



SABER, arte y técnica

Minerva. Saber, arte y técnica

AÑO VI • VOL. 1 • JUNIO 2022-DICIEMBRE 2022

Dossier Documentoscopia

ISSN en línea 2545-6245

ISSN impreso 2591-3840

Determinación SOBRE EL ASENTAMIENTO de cruce de trazos*

FRANCISCO ELÍAS BARTOLO SÁNCHEZ**

Corporativo de Servicios de Investigación,
Protección de Documentos y Ciencias Forenses,
México

franciscoeliasbs@gmail.com

RECIBIDO: 20 de abril de 2022

ACEPTADO: 25 de mayo de 2022

Resumen Uno de los casos más recurrentes en materia de documentoscopia es poder determinar cuando existe un agregado en un documento o si un elemento gráfico ha sido colocado antes o después de otro. Se da el caso, entonces, de una superposición de líneas de los mencionados elementos gráficos. La solución pareciera tan sencilla como someterla a revisión con una lente de aumento para saber cuál de las líneas está por encima o por debajo, pero no es tan fácil de definir, porque una tinta, que no tiene una opacidad al cien por ciento, no cubre plenamente a la otra y permite verla a través de ella. Esto imposibilita definir cuál de las dos fue realizada de forma primigenia y cuál de forma secundaria. Por lo que en este artículo se realizará una revisión de varios métodos y técnicas encaminados a resolver esta problemática, considerando la diversidad de la casuística pericial que abarca tanto cruces de trazos homogéneos como heterogéneos; con aplicaciones que van de la microscopía óptica y la digitalización de imágenes, hasta equipos sofisticados como el Microscopio de Barrido Electrónico (MBE), el Espectrómetro Infrarrojo de Transformada de Fourier, los equipos de análisis multiespectral o la Espectroscopía Raman, realizando una valoración de la viabilidad y eficacia en sus resultados, y haciendo una propuesta alterna de confiabilidad probada.

Palabras clave cruce de trazos; huellas de asentamiento; antigüedad relativa; interpolación directa

Determination of the Lines Crossing Sequence

Abstract One of the most recurrent cases in the area of forensic document analysis (documentoscopy) is to be able to determine when there is an addition in a document or if a graphic element has been placed before or after another. We have then the case of a superposition of lines of the mentioned graphic elements. The solution seems as simple as submitting it to the revision with a magnifying glass to know which of the lines is above or below; however in reality is not so easy to define, because some ink, which does not have hundred percent of opacity, does not fully cover the other and allows it to be seen through it. This makes it impossible to define which of the two was carried out primarily and which secondarily. Therefore, in this article, a review of the different methods and techniques aimed at solving this problem will be carried out, considering the diversity of the expert casuistry that includes both homogeneous and heterogeneous lines crossing; with applications ranging from optical microscopy and image digitization, to sophisticated equipment such as the Scanning Electron Microscope (SEM), the Fourier Transform Infrared Spectrometer, multispectral analysis equipment or Raman Spectroscopy, carrying out an assessment of the viability and effectiveness of its results. , and making an alternative proposal of proven reliability.

Keywords lines crossing; traces of settlement; relative antiquity; direct interpolation

Introducción Uno de los casos más solicitados en el trabajo cotidiano del perito en documentos es el estudio de cruce de trazos para determinar si un escrito o impreso se encuentra encima o por debajo de otro. En ese tenor, se pueden dar tres modalidades de cruces de trazos, los directos (Figura N°1), cuando una línea atraviesa plenamente a otra, los tangenciales (Figura N°2), cuando una línea atraviesa parcialmente a otra o los indirectos (Figura N° 3), cuando aparentemente no existe cruce de trazos, pero pequeñas partículas del sistema impresor se esparcen a lo largo del trazo escrito. Eso es por la intensidad del cruce de trazos, pero en cuanto al tipo y variedad de cruces, estos pueden ser homogéneos, cuando se trata de trazos producidos por útiles impresores similares o sistemas de impresión del mismo tipo; y cruces de trazos heterogéneos, cuando los útiles escritores son de diferente tecnología o cuando se da el cruce de trazos de un útil escritor con un impreso (Cuadro N° 1).



Figura N° 1. Cruce de trazos directo o pleno. Fuente propia.



Figura N° 2. Cruce de trazos tangenciales. Fuente propia.



Figura N° 3. Cruce de trazos indirecto. Fuente propia.

Tinta del útil escritor con carbón (copia)
Tinta de útil escritor con tinta de sello
Tinta de útil escritor con grafito
Tinta de útil escritor con cera
Tinta de útil escritor con tóner
Tinta de útil escritor con impreso tradicional
Tinta de útil escritor con impreso digital
Tinta de útil escritor con máquina de escribir

Cuadro N° 1. Cruces de trazos heterogéneos. Fuente propia.

Como podemos advertir, entonces, la diversidad de modalidades de cruces de trazos es extensa y, por ende, no puede tener una solución única. Por ello, realizamos una investigación documental referente a los diversos trabajos encaminados a la resolución de las diversas modalidades de cruces de trazos, para después realizar una propuesta metodológica, basada en un trabajo de investigación que nos permita resolver, de manera confiable, al menos los principales tipos de cruces de trazos, o los que más se solicita en la práctica forense de la especialidad documentoscópica.

Trabajos de investigación relacionados con la resolución de la determinación del orden de asentamiento del cruce de trazos

La Universidad Nacional del Nordeste, a través de su unidad de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, realizó el trabajo de investigación denominado "Secuencia de asentamiento de elementos escritores bolígrafos, de similar cromaticidad mediante microscopía y tratamiento digitalizado de imágenes" (Ojeda *et al.*, 2003), en el cual utilizó los siguientes materiales:

1. Soporte: papel color blanco con gramaje de 80 g/m².
2. Bolígrafos de diferentes marcas y características.
3. Lupa simple con aumento 3x.
4. Luz exterior halógena de 6v/20w.
5. Das MaskroskopLeica DMC- 40 a 80x.
6. Lumagny: Lightedmicroscope de 60 a 100 x.
7. Metalizador Denton Desk II.
8. Microscopio de Barrido Electrónico (MBE); JEOL, J SM-5800LV, ScanningMicroscope.
9. Computador personal, Pentium II; 32 Mb de memoria RAM.
10. Software Corel-Photopaint 9 o Photoshop 5.
11. Software Pixera, Viewfinder. Versión 2.0.

