



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

Análisis forense caligráfico

SOBRE LA BASE DE FIRMAS OLÓGRAFAS DIGITALIZADAS obtenidas mediante *signature-pad* con aplicaciones biométricas*

ALEJANDRO MATÍAS CENTOFANTI**
Policía Federal Argentina
centoale@gmail.com

FEDERICO RINDLISBACHER***
Instituto Universitario de la
Policía Federal Argentina (IUPFA)
pericias1971@hotmail.com

NICOLÁS FRANCISCO ARENA****
Policía Federal Argentina
caligrafonicolasarena@gmail.com

MARÍA SOLEDAD MAILLET*****
Policía Federal Argentina
solmaillet@gmail.com

BELÉN TAMASI*****
Policía Federal Argentina
tamasibelen@gmail.com

ADRIANA ZILLOTTO*****
Universidad Nacional
de Buenos Aires (UBA), Argentina
adrianazilotto@gmail.com

RECIBIDO: 28 de marzo de 2022

ACEPTADO: 19 de mayo de 2022

Resumen

El presente documento pretende indagar sobre las firmas ológrafas digitalizadas y su alcance pericial. Con el avance tecnológico, es cada vez más habitual el uso de este tipo de firmas, situación que despierta el interés de la comunidad científica en materia caligráfica. ¿Las firmas obtenidas por una tableta de captura digital que almacena datos biométricos son aptas para ser empleadas en casos de estudios comparativos forenses? Al formar parte del laboratorio pericial scopométrico dependiente de la Superintendencia Federal de Policía Científica y realizar informes periciales requeridos por organismos judiciales, surgieron diversos interrogantes que suscitaron la presente investigación. El desarrollo se llevó a cabo en tres etapas concatenadas: la primera tendiente a establecer si las firmas capturadas digitalmente resultan ser idóneas para realizar un cotejo extrínseco con firmas puestas en papel; la segunda para indagar respecto

al universo de muestras *online* respecto a cada uno de los voluntarios y para establecer características constantes y parámetros aceptables considerando la varianza de los resultados obtenidos. Finalmente, la tercera etapa, cuya realización se encuentra próxima a ser iniciada, se centrará en la posibilidad de realizar una homologación entre los resultados cuantitativos, propios del estudio pericial caligráfico tradicional, con los de índole cuantitativa ofrecidos por el software empleado.

Palabras clave firma ológrafa digitalizada; panel de firma; estudio forense en registros digitales

Calligraphic Forensic Analysis Based on Digitized Signatures Obtained Through Signature-Pad with Biometric Application

Abstract This research aims to investigate digitized holographic signatures and their expert scope. With technological progress, the use of this type of signatures is becoming more and more common, arousing the interest of the scientific community in calligraphic matters. Are the signatures obtained by a digital capture tablet that stores biometric data suitable for use in cases of comparative forensic studies? Being part of the scopometric expert laboratory dependent on the Federal Superintendence of Scientific Police and making expert reports required by judicial bodies, various questions arose that were raised in this investigation. The development was carried out in three concatenated stages: the first aimed at establishing whether the digitally captured signatures turn out to be suitable for carrying out an extrinsic comparison with signatures placed on paper; the second to inquire about the universe of online samples regarding each of the volunteers and establish constant characteristics and acceptable parameters considering the variance of the results obtained. Finally, the third stage, which is about to be started, will focus on the possibility of making a homologation between the quantitative results of the traditional calligraphic expert study, with those of a quantitative nature offered by the software used.

Keywords digitalized manuscript signature; pad signature; forensic studies in online signatures

Introducción El estudio pericial caligráfico se ha fundado en el reconocimiento de las características que identifican a la persona por su gesto gráfico, este gesto es particular para cada individuo. En ese sentido, las primeras obras bibliográficas (Dewhurst, Ballantyne y Found, 2016; Guarnera *et al.*, 2018) hacían estricta mención a trabajar exclusivamente sobre originales, ya que de este modo es posible evaluar las características extrínsecas (estudio formal o características de forma) e intrínsecas (estudio estructural o características de formación) del trazado. Actualmente, numerosos factores influyeron de manera directa para producir un cambio de paradigma que ha generado que tramitaciones que antes requerían una firma ológrafa impuesta con tinta en un papel, hoy se desarrollen en un formulario electrónico, y la firma, mediante un lápiz óptico con un dispositivo de captura.

La aparición de las firmas ejecutadas sobre medios electrónicos suscitó el interés de la comunidad científica internacional. Al respecto, se observó una incipiente tendencia a considerar la cuantificación de los elementos de análisis caligráficos que aporta el uso de programas informáticos (*software*) para el análisis de una firma o escritura. Asimismo, se consideró la diversidad de herramientas disponibles, tanto en lo inherente a *software* como a *hardware* (dispositivo de captura), lo cual se tradujo en un número mayor o menor de prestaciones con las

que cuenta el operador para realizar un análisis pericial. Es por ello que los aportes científicos de mayor relevancia surgen en investigaciones donde la tecnología aplicada permitió obtener valores cuantitativos en aspectos tales como velocidad, inclinación, presionado, trazos aéreos y extensión total de la firma, por ejemplo.

