminalística, se hace mención de la composición del yeso, que es el que principalmente se usa para el levantamiento de huellas de calzado.
Galiana (2022)	Historia y Evolución de la Criminalística en la Guardia Civil	Este estudio ha buscado destacar el papel de la Guardia Civil, que ha demostrado una constante dedicación a estar a la vanguardia de la investigación, a pesar de la falta de recursos y las condiciones precarias a lo largo de su historia. Además de profundizar y disfrutar en el conocimiento de los antecedentes históricos y la situación actual de la Guardia Civil en relación con los métodos de investigación y criminalística, dentro de los que se incluyen levantamiento de HC.
Larsen <i>et al.</i> (2021)	Technological innovation in the recovery and analysis of 3D forensic footwear evidence: Structure from motion (SfM) photogrammetry	Recuperar impresiones tridimensionales de calzado en la escena del crimen es desafiante pero valioso para la investigación. Los métodos convencionales de emisión de impresiones en 3D tienen limitaciones: el rastro a menudo se destruye durante la captura, el proceso es prolongado y puede fallar, y el molde resultante es grande y complicado de compartir y almacenar.

Larsen & Bennet (2021)	Recovering of 3D footwear impressions from sandy substrates: technical note on the contribution of SfM photogrammetry.	En las escenas del crimen, es frecuente encontrar marcas tridimensionales de calzado, especialmente en superficies de sustratos arenosos secos, como caminos, cunetas de carreteras y basurales. Los sustratos sueltos, como la arena fina, pueden conservar detalles significativos de las huellas, lo que permite una comparación más precisa de las características de desgaste y uso del calzado. Esto va más allá de la mera observación de las características de clase del calzado (como el diseño y el tamaño general) y posibilita un análisis detallado de las marcas, reflejando el uso específico y el desgaste del calzado, proporcionando información valiosa para la investigación.
Lloret y Formieles (2023)	Estimación de la talla a partir de la longitud de la Huella del pie.	Se han desarrollado modelos de regresión lineal para estimar la estatura a partir de la longitud de la huella plantar tanto en hombres como en mujeres. Estos modelos proporcionan una herramienta útil para determinar la altura de una persona de forma fácil, rápida y precisa, basándose únicamente en las huellas de sus pies.
López (2023)	Análisis forense de la contemporaneidad en HC	Consideran que el levantamiento de HC afronta algunas limitaciones, relacionadas con el suelo.
Maldonado (2022)	Inaplicabilidad de los indicios por su inconsistencia de métodos y técnica en el lugar del hecho y la realidad de custodia en materia de tránsito	Destacó la importancia de recopilar y conservar cuidadosamente las marcas dejadas por el calzado, al igual que otros tipos de huellas, siguiendo protocolos adecuados. Esto garantiza que las evidencias sean manejadas de manera precisa y segura, manteniendo su integridad para su posterior análisis forense y uso en investigaciones criminales.
Machencha <i>et al.</i> (2023).	Materiales y métodos de impresión odontológicas se utilizan en ciencias forenses para identificación de huellas/pisadas. Revisión temática	El material de impresión odontológica más utilizado para obtener huellas y pisadas con fines forenses es el alginato, debido a que es simple y eficaz, y puede prepararse y aplicarse fácilmente en la escena del crimen. Además, el uso de escáneres 3D está ganando popularidad porque permite obtener detalles igual de precisos o mejores que los de un modelo físico de manera más rápida. Los sistemas de imágenes 3D no solo son invaluable para la comparación de huellas, sino que también son una herramienta importante para la investigación.