El método que utilizaron consistió en preparar 50 muestras con papel blanco, con diferentes elementos escritores de color similar, para luego combinar trazos con diversos elementos escritores de tintas: grasos-grasos, grasos-fluidas, grasos-gel, gel-grasos, fluida-gel. Se documentó el orden en que fueron asentados y si se realizaron en el mismo acto o con diferencias de uno y dos días y con presión variable. Se observaron las muestras a simple vista, después con microscopio monocular de 60x a 100x; posteriormente se colocaron las muestras en el microscopio comparador que permite digitalizar las imágenes utilizando iluminación halógena exterior incidente por reflexión a 60°; para después obtener imágenes digitales a 40X, en formato JPEG de la zona de entrecruzamiento. Finalmente, se analizaron las muestras en forma integral, apreciándose los detalles de los trazos y de la zona de entrecruzamiento, tomando en cuenta las características más sobresalientes, como tinta, brillo, continuidad de bordes, presión del elemento escritor, desplazamiento pigmentario de un trazo sobre otro, apariencia de sobrerrelieve. Se sacaron las conclusiones correspondientes para cada muestra y se tabularon.

Posteriormente, las imágenes fueron sometidas a un tratamiento con el programa Corel Photopaint 9 en efectos 3D, relieve y con un Procesador Pentium II con 32 Mb de memoria RAM, se realizaron pruebas en las 50 imágenes obtenidas con el microscopio comparador a 40x. Se tuvo en cuenta la dirección, profundidad, color de relieve y nivel, a los efectos de obtener en cada imagen la mayor nitidez y calidad posibles. También, se analizaron las muestras con el Microscopio de Barrido Electrónico (MBE), metalizando previamente las muestras en cantidad de 5. En este caso, se obtuvieron imágenes difusas, lo que impidió la diferenciación nítida de la secuencia de asentamiento con diferentes magnificaciones a 50x y a 250x. Las Figuras N° 4, 5 y 6 muestran algunas de las imágenes de este trabajo.



Figura N° 4. Imagen obtenida con microscopio comparador a 40 x. Fuente: Ojeda et al., 2003.



Figura N° 5. Imagen obtenida con MEB previa metalización. Fuente: Ojeda et al., 2003.

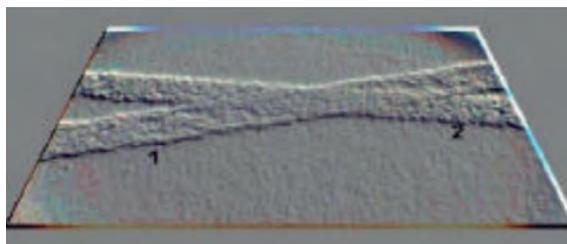


Figura N° 6. Tratamiento digital Photopaint. Fuente: Ojeda et al., 2003.

Las conclusiones del trabajo de Ojeda y otros (2003) fueron las siguientes:

- 1) Observación visual con microscopio a 40x: 68% de certeza.
- 2) Observación con Photopaint 9: 84% de certeza. En este caso, se hizo visible el sobre relieve y la continuidad de los bordes del elemento escritor utilizado para ejecutar el segundo trazo.

La misma Universidad Nacional del Nordeste, a través de su unidad de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, realizó el trabajo de investigación denominado “Análisis de Superposición de trazos de diferentes elementos escritores: Bolígrafos con escrituras de impresoras Ink jet” (Ojeda *et al.*, 2005), en el cual utilizó los siguientes materiales:

1. Soporte papel color blanco con gramaje de 80 g/m².
2. Bolígrafos de tintas pastosas, fluidas y gel.
3. Impresoras Ink Jet (chorro de tinta).
4. Lupa simple con aumento 6x.
5. Das MaskroskopLeica DMC- 40 a 80x.
6. Computador personal, Pentium II; 32 Mb de memoria RAM.
7. Software Corel-Photo Paint 9.
8. Software Pixera, Viewfinder. Versión 2.0.

El método consistió en preparar 160 muestras que combinaron trazos de bolígrafos e impresoras, registrando el orden de asentamiento. Cada muestra se observó a simple vista y con lupa cuenta hilos, luego fueron observadas con microscopio Leica y capturadas en forma digital a través de la pixera Viewfinder, en formato JPG. Luego, se trataron las imágenes con el programa CPP9, en efectos de rotación en 3D y relieve. Al someter las muestras al procesamiento digital se tuvieron en cuenta las mismas condiciones de registro y edición. Algunas de las imágenes obtenidas se ven en las Figuras N° 7 y 8.

Muestras sometidas al programa CPP9, con efectos de rotación en tres dimensiones y relieve con fuente a 90° y profundidad de 100.



Figura N° 7. Determinación de la secuencia de asentamiento. Fuente: Ojeda et al., 2005.

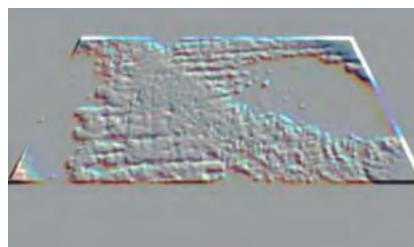


Figura N° 8. Muestra que presentó dificultades en la determinación del orden de ejecución. Fuente: Ojeda et al., 2005.

Las conclusiones del trabajo de Ojeda y otros (2005) fueron las siguientes:

- A. En 120 muestras fue posible identificar el orden de asentamiento (75%).
- B. En 23 muestras se obtuvieron resultados dudosos o con escasos elementos para determinar la secuencia de asentamiento, debido a la pigmentación escasa o abundante de los entrecruzamientos (14.3%).
- C. En 17 imágenes no se pudo indicar alguna secuencia por presentar trazos interrumpidos, con ausencia de pigmentos o empastamientos de los mismos (10.6%).

En lo referente al orden de ejecución de superposición de tintas de bolígrafo, se obtuvo un 87% de aciertos, sobre un total de 100 muestras analizadas. Al aplicar el mismo procedimiento a 60 muestras de entrecruzamientos de bolígrafos y textos mecanografiados, se obtuvo un 80% de certeza en la identificación de la secuencia.