La posibilidad de contar con valores numéricos para elementos de identificación caligráficos, en los que tradicionalmente no era posible determinarlos, constituye un nuevo nivel de información que debe ser considerado por el experto en pericias caligráficas. No obstante, también es recomendable un abordaje interdisciplinario con un especialista en informática para conocer las eventuales variaciones que puedan afectar el resultado final de los guarismos reflejados, por ejemplo, en factores vinculados al medio con el que se realiza la firma (lápiz óptico, dedo o *mouse*), frecuencia de muestreo, precisión para registrar la firma, calidad de tableta y transmisión de datos.¹

La hipótesis de trabajo es que, a través de la identificación de características gráficas pasibles de ser peritadas en un análisis forense, a partir de firmas ológrafas digitalizadas, mediante tableta de captura digital o *signature-pad*, es posible obtener una identificación positiva del autor de la primera.

OBJETIVOS

Los objetivos generales planteados en la investigación son:

- a. Identificar características gráficas a partir de la obtención de firmas ológrafas digitalizadas pasibles de ser peritadas en un análisis forense caligráfico.
- b. Establecer criterios actualizados sobre las variables posibles de ser empleadas en una investigación científica forense caligráfica, empleando firmas ológrafas digitalizadas.

Por su parte, los objetivos específicos implicaron:

- a. Analizar cotejos, utilizando las metodologías actuales empleadas en la pericia tradicional, entre firmas *offline* y *online* a fin de establecer si estas últimas son aptas para ser empleadas en casos de estudios comparativos forenses.
- b. Discriminar las variables que se pueden extraer con la tecnología E-Graphing para la captura de firmas ológrafas digitalizadas, distinguiendo qué datos informáticos corresponden al estudio formal y cuáles al estudio estructural conforme la técnica pericial caligráfica.
- c. Identificar estadísticamente características constantes y variables de los datos informáticos de las firmas *online*, y dentro de las variables, el grado de varianza y su correlato como estándar o normal.

1. Cabe resaltar que el presente informe se centra en muestras auténticas de autores conocidos. Esta aclaración se formula al advertir que diversos trabajos realizaron cotejos entre firmas genuinas con otras falsificadas y simuladas.

FUENTES

El carácter novedoso de la temática y fundamentalmente de la hipótesis, particularmente por la necesidad de corroborar si existe homologación o no en las producciones signarias obtenidas de forma *offline* en soporte convencional y mediante el uso de implemento escritor convencional,

respecto de aquellas obtenidas en tableta de firma electrónica con aplicación biométrica, trajo la dificultad de hallar fuentes primarias o secundarias sobre el tema. Los trabajos de Harralson (2012); Linden, Marquis y Mazzella (2016); entre otros, producciones especializadas de la materia que abordan la temática de las firmas electrónicas avanzadas (como acepción a la ológrafa digitalizada), como las presentaciones en diferentes Congresos y Jornadas del ámbito jurídico y pericial caligráfico, desarrolladas por profesionales tanto de Argentina como del extranjero sobre el fenómeno de las firmas digitalizadas y/o digitalizadas biométricas, constituyeron el andamiaje inicial de la investigación. En este punto, es necesario poner de relieve que los compendios normativos no responden a investigaciones, sino que se tratan de abordajes teóricos en materia legislativa (Ley 25.506 – BORA, 2001; Comunicación A, 2016) acompañados de experiencias prácticas, pero sin el agregado del conocimiento pericial caligráfico que aquí se plantea y que, en todo caso, es el aporte principal de este trabajo.

En este marco, todos ellos se han enfocado únicamente en los resultados de índole cuantitativa o en el abordaje informático, prescindiendo de la ponderación cualitativa que un calígrafo público posee como principal incumbencia profesional. El aporte de un experto en análisis de firmas constituye un factor imprescindible para una evaluación adecuada de este tipo de muestras, más aun considerando las firmas y/o escrituras de una persona como un elemento susceptible de presentar variaciones. Vinculado a ello, tampoco se han observado investigaciones en las que se pretenda realizar una homologación o estandarización de valoración entre las clasificaciones organolépticas² propias del estudio tradicional de las firmas ológrafas y las cuantitativas inherentes a las realizadas sobre dispositivos de captura. Este es el objetivo planteado para la investigación, por lo que se vislumbra en estas carencias un área de vacancia de sumo interés para la contribución científica que pretende el presente trabajo.

Finalmente, como fuentes complementarias, se consideraron estudios realizados sobre la aplicación de firmas digitalizadas en otras ciencias, por ejemplo, en medicina, legislación nacional en la materia y la información proporcionada por desarrolladores y proveedores de la tecnología necesaria para la captura y toma de muestras.

METODOLOGÍA

El proyecto de investigación tuvo originalmente pautas de trabajo que no pudieron llevarse a cabo en virtud del contexto de la pandemia, la cual irrumpió con inmediata posterioridad al inicio de las tareas programadas. Asimismo, las medidas tomadas en Argentina en el marco del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) luego convertido en Distanciamiento Social Preventivo y Obligatorio (DISPO) hicieron que fuera necesario reestructurar la metodología y diseño de investigación pensado.

En ese sentido, el proyecto fue afectado en dos aspectos principales. El primero, en la cantidad de voluntarios, originalmente se había previsto convocar cuatrocientos voluntarios –este número se consideró a fin de tener un universo estadísticamente representativo para dar respuesta a las diferentes hipótesis planteadas–. El segundo aspecto fue el lugar físico donde dichas muestras iban a ser recabadas, dado que al decretarse la suspensión de actividades en la sede establecida como único centro de relevamiento y tareas de campo (IUPFA), hubo que evaluar otras posibilidades para darle impulso a la investigación sin generar riesgos sanitarios para el equipo ni para los postulantes.