Mamun <i>et al.</i> (2019)	A Survey on Matching of Shoeprint with. Reference Footwear in Forensic Study	En el estado actual de la comparación de HC con zapatos de referencia en estudios forenses, muchos investigadores solo describen las etapas preliminares del método de emparejamiento; algunos discuten ciertos problemas, y otros proponen sistemas para comparar imágenes sin utilizar algoritmos adecuados de mejora o extracción de características. Como resultado, ninguno de estos enfoques produce resultados perfectos.
Mukhra <i>et al.</i> (2021)	The contact area of static and dynamic footprints: Forensic implications	Se ha encontrado que la medición del área de contacto dinámica de una huella es precisa para clasificar y estimar el sexo del individuo a partir de la huella. Este hallazgo tiene importantes implicaciones para el análisis de huellas recuperadas en la escena del crimen.
Muhamma d & Bashir (2023)	The detection and identification of footprint impressions at the scene of crime – A mini review	La evidencia forense de huellas incluye marcas de neumáticos, derrapes y huellas de animales. Aunque los métodos de recolección varían, tanto los detalles específicos como los patrones generales son útiles para la identificación. Los enfoques modernos incluyen técnicas holográficas, electrostáticas y de silicona, donde uno de los materiales usado es el yeso.
Policía Nacional del Perú (2006)	Manual de Criminalística	Elaboraron un manual donde conceptualizan y describen diferentes aspectos claves en el levantamiento de pruebas de delitos, entre ellos mencionaron las HC y los procedimientos a seguir.
Roque (2017)	Validación del yeso cerámico como modelador forense en HC	Recomienda incluir las condiciones del clima como variable, especificar el peso de la persona que genera la huella y experimentar con otros tipos de Y comerciales para evaluar sus beneficios respecto al Y cerámico. Además, se debe socializar la utilidad del Y cerámico en investigaciones criminales, crear una base de datos de suelas de calzado asociadas a marcas y utilizar software para la comparación automatizada de huellas, moldes y suelas.

Stephens, <i>et al.</i> (2020).	Assessing the quality of footwear marks recovered from simulated graves	Las marcas de calzado son una de las evidencias más comunes en las escenas del crimen, ya que pueden ofrecer información crucial sobre el lugar del delito y posibles sospechosos. Se ha establecido que es posible recuperar huellas de calzado de manera efectiva.
Singh (2021)	Crime Scene Investigation	Planteó la importancia de que los investigadores documenten la escena del crimen mediante fotografías, bocetos y notas. Antes de recolectar evidencia, para realizar una investigación preliminar para observar la escena tal como la dejó el delincuente. La búsqueda de evidencia física debe ser exhaustiva y sistemática, y el patrón de búsqueda varía según el tamaño del lugar y el número de recolectores. La evidencia puede incluir desde objetos grandes hasta huellas microscópicas, muchas de las cuales son claramente visibles.
Shrivasta vaa, <i>et al.</i> (2021)	Casting of Track Impressions Using Glue Gun Stick or HMA	Las impresiones de calzado y las marcas de neumáticos se han capturado tradicionalmente usando yeso de París, que es quebradizo y requiere mucho tiempo para secar. Sin embargo, implementaron un método eficiente utilizando adhesivo termofusible, el cual solo necesita una fuente de calor para derretirse, como una estufa de gas. Este material se vierte sobre la impresión, produciendo resultados claros y detallados, incluso mostrando el número de la suela del calzado. Además, el adhesivo termofusible se seca mucho más rápido, es más duradero y significativamente más asequible que el POP, demostrando ser una opción superior para la fundición de impresiones tridimensionales.
Wu et al. (2022)	Crime Scene Shoeprint Image Retrieval: A Review	En este estudio, se revisan y clasifican los métodos de recuperación de huellas de zapatos según las técnicas de extracción de características descritas en la literatura. Se comparan métodos de emparejamiento y rendimiento para entender mejor los enfoques existentes. El estudio también presenta conjuntos de datos de huellas de zapatos disponibles públicamente, facilitando a los investigadores la selección del conjunto adecuado y la realización de comparaciones justas. Se destaca la falta de conjuntos de datos de escenas del crimen reales y se analizan los desafíos actuales y las posibles direcciones futuras de investigación.