El Instituto de Ciencias Forenses de Budapest, por su parte, publicó el trabajo de investigación denominado "Determinación de la secuencia de cruce de trazos por Espectrómetro Infrarrojo de Transformada de Fourier VERTEX 70", equipado con un microscopio Bruker HYPERION 2000 con un objetivo 20x con reflectancia total atenuada (Gal *et al.*, 2007), el objetivo del trabajo era determinar la secuencia de trazos entre tinta de bolígrafo e impresión de tóner.

La metodología consistió en recolectar espectros mediante un espectrómetro infrarrojo con transformada de Fourier Bruker VERTEX 70 equipado con un microscopio Bruker HYPERION 2000 con un objetivo ATR de 20x, para identificar la región de interés en un documento, el objetivo ATR se utilizó en el modo visual. Durante el análisis infrarrojo, los documentos se pusieron en contacto con la punta de cristal (100 micras de diámetro) de germanio (Ge), después el objetivo ATR se cambió al modo de infrarrojo. Con este enfoque, se recogió solo la información espectral de infrarrojo de la capa de superficie de la muestra a aproximadamente ~ 1/2 nm de profundidad. Todas las mediciones se llevaron a cabo durante 30 segundos a 4 cm⁻¹ de resolución. Se utilizó el software BrukerOptics 'Opus 5.5. para la manipulación de los espectros resultantes. Solo se utilizó tóner negro de impresoras láser y tintas negras de bolígrafo. Las muestras se imprimieron con tres marcas diferentes de impresoras láser y un número de modelos diferentes (2-14) de cada marca. Las muestras manuscritas fueron hechas con tres diferentes bolígrafos de tinta negra. Para la determinación de la secuencia del cruce de trazos, se utilizaron dos tipos de tóner de impresora láser. Las líneas impresas por las dos impresoras cruzaron entre sí o se cruzaron con una línea trazada con tinta de bolígrafo. Las imágenes de los espectros obtenidos se observan en los Gráficos N° 1, 2 y 3.

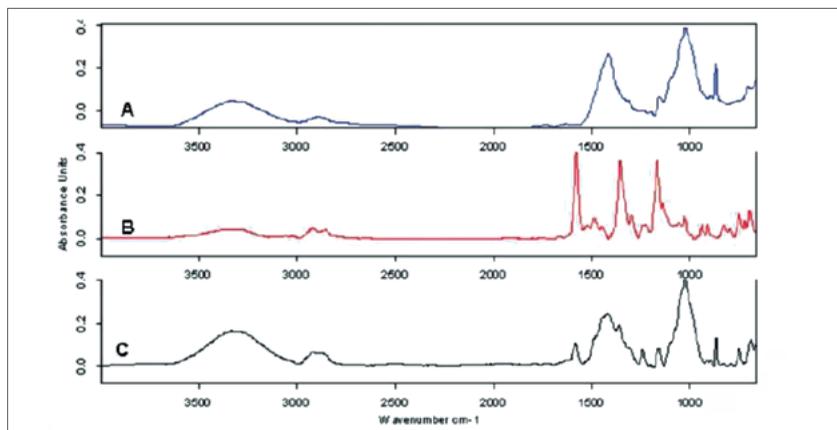


Gráfico N° 1. A) Espectro IR del papel. B) Espectro IR de la tinta de bolígrafo. C) Espectro IR de la tinta del bolígrafo en el papel. Fuente: Gal et al., 2007.

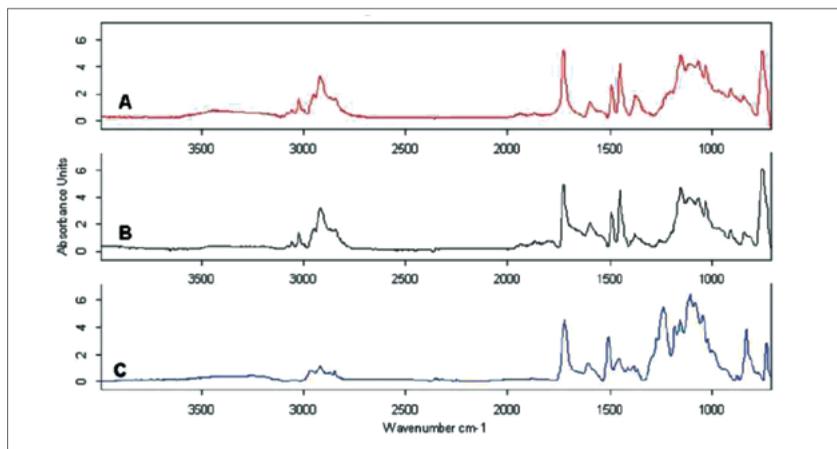


Gráfico N° 2. A) Espectro IR de un punto de cruce cuando los puntos que fueron creados por la impresora I están arriba del texto que fue creado por la impresora II. B) Tóner de la impresora I. C) Tóner de la impresora II. Fuente: Gal et al., 2007.

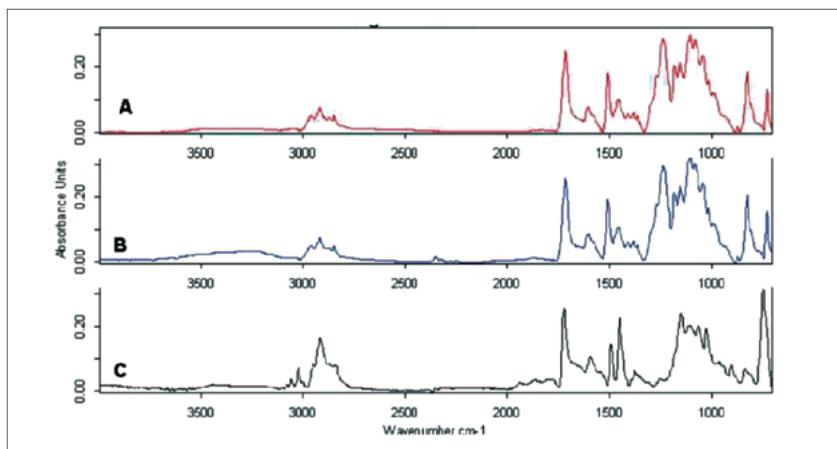


Gráfico N° 3. A) Espectro IR de un punto de cruce cuando los puntos que fueron creados por la impresora II están encima de los puntos que fueron creados por la impresora I. B) Tóner de la impresora II. C) Tóner de la impresora I. Fuente: Gal et al., 2007.