2. El examen general de un documento se cumple en dos etapas sucesivas y complementarias: primero, mediante una inspección preliminar, y luego con un examen sistemático. La inspección preliminar es también conocida como examen organoléptico, por orientarse a la comprobación de características perceptibles a través de los sentidos; en contraposición a las que demandan la utilización de recursos instrumentales específicos. El examen sistemático se basa en una metódica observación que complementa la inspección organoléptica, para la cual se emplean técnicas e instrumentales adecuados. (Velásquez Posada, 2013).

3. En ese sentido, previo a iniciar la recolección de firmas, se solicitó a cada uno que diera su consentimiento por escrito, con la finalidad de poder brindarle la información necesaria, de manera clara y comprensible, para que pudieran tomar una decisión libre y voluntaria sobre su participación, indicándoles principalmente que la utilización de las firmas sería con estrictos fines científicos, con la anuencia del voluntario y el resguardo de su anonimato.

Como segundo paso, se les pidió completar una breve encuesta, con posterior archivo y clasificación con la pertinente protección de datos, en la que fundamentalmente se indaga en aspectos que pudiesen proporcionar algún tipo de información adicional sobre factores que influyen en la escritura (habitualidad del acto de firmar, patologías, mano hábil, por mencionar algunos ejemplos).

4. Las firmas y grafismos denominados “online” o “dinámicos” por su forma de captura y registro se conforman por una secuencia de puntos de muestreo tomados por una tableta digitalizadora con una frecuencia predeterminada. Esos puntos contienen datos numéricos que especifican las coordenadas espaciales de la punta del lápiz óptico, el tiempo del recorrido y la fuerza ejercida sobre la pantalla.

5. Soft E-graphing-plus para captura, análisis y cotejo de datos biométricos estáticos y dinámicos de escritura manual, se utiliza con tabletas Wacom STU 530 y 540, las cuales poseen tecnología de lectura de esos datos por Resonancia electromagnética (EMR, por su sigla en inglés). De acuerdo con la Norma ISO/CEI 19794-7: 2021.

Con el objetivo de acrecentar la cantidad de muestras *offline* y *online*, se tomaron firmas del personal de las distintas Dependencias de la Superintendencia Federal de Policía Científica que se aproximasen o adecuasen a los criterios y límites establecidos para la población de estudio. Las tareas referidas permitieron llegar al total de veintiocho voluntarios a la fecha de confección del presente Avance de Investigación.³

En lo que respecta a la toma de muestras propiamente dicha, se dispuso que los voluntarios produjeran las firmas en un ambiente controlado y semejante para todos ellos, a efectos de minimizar variaciones potenciales atribuibles a factores externos, como temperatura, elemento escritor, soporte, postura y apoyo para el soporte, por mencionar algunos. De ese modo, se reunieron diez muestras *offline* (u ológrafas) de cada participante, producidas con soporte y elemento escritor convencional (hoja de formato comercial tamaño oficio y lapicera esferográfica). Cabe señalar que, luego de una hoja inicial destinada a volcar tres firmas a modo de prueba, se dispuso el condicionamiento del espacio gráfico disponible a una medida de 10 x 6,5 centímetros para la confección de diez firmas. El acondicionamiento fue realizado con un corte rectangular en un soporte de tipo cartón rígido, el cual era ubicado sucesivamente sobre la hoja de papel. Asimismo, la medida establecida obedece a que esta resulta similar al tamaño del área de captura de la tableta seleccionada para la toma de firmas *online*.

Una vez finalizada la toma *offline*, se hizo lo propio con las firmas *online*.⁴ Primeramente, cada voluntario ejecutó tres diseños a modo de prueba, y luego los otros diez. Los primeros tres diseños constituyeron la adecuación o adaptabilidad por parte del escribiente al medio gráfico no convencional, circunstancia que generó su descarte analítico en la valoración de datos. Por su parte, las restantes diez muestras, ya acondicionado el mecanismo motriz al medio digital por las pruebas realizadas, fueron valoradas consecuentemente para la obtención de datos en sistema. En cuanto a la cantidad, diez muestras resultan ser la misma cantidad que las obtenidas *offline*, de allí la homologación cuantitativa. Para la captura *online* y su procesamiento, se utilizó el software E-Graphing®⁵ junto al hardware con el que se ofrece comercialmente. En un principio, se eligió esta herramienta por haber tomado conocimiento de sus características mediante su creadora (coautora de este trabajo e integrante del equipo de investigación). No obstante, con el devenir de la investigación, se tomó conocimiento de otras marcas y desarrollos con similares prestaciones o, incluso, diseñados específicamente para la labor pericial forense, pero que, para evitar la multiplicidad de resultados que podrían arrojar diferentes *softwares* y *hardwares*, fueron dejados de lado. Adicionalmente, la falta de conversión o de equivalencias entre los valores de los diferentes programas implicaba un factor de complejidad añadido que atentaba contra la resolución de los objetivos planteados en los plazos pautados.

Luego de la etapa de toma de muestras, se procedió a su respectiva identificación y clasificación aplicando para ello la letra “M” seguida de un número correlativo para individualizar a cada voluntario (“M001”, “M002”, etc.) junto a la fecha de confección de los cuerpos de firmas.

Desarrollo

Identificadas y clasificadas las firmas *online* y *offline* (ver Figuras N° 1, 2 y 3), se las analizó en búsqueda de dar respuesta a los objetivos planteados y a la hipótesis de investigación, procurando conocer qué elementos de estudio pericial caligráfico se encuentran representados en ambas firmas, su grado de constancia, su margen de variabilidad y, a partir de ello, si es posible o no establecer una identificación positiva en las firmas ejecutadas y capturadas con *software* y *hardware*.