Nota: Elaboración propia



Las huellas de calzado son una de las formas de evidencia más comunes y valiosas en la escena del crimen, proporcionando información crucial sobre los eventos que ocurrieron y posibles sospechosos (Stephens et al. (2020); (Abdul et al. (2024) reconocen que las técnicas tradicionales de colado con yeso de París y escayola dental son efectivas, pero presentan desafíos, como el tiempo de secado prolongado y la fragilidad del molde, lo que puede dificultar su transporte. Además, Askhara et al., (2022) enfatizan la utilidad de las huellas de calzado en la identificación, a través de la comparación de patrones de desgaste y diseño, aunque el desgaste en terrenos como grava o césped puede limitar la detección de características individuales.

El desarrollo de métodos más modernos para la recuperación y análisis de huellas, como la fotogrametría ha demostrado ser prometedor, proporcionando detalles precisos y una mejor preservación de la evidencia (Larsen et al. (2021) estos avances permiten una comparación más detallada de las características de desgaste y uso del calzado, facilitando la identificación de los individuos involucrados (Larsen y Bennet, 2021).

La recuperación de huellas en terrenos blandos, como arena o barro, presenta algunas situaciones relacionadas con la textura y consistencia de estos sustratos que pueden afectar la calidad de la impresión y la precisión de los detalles capturados (Shrivastavaa, et al., 2021). Sin embargo, las huellas en estos terrenos pueden contener información valiosa sobre el movimiento y las características del calzado, siempre que se empleen técnicas adecuadas de recuperación y análisis (Larsen y Bennet, 2021). Abdul et al., (2024) mencionan que el colado con yeso de París en terrenos secos e irregulares puede ser exitoso si se maneja adecuadamente, logrando capturar detalles finos de las huellas. Este hallazgo es respaldado por estudios como el de Wu et al. (2022) que enfatiza la importancia de técnicas precisas para la recuperación de huellas en diferentes tipos de sustratos.

El uso de yesos mejorados, como el tipo IV Moldastone y Moldarock de la marca Kulzer, ha demostrado ventajas significativas en la resistencia y durabilidad de los moldes (Carrillo, 2022). Estos materiales, comparados con el yeso de París tradicional, ofrecen mayor resistencia a la compresión y dureza superficial, lo que los hace más adecuados para aplicaciones forenses donde la estabilidad y la precisión son críticas.

La implementación de adhesivo termofusible como alternativa al yeso de París ha mostrado ser efectiva



para la recuperación de huellas tridimensionales (Shrivastavaa, et al., (2021). Este método, que solo requiere una fuente de calor para derretir el adhesivo, produce resultados claros y detallados en menos tiempo y con mayor durabilidad que el yeso de París. Además, es una opción más económica, lo que lo convierte en una solución práctica y eficiente para la criminalística.

La integración de métodos modernos y materiales mejorados en la recuperación de huellas de calzado ha demostrado avances significativos en la precisión y durabilidad de las evidencias forenses. Los estudios revisados destacan la importancia de adaptar las técnicas tradicionales y adoptar nuevas tecnologías para superar los desafíos presentados por diferentes tipos de terrenos y condiciones de la escena del crimen. La continua innovación en este campo es esencial para mejorar la eficiencia y eficacia de las investigaciones criminalísticas, garantizando la obtención de datos precisos y confiables para la identificación de sospechosos y la resolución de casos.

CONCLUSIONES

El análisis de la efectividad del levantamiento de HC en terrenos blandos con la proporción de los Y mejorados a partir de la revisión de la literatura, arroja como resultado que el levantamiento de huellas de calzado en terrenos blandos utilizando yesos mejorados ha demostrado ser significativamente más efectivo en términos de resistencia y durabilidad. Los yesos como Moldastone y Moldarock ofrecen una alta resistencia a la compresión y dureza superficial, lo que permite mantener la integridad y precisión de las huellas recuperadas. Estos materiales son menos propensos a romperse durante el transporte y capturan detalles más finos en comparación con el yeso de París tradicional.

Por otro lado, el uso de adhesivo termofusible para la recuperación de huellas tridimensionales ha mostrado ser una técnica práctica y eficiente. Este método produce impresiones claras y detalladas, se seca rápidamente y es más duradero que el yeso de París.

Además, tiene la capacidad de capturar detalles finos incluso en suelas de calzado complejas, siendo también una opción más económica. En conjunto, estos materiales y técnicas mejoradas optimizan la recolección y análisis de evidencia forense en terrenos blandos, mejorando la precisión y confiabilidad de los resultados.