Las conclusiones del trabajo de Gal y otros (2007) fueron las siguientes:

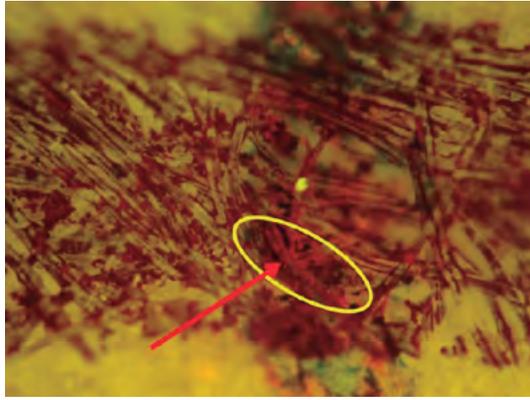
El principal componente del tóner seco negro de las impresoras es una resina de polímero que crea una gruesa capa superficial negra de pocas micras en el papel, la cual puede ser analizada por microscopía FT-IR-ATR sin la remoción de la tinta del sustrato de papel del documento. Con este equipo, se puede obtener el espectro típico del papel con sus bandas características de fibras de celulosa; el espectro del tóner de la impresora donde los picos de la celulosa están ausentes; y el material impreso puede ser investigado *in situ* al hacer contacto la tinta con el cristal ATR y así generar el espectro infrarrojo sin interferencia del papel. Debido a que la profundidad de penetración de la radiación infrarroja para ATR con un cristal de germanio se limita a alrededor de 1/2 nm, la profundidad de análisis es menor que el espesor de la capa impresa. En un documento manuscrito, las tintas líquidas del bolígrafo penetran en las microfibras de papel, de modo que el lado superior de las microfibras de papel está saturado de la tinta del bolígrafo. Por lo tanto, el espectro infrarrojo de esta región del documento revela las características espectrales del papel, así como de la tinta.

En el espectro del documento escrito a mano, los picos de infrarrojos característicos de tinta del bolígrafo se superponen con los de papel. Sin embargo, ya que varias bandas de absorción de la tinta del bolígrafo y del papel están separadas, la caracterización de las tintas del bolígrafo es todavía factible. Por la identificación de la capa superior, se puede determinar la secuencia del cruce de trazos de tóner de impresora o tóner de la impresora y la tinta de bolígrafo. La técnica permite la identificación de diferentes tipos de tóner de impresora y las tintas de bolígrafo por sus huellas químicas. Además, la secuencia de cruces de trazos se puede determinar mediante la medición de la capa de superficie en el punto de cruce de los trazos de los documentos.

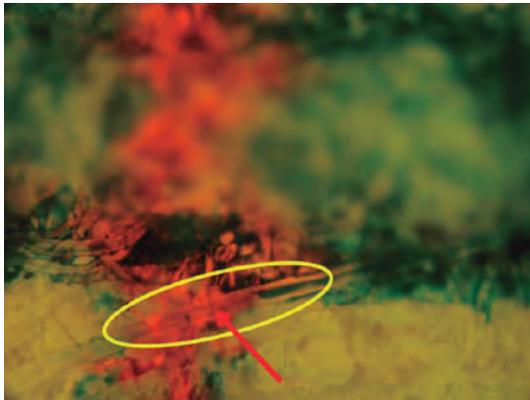
En la "IX Conferencia Internacional en NDT de Arte", en Jerusalén, Israel, se presentó el trabajo denominado "Determinación de la secuencia de cruce de trazos usando microscopía de fluorescencia" (Rosengarten *et al.*, 2008), el cual pretendía determinar la secuencia de cruce de trazos entre tinta de bolígrafo e impresora de inyección de tintas.

En este método, los cruces de trazos se produjeron en papel normal. Se utilizaron tres impresoras HP (G85, 3325, 920C) y cinco bolígrafos (numerados del 1 al 5) para producir los cruces de trazos. Los cruces de trazos se examinaron con un microscopio Olympus BX60 con dos conjuntos de filtros: filtro de excitación a 420-440 o 460-490 nm y filtro de corte de emisión a 475 o 515 nm, respectivamente. Las fotografías se tomaron con un aumento de 200x. Para determinar la secuencia de cruce de trazos, se eligió una sola fibra que contiene los dos tipos de tintas.

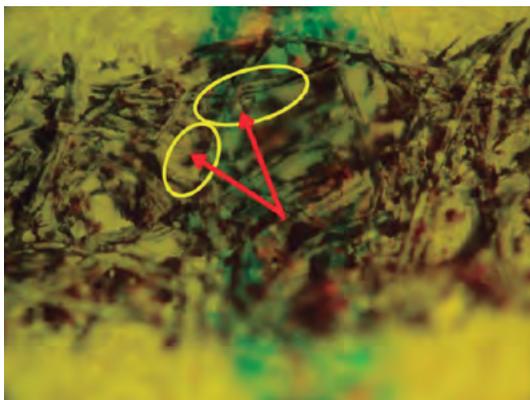
Todos los tipos de tinta de impresora fluorescieron en las condiciones del experimento. La tinta de uno de los bolígrafos fluoresció con uno de los filtros seleccionados. Puesto que el color de la fluorescencia de la tinta de bolígrafo fue diferente al de la tinta de la impresora, se pudo distinguir, y la secuencia del cruce de sus trazos se pudo determinar. Una vez que se ha logrado la separación por medio de fluorescencia, el problema de la determinación de la secuencia del cruce de trazos se reduce a la identificación de los dos colores en la misma fibra, y el ajuste del enfoque resuelve el problema. Las Figuras N° 9, 10 y 11 muestran las imágenes que resultaron de la aplicación de este método (Rosengarten *et al.*, 2008).