A tal fin, se organizó el análisis en una primera etapa, destinada a determinar la idoneidad de las firmas *online* para su tratamiento pericial desde el aspecto morfológico, desarrollando los cotejos, utilizando las metodologías actuales empleadas en la pericia tradicional,⁶ entre firmas *offline* y *online* a fin de establecer si estas últimas son aptas para ser empleadas en casos de estudios comparativos forenses.

Por su parte, la segunda etapa, postuló discriminar las variables que se pueden extraer con la tecnología E-Graphing para la captura de firmas ológrafas digitalizadas, corroborando y distinguiendo en ella los datos informáticos que se correlacionan al estudio formal y los inherentes al estudio estructural o aspecto dinámico de la escritura.

En la mencionada primera Fase, organoléptica *offline* vs. *online*, esta investigación procuró establecer si es aplicable a este tipo de ejemplares el criterio establecido para el examen de fotocopias e imágenes impresas. Dado que el estudio tradicional al que el perito calígrafo está habituado es sobre las producciones manuscritas, donde el análisis se realiza desde un enfoque morfológico o formal. Dicho criterio es unánimemente aceptado por la comunidad científica especializada (Colegio de Calígrafos, 2011) y, a su vez, posee analogías con la propuesta aquí planteada, toda vez que, en esta etapa, las observaciones se realizaron sobre aspectos estáticos de las firmas *online* y no sobre variables dinámicas o de formación.

En ese sentido, la principal circunstancia a verificar fue la de saber si el cambio tanto de soporte como de implemento escritor utilizado para la firma *online*, podría traer aparejado como resultado una autógrafa morfológicamente diferente a la producida con elementos tradicionales y, de ser así, si tales diferencias eran lo suficientemente significativas como para descartar la posibilidad de un cotejo directo entre muestras de diferente naturaleza, como la que se plantea.

Por el contrario, de confirmarse que las características de análisis caligráfico de índole formal se manifiestan en las firmas *online*, ya podría establecerse que, al menos desde ese punto de vista, las muestras registradas en la tableta resultan aptas para el estudio pericial con las salvedades técnicas del caso, es decir, se las asimilaría al estudio sobre fotocopias e imágenes impresas.

Bajo ese presupuesto teórico, se fijaron cuáles iban a ser los elementos caligráficos a examinar y de qué manera se iban a ponderar, considerando las clasificaciones organolépticas (perceptibles por los sentidos) de índole nominal, propias del peritaje caligráfico tradicional.

En esa línea de trabajo, para el primer examen comparativo, se limitaron las características caligráficas de estudio a los siguientes ítems: irradiación de movimientos, puntos de ataque y final (considerando su forma, desarrollo u otro aspecto formal), diagramación de la firma, espaciamiento de trazos, inclinación de los ejes gráficos y orientación de la base de escritura. Asimismo, para presentar la valoración organoléptica resultante del confronte, se elaboró una tabla para los

6. Ver Val Latierno (1963). Introducción y 1ra Parte, p. 3-61; Velásquez Posada (2013). Capítulos XIV y XV [Análisis Grafonómico y Fisionómico]. Ambos autores desarrollaron un estudio descriptivo de las características y particularidades inherentes al estudio pericial caligráfico en las postulaciones de los estudios tanto "Grafocrítico" (estudio estructural y formal del grafismo) como "Grafonómico" y "Fisionómico" (abordando el aspecto general o de forma y el interno o de formación del proceso escritural), respectivamente.

elementos de comparación anteriormente mencionados, asignando los números 1, 2 y 3 como correspondientes a “semejante”, “no semejante” y “no califica”, respectivamente (Tablas N° 1, 2, 3). Con esta clasificación, se logró agrupar las variables como “leve”, “mediano” y “fuerte” que, por ejemplo, aplica para algunos de los elementos de análisis, pero no a todos, por una clasificación enfocada directamente en el análisis comparativo de los aspectos individualizados en las firmas *offline* y *online*.



Figura N° 1. Firma offline (izq.) y online (der.) del mismo voluntario (M002) donde se comprueban las semejanzas de aspectos formales. Fuente propia.

Muestra	Elemento gráfico	Confronte cualitativo on/off-line	Observaciones
M002	Irradiación	1	-
M002	Punto de ataque	1	-
M002	Punto final	2	La valoración discrepante responde a la adaptabilidad del uso del lapicero, no alterando cuantitativamente los hallazgos o analogías de los restantes elementos gráficos.
M002	Diagramación	1	-
M002	Espaciamiento de trazos	1	-
M002	Inclinación	1	-
M002	Orientación de la base gráfica	1	-

Tabla N° 1. Valoración organoléptica entre los aspectos caligráficos informados en la segunda columna entre las firmas offline y online (muestra M002). Fuente propia.



Figura N° 2. Firma offline (izq.) y online (der.) del mismo voluntario (M010) donde se comprueban las semejanzas de aspectos formales. Fuente propia.

Muestra	Elemento gráfico	Confronte cualitativo on/off-line	Observaciones
M010	Irradiación	1	-
M010	Punto de ataque	3	La valoración discrepante responde a la adaptabilidad del uso del lapicero, no alterando cuantitativamente los hallazgos o analogías de los restantes elementos gráficos.
M010	Punto final	1	-
M010	Diagramación	1	-
M010	Espaciamento de trazos	1	-
M010	Inclinación	1	-
M010	Orientación de la base gráfica	1	-

Tabla N° 2. Valoración organoléptica entre los aspectos caligráficos informados en la segunda columna entre las firmas offline y online (muestra M010). Fuente propia.