Se concluye que es posible emplear los yesos mejorados para el levantamiento de huellas, sin embargo, este estudio es una revisión que debe ser complementada con la experimentación. Por ello no se puede declarar concluyente, ante ello se sugiere profundizar en los planteamientos realizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abdul, M., Hani, I., Ahmad, S., Muzamir, M., Abdul, U., & Mohamed, M. (2024). Forensic Investigation to Retrieve 3D Shoe Impression: A Review. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*(37), 104-112. Obtenido de https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/applied_sciences_eng_tech/article/view/4934/3497
- Askhara, M., Kumari, S., & Sharma, M. (2022). Diferent merhods of footprint casting: A case study. *Gap Indian Journal*, III(II), 57-60. Obtenido de [https://www.gapijfs.org/res/articles/\(57-60\)%20DIFFERENT%20METHODS%20OF%20FOOTPRINT%20CASTING%20A%20CASE%20STUDY.pdf](https://www.gapijfs.org/res/articles/(57-60)%20DIFFERENT%20METHODS%20OF%20FOOTPRINT%20CASTING%20A%20CASE%20STUDY.pdf)
- Barría, G. (2019). La prueba pericial como elemento probatorio en el proceso penal acusatorio de la República de Panamá. *CATHEDRA*, 8(11), 36-52. Obtenido de <https://repositorio.umecit.edu.pa/server/api/core/bitstreams/42221251-ab55-4ba4-ae4-080c2dba4c05/content>
- Cabrera, E. (2022). Investigación criminal y su eficacia para descubrir el delito de hurto pecuario en Alanje. Repositorio UDELAS. Obtenido de http://168.77.210.164/bitstream/handle/123456789/1215/Cabrera_Salda%c3%b1a_Estefany_Lisbeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carrillo, E. (2022). Estudio comparativo de resistencia a la comprensión entre los yesos de tipo IV GC Fujirock EP premium Zhermack Elite Rock. Repositorio UQ. Obtenido de <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/8409/1/RI007499.pdf>
- Escobar, K., & Mayta, L. (2024). Diferencia entre la preparación manual y mezcla al vacío del yeso dental tipo II, III y IV Huancayo 2023. Repositorio UC. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14367/2/IV_FCS_503_TE_Escobar_Mayta_2024.pdf



- Galiana, I. (2022). Historia y evolución de la criminalística en la guardia civil. Repositorio UMH. Obtenido de <https://dspace.umh.es/bitstream/11000/28255/1/TFG%20EVOUCION%20DE%20LA%20CRIMINALISTICA%20EN%20LA%20GUARDIA%20CIVIL.%20Israel%20Clemente%20Galiana.pdf>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2023). Metodología de la investigación (2° ed.). McGraw-Hill Interamericana S.A.
- Larsen, H., Budka, M., & Nennett, M. (2021). Technological innovation in the recovery and analysis of 3D forensic footwear evidence: Structure from motion (SfM) photogrammetry. *Science & Justice*, 61(4), 356-368. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1355030621000447?via%3Dihub>
- Larsen, J., & Bennet, M. (2021). Recovering of 3D footwear impressions from sandy substrates: technical note on the contribution of SfM photogrammetry. *Faculty of Science & Technology*(1), 1-31. Obtenido de https://eprints.bournemouth.ac.uk/35684/1/Recovering%20of%203D%20footwear%20impressions%20from%20sandy%20substrates_technical%20note%20on%20the%20contribution%20of%20SfM%20photogrammetry.pdf
- Lloret, R., & Fornieles, L. (2023). Estimación de la talla a partir de la longitud de la huella del pie. *Boletín Galego de Medicina Legal e Forense*(33), 9-19. Obtenido de <https://agmf.es/az/boletin33ESTIMACI%C3%93N%20DE%20LA%20TALLA%20A%20PARTIR%20DE%20LA%20LONGITUD%20DE%20LA%20HUELLEA%20DEL%20PIE.pdf>
- López, O. (2023). Análisis forense de la contemporaneidad en huellas de calzado. *Cuadernos de la Guardia Civil*, 70, 83-106. Obtenido de <https://biblioteca.guardiacivil.es/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=f14119ad36894318bfc8f97e8e06bfb7>
- Machencha, L., Quiñones, A., Salazar, A., & Villamarín, A. (2023). Materiales y métodos odontológicos usados en la ciencia forense para la identificación de las huellas de pisadas. *Revisión temática*. Repositorio UB. Obtenido de <https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/03344d41-f43b-45be-aa8b->