*Figura N° 9. La tinta de bolígrafo está por encima de la tinta de la impresora.
Fuente: Rosengarten et al., 2008.*



*Figura N° 10. La tinta de bolígrafo está por encima de la tinta de la impresora.
Fuente: Rosengarten et al., 2008.*



*Figura N° 11. La tinta de bolígrafo está por debajo de la tinta de la impresora.
Fuente: Rosengarten et al., 2008.*

Se concluyó en este trabajo de 2008 que la determinación de la secuencia de cruce de trazos mediante la microscopía de fluorescencia es un método no destructivo muy simple, que es barato y rápido. La principal limitación del método es la necesidad de tintas fluorescentes. Una solución completa al problema de cruce de trazos es una combinación de todos los métodos disponibles (SEM, AFM, FTIR, microscopía de fluorescencia y perfilometría láser).

Como se puede apreciar en los trabajos presentados, cada uno tiene su rango de asertividad, aplicación particular y complejidad técnica y tecnológica, ahora presentaré propuestas para la determinación del asentamiento de cruce de trazos “útil escritor-tóner”, “útil escritor-impresión inkjet”, “bolígrafo-bolígrafo” y una propuesta de mejora en la adquisición de imágenes del cruce de trazos indirectos “bolígrafo-tóner”

Investigación para la determinación del asentamiento de cruce de trazos

En este trabajo de investigación, se seleccionaron cuatro procedimientos diferentes para la determinación del asentamiento del cruce de trazos, que corresponden a los siguientes criterios: procedimientos no destructivos, que requieren una fácil interpretación de resultados, que los equipos no sean muy costosos y que los procedimientos no sean muy complejos.

TÉCNICAS ESCOGIDAS

1^{er} Método: Toma oblicua de la muestra (55°) con microscopio industrial, con iluminación halógena perpendicular a la muestra, directa o refleja.

2º Método: Toma perpendicular de la muestra con microscopio metalográfico invertido, con iluminación halógena episcópica.

3^{er} Método: Toma perpendicular de la muestra con microscopio digital 2D, con fuente de iluminación halógena episcópica.

4º Método: Toma perpendicular de la muestra con cámara sensible al infrarrojo, Filtros IR entre los 700 y 1000 nm, con fuente de radiación IR (luz halógena de 50 watts o más) en posición rasante, perpendicular al trazo a observar (Método de eliminación de pigmentos por radiación infrarroja o MEPRI).

MATERIAL UTILIZADO

a) Útiles escritores:

- 1) Lápiz Paper Mate Mirado 033 # 2
- 2) Press-Gel PensZhigi g-1135, Tinta gel Fluida color negro, 0.5 mm
- 3) Press-Gel PensZhigi g-1135, Tinta gel Fluida color azul, 0.5 mm
- 4) Bolígrafo Punta Ball 1.0 mm, Tinta base aceite color negro
- 5) Bolígrafo Punta Ball 1.0 mm, Tinta base aceite color negro
- 6) Bolígrafo BIC L-F-25, Punta Ball 1.0 mm, Tinta base aceite color azul
- 7) Bolígrafo BIC H-G-11, Punta Ball 1.0 mm, Tinta base aceite color negra

- b) Papel Bon 75 gr/m²
- c) Impresoras:
 - 1) Impresora Láser Samsung Xpress M2022
 - 2) Impresora InkjetBrother DCP-T510W

Se pidió a un tercero, ajeno a la prueba, que realizara ocho firmas, colocadas de manera aleatoria en una hoja de papel bond blanco de 75 gr/m², enseguida imprimiera el texto “PRUEBA CRUCE” repetido en toda la hoja donde se encontraban previamente estampadas las firmas. Una vez realizado esto, sacó una fotocopia para tenerla como testigo de las firmas que quedaron debajo de los textos impresos, para después llenar los huecos que quedaron entre las firmas con otras ocho firmas, que ahora quedarían por encima de los textos impresos; esto se realizó con cada una de las impresoras y con cada uno de los útiles escritores, para después proporcionarnos las muestras para poner a prueba los Métodos seleccionados. La Figura N° 12 muestra una fotografía de cómo quedaron un par de esas muestras.

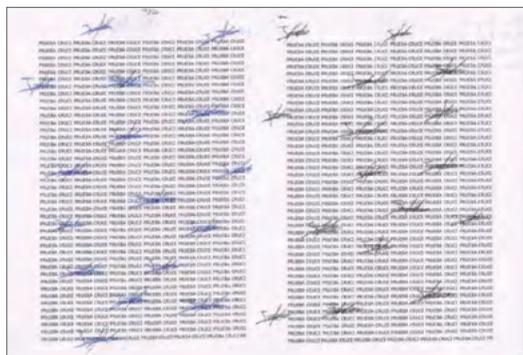


Figura N° 12. Muestras ciegas que contienen firmas que están por encima y por debajo de los textos impresos, distribuidas de forma aleatoria. Fuente propia.

PRIMER MÉTODO Y RESULTADOS

Se aplicó el primer proceso bajo el esquema señalado en la Figura N° 13.

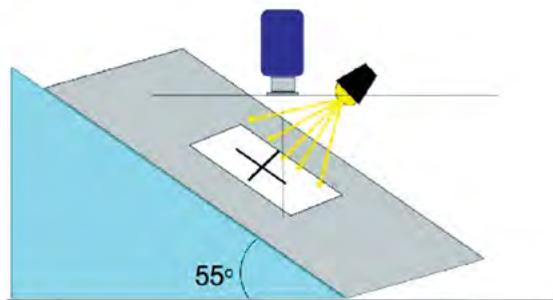


Figura N° 13. Esquema de la posición del documento con respecto de la cámara e iluminante. Fuente propia.

Con este método, lo que se busca es poder sacar el brillo rojizo de las tintas (independientemente de su color), que permita observar claramente si se encuentra por debajo o por encima del impreso, para lo cual se debe considerar: si el brillo rojizo de la tinta del bolígrafo permanece continuo, se encuentra por arriba del impreso; si se interrumpe al llegar al impreso, se encuentra por debajo del impreso. Para el caso del lápiz, es lo mismo, solo que su brillo no es rojizo, sino grisáceo, lo mismo que en algunos bolígrafos de gel. Al someter las muestras a este procedimiento, el porcentaje de resultados certeros fue del 100%, las Figuras N° 14, 15 y 16 muestran algunas de las imágenes obtenidas con este método.



Figura N° 14. Fotografía a 40x donde se observa la continuidad del brillo rojizo de la tinta oleosa del bolígrafo, lo que indica que se encuentra por encima del impreso. Fuente propia.