Figura N° 3. Firma offline (izq.) y online (der.) del mismo voluntario (M011) donde se comprueban las semejanzas de aspectos formales. Fuente propia.

Muestra	Elemento gráfico	Confronte cualitativo on/off-line	Observaciones
M011	Irradiación	1	-
M011	Punto de ataque	1	-
M011	Punto final	1	-
M011	Diagramación	1	-
M011	Espaciamiento de trazos	1	-
M011	Inclinación	1	-
M011	Orientación de la base gráfica	1	-

Tabla N° 3. Valoración organoléptica entre los aspectos caligráficos informados en la segunda columna entre las firmas offline y online (muestra M011). Fuente propia.

Sobre la base de los análisis comparativos, cualitativos y organolépticos efectuados entre las firmas *online* y *offline* referentes a los aspectos gráficos irradiación de movimientos, puntos de ataque y final, diagramación de la firma, espaciamiento de trazos, inclinación de los ejes gráficos y orientación de la base de escritura, se comprobó que los mismos son semejantes.

Asimismo, en los casos donde las tablas valorativas arrojaron en el confronte valores “2” y “3”, la discrepancia hallada respondió en todos los casos a la adaptabilidad del uso del lapicero (tableta de firma electrónica con lápiz captivo vs. el implemento escritor convencional y soporte papel), no alterando cuantitativamente los hallazgos o analogías de los restantes elementos gráficos valorados en el conjunto. Esta afirmación, fundada en el total de las veintiocho muestras ológrafas y biométricas, permitió avanzar sobre varios de los objetivos planteados y estableció auspiciosamente la idoneidad de las firmas *online* para su tratamiento pericial.

A fin de indagar en el siguiente objetivo, vinculado a la segunda Etapa, fundamentalmente los factores de índole dinámicos de la escritura, se procedió a desarrollar la misma, exclusivamente basada en el análisis de las firmas *online* con el objeto de identificar aquellas características constantes y variables de los datos informáticos aportados, considerando además el grado de varianza y su correlato como estándar o normal.

El análisis se realizó sobre las diez firmas (muestras) *online* de cada uno de los veintiocho participantes (Datos), a partir de las mediciones de cada uno de los aspectos gráficos clasificados como Dimensión, Velocidad, Tiempo, Presión y número de Fases.⁷ Se realizó el procesamiento estadístico para obtener la media, desvío estándar, rango de desvío, porcentaje de varianza y diferencia entre rango del desvío (mínimo y máximo).

ASPECTOS GRÁFICOS CUANTITATIVOS RELACIONADOS CON LA DIMENSIÓN

Este grupo comprende:

- Longitud del hilo físico
- Longitud del hilo aéreo
- Longitud rectificada del hilo periférico
- Longitud del hilo total

Los datos capturados se convierten a centímetros para normalizar las distintas longitudes de las trayectorias emanadas de los movimientos del lápiz: a) apoyados sobre la superficie de la tableta o b) por encima de la superficie, hasta una distancia de 1,5 cm. La lectura espacial se suspende cuando la punta supera el 1,5 cm de la superficie de la pantalla. Además, la información de escalado permite normalizar el tamaño de la firma al convertir los datos capturados a milímetros.

ASPECTOS GRÁFICOS CUANTITATIVOS RELACIONADOS CON LA VELOCIDAD

El grupo de aspectos gráficos relacionados con la velocidad comprende:

- Velocidad del hilo físico
- Velocidad del hilo aéreo
- Velocidad figurada del hilo periférico
- Velocidad promedio
- Velocidad máxima
- Número de puntos informáticos.

7. a) las dimensiones en milímetros, utilizando una relación punto/mm, b) los valores de fuerza se transforman como un porcentaje del rango de captura de 1024 niveles y c) el tiempo se informa en segundos.

Dicha velocidad se encuentra establecida como índice, mediante la fórmula espacio/tiempo, empleando los datos recabados independientemente en las dos variables ya descritas. El cálculo se aplica por igual a los movimientos que originan las imágenes de los trazos físicos y

aéreos. El movimiento producido más allá de 1,5 cm por encima de la superficie de la tableta (que produce la imagen de un trazo periférico, de cuya información espacial se carece) se calcula a partir de la distancia mensurable entre el punto de salida y entrada a la periferia de dicho movimiento.

Cabe destacar que, si bien las varianzas de los 28 Datos presentan indicadores de distintos grados de irregularidad, la varianza de todas ellas no indica un alto grado de inestabilidad de ese aspecto gráfico (7,82). En adición, se identifica como grado de inestabilidad, conforme los estudios desarrollados, los que superan el 15% de varianza en la tabla estadística, siendo así, en valoraciones inferiores a dicho porcentual, un rango “aceptable” conforme al aspecto dinámico de la escritura y de su valoración biométrica.