[ca26e250188c/content](#)

- Maldonado, E. (2022). Inaplicabilidad de los indicios por su inconsistencia de métodos y técnica en el lugar del hecho y la realidad de custodia en materia de tránsito. Repositorio UNIANDES. Obtenido de <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/15243/1/UB-DER-PDI-008-2022.pdf>
- Mamun, M. A., Morium, A., & Mohammad, U. (2019). A Survey on Matching of Shoeprint with Reference Footwear in Forensic Study. Journal of(7), 19-26. Obtenido de https://www.scirp.org/pdf/JCC_2019090314510717.pdf
- Moreno, L. (2020). La observación: procedimiento fundamental de la investigación criminalística. Criminalia, LXXXVIII, 965-977. Obtenido de <https://www.criminalia.com.mx/index.php/nueva-epoca/article/download/125/134/392#:~:text=O%20bien%2C%20la%20observaci%C3%B3n%20criminal%C3%ADstica,el%20hecho%20que%20se%20investiga.>
- Muhammad, H., & Bashir, K. (2023). The detection and identification of footprint impressions at the scene of crime – A mini review. Archives, 1(1), 11- 16. doi: <https://doi.org/10.56770/fi2023113>
- Mukhra, R., Krishan, K., Nirenberg, M., Ansert, E., & Kanchan, T. (2021). The contact area of static and dynamic footprints: Forensic implications footprints: Forensic implications. Science & Justice, 61(2), 187-192. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2020.10.003>
- Oficina de las Naciones Unidas Contra las Drogas y el Delito [UNODC]. (2009). La escena del delito y las pruebas materiales Sensibilización del personal no forense sobre su importancia. Naciones Unidas. Obtenido de https://www.unodc.org/documents/scientific/Crime_scene_Ebook.Sp.pdf
- Policía Nacional del Perú. (2006). Manual de Criminalística (1° ed.). JMD. Obtenido de <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/17445.pdf>
- Roque, L. (2017). Validación del Yeso cerámico como modelador forense en huellas de calzado. Repositorio UPNW. Obtenido de <https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/1609/TITULO%20-%20-%20Roque%20Morales%2c%20Leopoldo%20Frank.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Shrivastavaa, K., Nishad, P., Sharma, A., & Tripathi, A. (2021). Casting of Track Impressions Using



- Glue Gun Stick or HMA. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 8(2), 855-863. Obtenido de <https://www.ijrpr.com/uploads/V2ISSUE8/IJRPR1061.pdf>
- Singh, H. (2021). Crime Scene Investigation. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 10(11), 642-648. doi:DOI: 10.21275/SR211112005543
- Stephens, M., Errikson, D., Giles, S., & Ringrose, T. (2020). Assessing the quality of footwear marks recovered from simulated graves. *Science & Justice*, 60(6), 512-521. doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1355030619302564>
- Uribe, K., & Ibañez, H. (2020). Guía de actuaciones en delitos contra la fauna silvestre (1º ed.). Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Hernan-Ibanez/publication/363320506_Guia_de_actuaciones_en_delitos_contra_la_fauna_silvestre/links/6317d17d61e4553b956dd976/Guia-de-actuaciones-en-delitos-contra-la-fauna-silvestre.pdf
- Wu, Y., Dong, X., Shi, G., Zhang, X., & Congzhe, C. (2022). Crime Scene Shoeprint Image Retrieval: A Review. *Electronics*(11), 1-15. doi: <https://doi.org/10.3390/electronics11162487>