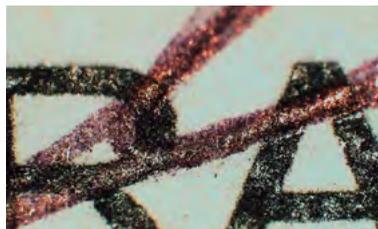


Figura N° 15. Fotografía a 200x donde se observa la continuidad del brillo rojizo de la tinta oleosa del bolígrafo, lo que indica que se encuentra por encima del impreso. Fuente propia.



Figura N° 16. Fotografías a 200x donde se observa que el brillo rojizo de la tinta oleosa del bolígrafo se corta al hacer contacto con el impreso, lo que indica que se encuentra por debajo del impreso. Fuente propia.



Figura N° 17. Fotografía a 40x donde se observa que el trazo de la tinta gel del bolígrafo se interrumpe al llegar al impreso, lo que indica que se encuentra por debajo del impreso. Fuente propia.



Figura N° 18. Fotografía a 40x donde se observa que el trazo de la tinta gel del bolígrafo al llegar al impreso se torna rojizo, lo que indica que se encuentra por encima del impreso. Fuente propia.



Figura N° 19. Fotografías a 40x donde se observa que el brillo de la tinta gel del bolígrafo se interrumpe al llegar al impreso, lo que indica que se encuentra por debajo del impreso. Fuente propia.



Figura N° 20. Fotografías a 40x donde se observa que el brillo de la tinta gel del bolígrafo no se interrumpe al llegar al impreso, lo que indica que se encuentra por arriba del impreso. Fuente propia.



Figura N° 21. Fotografías a 40x en la que se observa que el brillo del lápiz se interrumpe al llegar al impreso, lo que indica que se encuentra por debajo del impreso. Fuente propia.



Figura N° 22. Fotografías a 40x en la que se observa que el brillo del trazo del lápiz al llegar al impreso continúa, lo que indica que se encuentra por encima del impreso. Fuente propia.

SEGUNDO MÉTODO Y RESULTADOS

Se realizaron tomas perpendiculares de las muestras con microscopio metalográfico invertido (Figura N° 23), con iluminación halógena episcópica.



Figura N° 23. Microscopio metalográfico invertido con magnificaciones de 50x a 600x. Fuente propia.

Con este método, igual que en el anterior, lo que se busca es poder sacar el brillo rojizo de las tintas (independientemente de su color), que permita observar claramente si se encuentra por debajo o por encima del impreso, con la ventaja de que las magnificaciones que permite este instrumento, no dejan lugar a duda de la secuencia del cruce de trazos, mostrando si la tinta se derrama o no por encima del impreso. Al someter las muestras a este procedimiento, el porcentaje de resultados certeros fue del 100%, aquí algunas de las imágenes obtenidas con este método (Figura N°24, Figura N°25, Figura N°26, Figura N°27, Figura N°28, Figura N°29, Figura N°30, Figura N°31, Figura N°32 y Figura N°33)

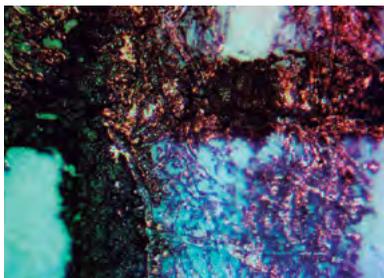


Figura N° 24. Fotografía tomada a 200x, donde se observa la continuidad del brillo rojizo de la tinta oleosa del bolígrafo, lo que indica que se encuentra por encima del impreso. Fuente propia.

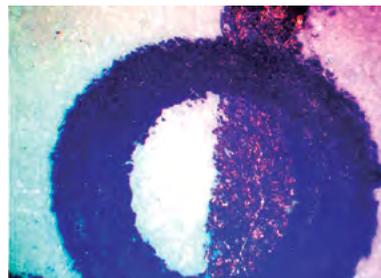


Figura N° 25. Fotografía tomada a 50x, donde se observa que el brillo de la tinta se corta al llegar al impreso, lo que indica que se encuentra por debajo del impreso. Fuente propia.

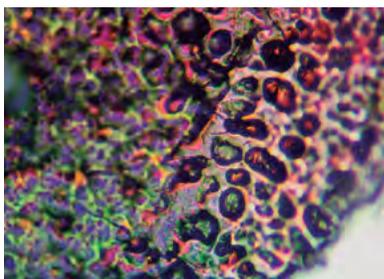


Figura N° 26. Fotografía tomada a 400x donde se observa el brillo rojizo de la tinta oleosa del bolígrafo por encima de las partículas de tóner. Fuente propia.

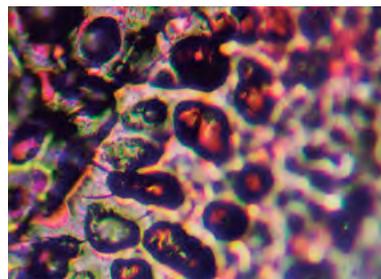


Figura N° 27. Fotografía a 600x donde se observa el brillo rojizo de la tinta oleosa del bolígrafo por encima de las partículas de tóner. Fuente propia.

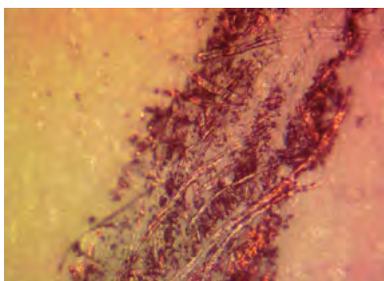


Figura N° 28. Fotografía tomada a 200x donde se observan pequeñas partículas de tóner. Fuente propia.