ASPECTOS GRÁFICOS CUANTITATIVOS RELACIONADOS CON EL TIEMPO

El grupo de aspectos gráficos relacionados con el tiempo comprende: Tiempo de hilos físicos, Tiempo de hilos aéreos, Tiempo de hilos periféricos y Tiempo total. Es importante señalar que el registro cuantitativo de los aspectos gráficos relacionados con el tiempo (expresado en segundos) es fidedigno también para los trazos periféricos, cuyas mediciones, en cambio, son estimativas en las medidas de dimensión y de velocidad, las cuales se realizan a partir del registro rectificando de sus trayectorias. Este aspecto muestra constancia en los hilos físicos, no así en los hilos aéreos (como se observa en el ejemplo de la Figura N° 4) y periféricos. Lo que redundará en una alta cifra de varianza general (53,20).



Figura N° 4. Firmas de Dato 13: presencia alternada de aéreos como causa de variabilidad. Fuente propia.

ASPECTOS GRÁFICOS RELACIONADOS CON LA PRESIÓN/FUERZA⁸

El *software* utilizado para el análisis realiza el escalado de los datos sobre la presión mediante la conversión de 1024 niveles de sensibilidad a la fuerza ejercida sobre la superficie de la tableta. Esta información que proporciona la punta del lápiz durante el proceso de captura facilita la espontaneidad gráfica, un requisito fundamental en la toma de cuerpos de escritura para pericias caligráficas. Además, permite escalar la información de fuerza al convertir niveles a porcentajes.

El grupo de aspectos gráficos relacionados con la presión (de 1 a 1024 niveles de fuerza) comprende Presión promedio y Presión máxima, ambos muestran constancia en el comportamiento de los hilos físicos. Su varianza más elevada es de 12,18, cifra que no altera la estabilidad general, que presenta una varianza de 4,00. Al igual que lo mencionado en el apartado “velocidad”, no superan el 15% general y, en lo particular, su varianza de cuatro puntos en la tabla estadística lo constituye en un rango “aceptable”, conforme el aspecto dinámico de la escritura y de su valoración biométrica.

ASPECTOS GRÁFICOS RELACIONADOS CON EL NÚMERO DE FASES O LEVANTAMIENTOS DE LA PLUMA

Las coordenadas X e Y, como se dijo, se registran incluso a 1,5 cm por encima del área activa del digitalizador. La tecnología de sensor inductivo solo interrumpe la lectura de las coordenadas espaciales cuando la punta del lápiz se mueva fuera del alcance del sensor. Tales interrupciones se detectan e interpretan para mostrar correctamente los trazos y calcular, además, las características relacionadas con el tiempo.

Con respecto a la fuerza, los puntos de muestreo con valores de fuerza 0 representan movimientos aéreos, cuando la punta del lápiz no toca la pantalla, pero la tecnología del sensor inductivo sigue registrando sus coordenadas. Las tecnologías de sensores resistivos y capacitivos generan una brecha en los datos capturados, ya que impiden la captura de información sobre las coordenadas X e Y.

El grupo de aspectos gráficos relacionados con la cantidad de fases comprende el estudio del número de fases físicas, con una irregularidad general del 19,91. Otro aspecto estudiado es el número de fases periféricas, cuya alta variabilidad general (41,16) muestra que se trata de un rasgo infrecuente en firmas auténticas.

PATRONES DE VELOCIDAD EN GRÁFICO DE LÍNEAS

La Figura N° 5 es un ejemplo de cómo se visualizan los gráficos de líneas correspondientes a las 10 firmas del Dato 1, en el que se reconoce un patrón de comportamiento estable que traduce en imágenes la regularidad que arrojaron las mediciones.

8. “Fuerza” es la denominación empleada por las Normas ISO/CEI 19794-7:2021, término que se traduce como “presión” en la mayoría de los *softwares*.

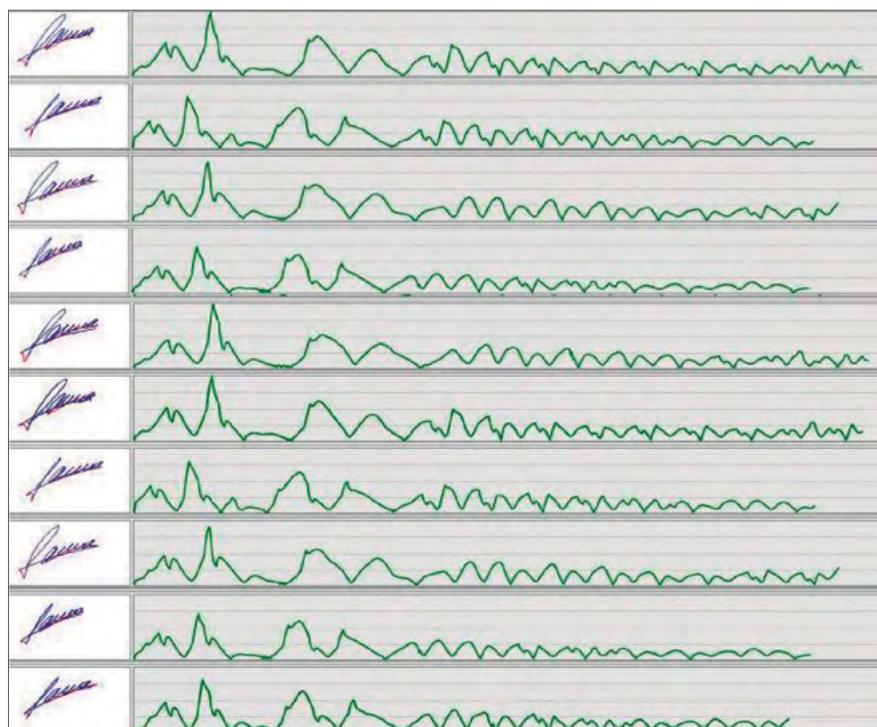


Figura N° 5. Secuencia de firmas del Dato 1 que muestra un patrón de velocidad regular. Fuente propia.

PATRONES DE PRESIÓN EN GRÁFICOS DE LÍNEAS

La visualización simultánea de los 10 gráficos de líneas (Figura N° 6) permite reconocer la posible existencia de un patrón de comportamiento del presionado y apreciar de una sola vez un determinado grado de variabilidad.

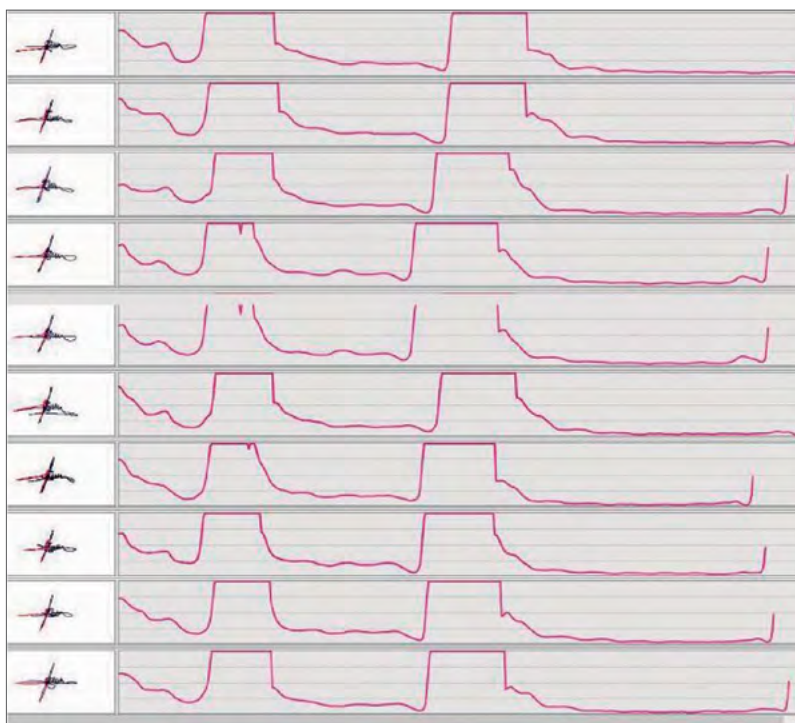


Figura N° 6. Secuencia de firmas del Dato 10 que muestra un patrón de presión regular. Fuente propia.

PATRÓN DE FORMA DE TRAZOS FÍSICOS

La visualización de las imágenes de las 10 firmas de cada uno de los 28 Datos permite valorar (como ejemplifica la Figura N° 7) la posible existencia de un patrón morfológico de los trazos físicos y establecer un grado de variabilidad.

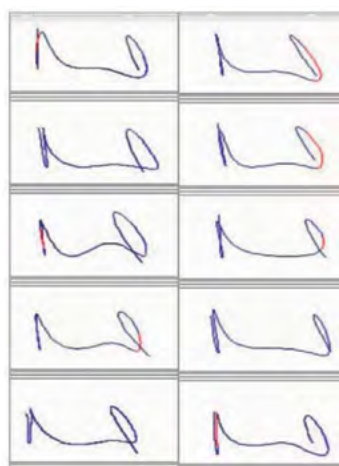


Figura N° 7. Secuencia de firmas del Dato 2 permite apreciar el grado de estabilidad morfológica. Fuente propia.

PATRÓN DE FORMA DE TRAZOS INMATERIALES (AÉREOS Y PERIFÉRICOS)

La visualización de las imágenes de las 10 firmas de cada caso permite reconocer, como en la Figura N° 8, la posible existencia de un patrón de comportamiento de trazos aéreos y periféricos y establecer un grado de variabilidad.

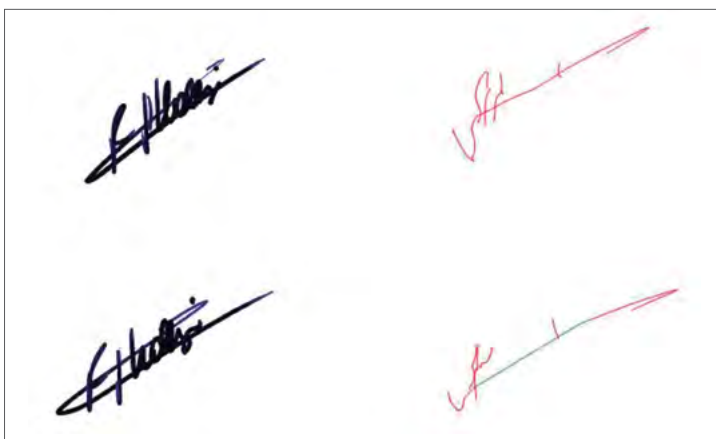


Figura N° 8. Morfología física e inmaterial de dos firmas correspondientes a la serie del Dato 24. Fuente propia.