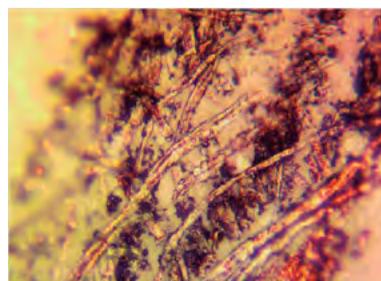
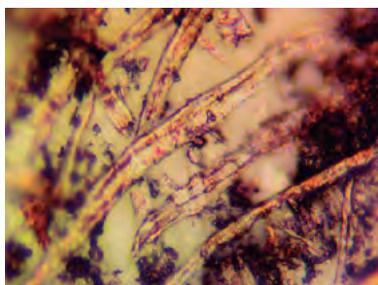
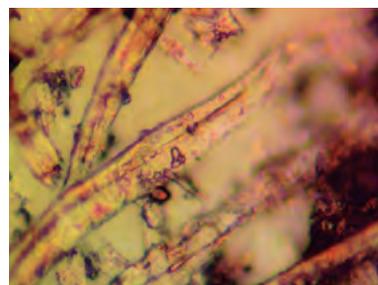


Figura N° 29. Fotografía tomada a 300x donde se observan pequeñas partículas de tóner. Fuente propia.



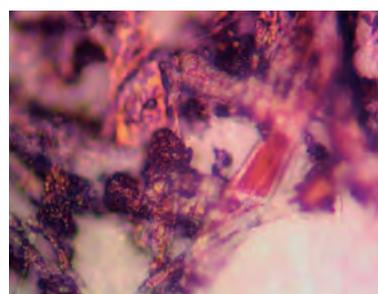
*Figura N° 30. Fotografía tomada a 400x donde se observan pequeñas partículas de tóner.
Fuente propia.*



*Figura N° 31. Fotografía tomada a 500x donde se observan diversas partículas de tóner con brillo rojizo de la tinta por encima de ellas.
Fuente propia.*



*Figura N° 32. Fotografía tomada a 600x donde se observan diversas partículas de tóner con brillo rojizo de la tinta por encima de ellas.
Fuente propia.*



*Figura N° 33. Fotografía tomada a 600x donde se observan diversas partículas de tóner libres del brillo rojizo de la tinta.
Fuente propia.*

TERCER MÉTODO Y RESULTADOS

Se realizaron tomas perpendiculares de las muestras con microscopio digital 2D (Figura N° 34), con fuente de iluminación halógena episcópica.



Figura N° 34. Microscopio Digital VHX-5000 2D de Keyence. Fuente propia.

Con este método, igual que en los dos anteriores, lo que se busca es poder sacar el brillo rojizo de las tintas (independientemente de su color), que permita observar claramente si se encuentra por debajo o por encima del impreso, con la ventaja de que la calidad de las imágenes, así como el rango de magnificaciones, permite que este instrumento no solo no deje lugar a dudas de la secuencia del cruce de trazos, sino que permite la visualización con relieves, ya que realiza tomas con diferentes puntos focales y luego junta todas las imágenes, cuya imagen final se puede rotar y se pueden realizar mediciones de los diferentes niveles de la toma. Al someter las muestras a este procedimiento, el porcentaje de resultados certeros fue del 100%. Aquí algunas de las imágenes obtenidas con este método:

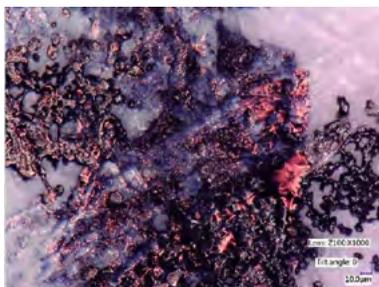


Figura N° 35. Fotografía tomada a 1000x donde se observa el brillo rojizo de la tinta por encima del tóner. Fuente propia.

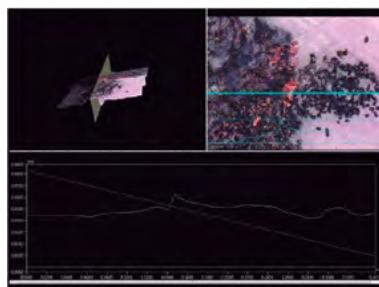


Figura N° 36. Toma transversal de la Figura N° 31 con diagrama de alturas de tóner y tinta. Fuente propia.

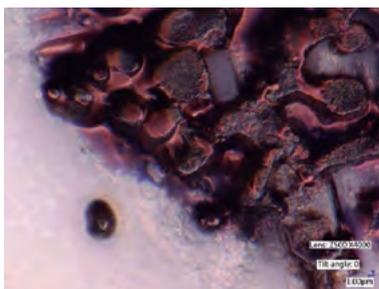


Figura N° 37. Fotografía tomada a 4000x donde se observa el brillo rojizo de la tinta por encima del tóner. Fuente propia.

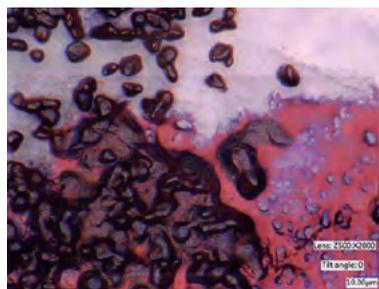


Figura N° 38. Fotografía tomada a 2000x donde se observa el tóner libre del brillo rojizo de la tinta. Fuente propia.

CUARTO MÉTODO Y RESULTADOS

Se aplicó el primer proceso bajo el esquema señalado en la Figura N° 39.

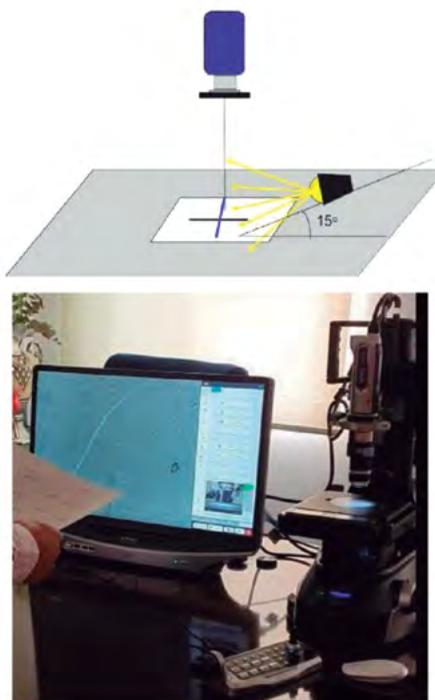


Figura N° 39. Esquema de la posición del documento con respecto de la cámara e iluminante. Fuente propia.

Con este método, se busca poder observar los surcos del cruce de trazos de dos bolígrafos, mediante la toma perpendicular de la muestra con cámara sensible al infrarrojo, Filtros IR entre los 700 y 1000 nm, con fuente de radiación IR (luz halógena de 50 watts o más) en posición rasante, perpendicular al trazo a observar (Método de eliminación de pigmentos por radiación infrarroja o MEPRI) (Balbuena *et. al.*, 2001). La limitante de este método es que se requiere que la tinta de los trazos a estudiar sea transparente a la radiación IR, si no el método no funciona; pero cuando las tintas son transparentes a la radiación infrarroja se resuelve el 100 por ciento de los casos, ya que al observar los surcos de los mismos, el que se encuentra completo en su cauce fue el último en colocarse, si el trazo se encuentra cortado por el otro trazo, es decir, su cauce se ve interrumpido, el trazo se colocó primero. Aquí unas fotografías de lo explicado.

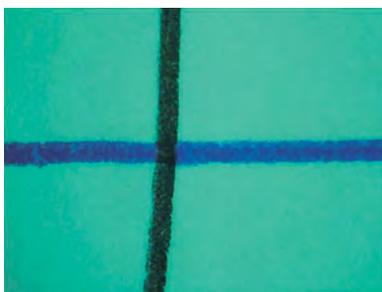


Figura N° 40. Fotografía de cruce de trazos vista normal. Fuente propia.



Figura N° 41. Fotografía de cruce de trazos vista con IR rasante; obsérvese como el trazo horizontal se corta en su cauce en la intersección por lo tanto está debajo del trazo vertical. Fuente propia.

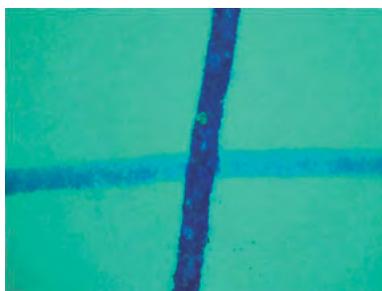


Figura N° 42. Fotografía de cruce de trazos vista normal. Fuente propia.

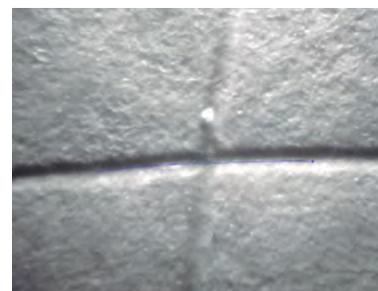


Figura N° 43. Fotografía de cruce de trazos vista con IR rasante; obsérvese como el trazo horizontal es continuo en su cauce por lo tanto está por encima del trazo vertical. Fuente propia.

Conclusión

La revisión de los diversos métodos existentes para la resolución del establecimiento de cruce de trazos es amplia y eficiente, unos más que otros, sin embargo, algunos de ellos son complicados y costosos.

Los cuatro métodos propuestos se suman como alternativas viables y confiables para la resolución del establecimiento de cruce de trazos en sus diversas modalidades, siendo métodos no destructivos, de fácil aplicación e interpretación y que no requieren de equipos costosos ni de interpretaciones complejas.

Además, estos equipos e instrumentos pueden ser fácilmente transportables a los diversos juzgados, ya que en algunos países no se permite sacar los expedientes ni la documentación de los mismos, lo que impide que estos sean transportados a los laboratorios forenses para su estudio, teniendo que analizarlos en el mismo sitio. Aunado a esto, la transportación del equipo permite, en el nuevo procedimiento penal oral, realizar las demostraciones ante el Juez en tiempo real, repetirla las veces que sean necesarias, demostrando la consistencia de los resultados, lo que dará mayor confiabilidad a las pruebas desahogadas.

Bibliografía

Balbuena Balmaceda, J. y otros (2001). *Puesta en evidencia de la presión en los grafismos: metodologías*, Francia, AEEED.

Ezcurra Gondra, M. y Grávalos, G. R. (2010). *Instrumentos de escritura manual y sus tintas*. Buenos Aires: La Rocca.

Ojeda, M.; Molina, N. A. y Aucar, G. A. (2003). Secuencia de asentamiento de elementos escritores bolígrafos, de similar cromaticidad mediante microscopía y tratamiento digitalizado de imágenes. *Comunicaciones científicas y tecnológicas*. Universidad del Nordeste.

Ojeda, M.; Aucar, G. A. y Galassi, F. (2005). Análisis de Superposición de trazos de diferentes elementos escritores: Bolígrafos con escrituras de impresoras Inkjet. *Comunicaciones científicas y tecnológicas*. Universidad del Nordeste. <https://pdfslide.net/documents/secuencia-de-asentamiento-de-elementos-escriitores-boligrafos-de-.html>

Gal, T.; Sandor, J. y Karoly, A. (2007). Determinación de la secuencia de cruce de trazos por Espectrómetro Infrarrojo de Transformada de Fourier VERTEX 70 equipado con un microscopio Bruker HYPERION 2000 con un objetivo 20x con reflectancia total atenuada. Instituto de Ciencias Forenses, Hungría. https://www.researchgate.net/publication/275948162_Determining_the_sequence_of_crossed_lines_by_FT-IR-ATR-Microscopy

Rosengarten, A. y Zhidkov, T. (25-30 de mayo de 2008). Determinación de la secuencia de cruce de trazos usando microscopía de fluorescencia. 9ª conferencia Internacional en NDT de Arte, Jerusalén, Israel. <https://www.ndt.net/article/art2008/papers/211Rosengarten.pdf>

Cita sugerida: Bartolo Sánchez, F. E. (2022). Determinación sobre el asentamiento de cruce de trazos. *Minerva. Saber, arte y técnica*, VI(1), junio 2022-diciembre 2022. Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina (IUPFA), pp. 18-36.

** BARTOLO SÁNCHEZ, FRANCISCO ELÍAS

Mg. en Ciencias Penales con Especialización en Criminalística por el Instituto Nacional de Ciencias Penales. Se ha desempeñado como Perito en grafoscopia, documentoscopia, dactiloscopia, grafología y criminalística a lo largo de 28 años. Trabajó doce años en el Banco Nacional de México como Gerente de Análisis Pericial. Además, creó y coordinó al Grupo Técnico Especializado del Comité de Seguridad de la Asociación de Bancos de México.

* El presente documento es una reformulación y ampliación de la ponencia presentada en el Congreso Sipdo 2021.