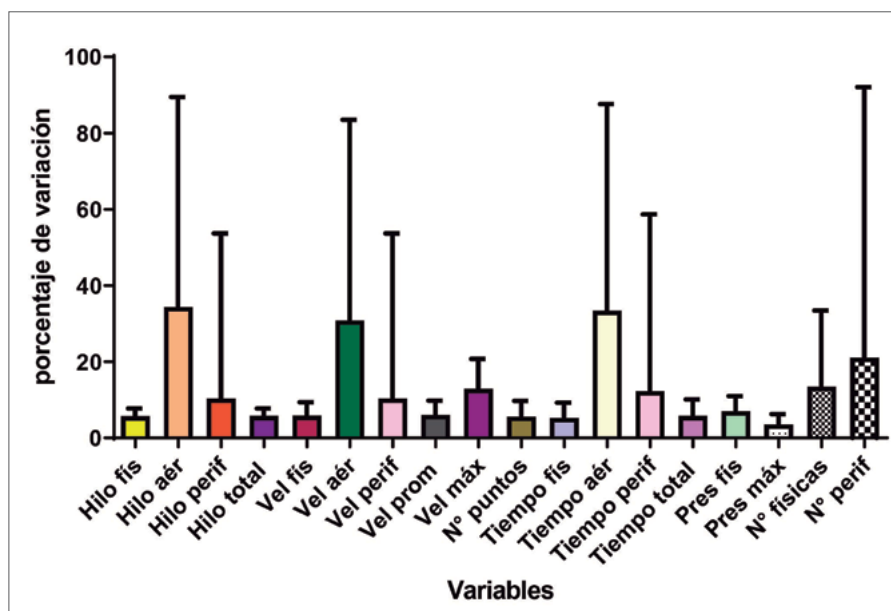


Tabla N°4. Distribución estándar de los dieciocho aspectos gráficos, resultantes en el conjunto de los 28 Datos. Fuente propia.

Elaborado el análisis estadístico de todos los aspectos examinados (Tabla N° 4), se corroboró que las características cuantitativas analizadas de las firmas *online* relacionadas con los *aspectos del trazo físico* presentan escasa variación entre las 10 réplicas de un mismo escribiente entre sí y en el total de las firmas de los 28 participantes de este estudio. No así con los aspectos inmateriales, que presentan un mayor grado de variabilidad.

La constancia de los aspectos gráficos muestra un porcentaje máximo de varianza que oscila entre el máximo que presenta el “Tiempo aéreo” (10,19) y el mínimo (0,00) de las “N° físicas” (N° de fases físicas).

Debate y resultados

Los resultados obtenidos permitieron responder los objetivos propuestos. Asimismo, el análisis de los mismos consolidó la segmentación del estudio en sus dos etapas establecidas, la primera respecto a la idoneidad de las firmas capturadas digitalmente, y la segunda en relación con la constancia de los valores cuantitativos para el conjunto de muestras de cada voluntario.

En ese orden, del cotejo realizado entre las firmas realizadas en papel y aquellas impuestas sobre la tableta, se pudo establecer de manera unánime la idoneidad de las segundas para realizar un análisis pericial desde un abordaje morfológico. Para llegar a ello, se fue dando respuesta a otros puntos, por ejemplo, establecer qué elementos gráficos son susceptibles de estudio en las firmas biométricas, cuáles corresponden a la categoría de “formales” y cuáles a la de “estructurales”.

Con la certeza de los resultados alcanzados y la influencia de ellos sobre la hipótesis de trabajo, se prosiguió con la segunda etapa. En dicha instancia el *software* elegido indicó parámetros en aspectos como presión, velocidad, longitud del hilo gráfico y del hilo aéreo, fases gráficas, etc. De su análisis, se observaron valores significativamente similares y constantes (en aspectos físicos), así como otros que expresaban variaciones significativas (predominantemente en aspectos inmateriales del trazado) para las muestras de cada uno de los voluntarios. Lo antedicho permitió discutir dentro del grupo de trabajo la ponderación de los resultados obtenidos, estableciendo cuáles son los que poseen relevancia para la correcta identificación de un gesto gráfico determinado y cuáles son relativos, dado que pueden provocar errores de interpretación si son evaluados aisladamente.

La labor estadística definió porcentajes de varianza que no superaron los 10 puntos en los aspectos caligráficos de mayor relevancia pericial, lo cual se considera sumamente importante, primero para considerar a este tipo de herramientas tecnológicas como un complemento de ayuda (no de reemplazo) para el perito calígrafo en virtud de la incorporación de los rangos y valores cuantitativos, hasta ahora ajenos al estudio tradicional. Asimismo la información obtenida se posiciona de manera auspiciosa como punto de partida para futuras investigaciones en donde se amplíe el universo de voluntarios.

Las recolección, procesamiento y análisis que fueron obtenidos de la etapa 1 y 2, arrojaron las siguientes conclusiones:

1. Las firmas biométricas o biométricas avanzadas obtenidas con el *hardware* y *software* definido oportunamente son idóneas para realizar un peritaje caligráfico. La idoneidad se alcanza de manera categórica para el abordaje morfológico del estudio pericial.
2. Los resultados organolépticos propios del estudio tradicional de predominio cualitativo encuentran en numerosos elementos de análisis (legibilidad, orientación de la base de escritura, forma de la misma, inclinación de los ejes gráficos, tiempos de ejecución y presión, por ejemplo)

correlato con las firmas ológrafas digitalizadas y con la interpretación de los valores cuantitativos ofrecidos por el *software*. Destacándose que, las leves discrepancias halladas respondieron en todos los casos a la adaptabilidad del uso del lapicero (tableta de firma electrónica con lápiz captivo vs. el implemento escritor convencional y soporte papel), no alterando cuantitativamente los hallazgos o analogías de los restantes elementos gráficos valorados en el conjunto.

3. Las firmas biométricas permiten obtener parámetros de valores constantes y con un rango de varianza aceptable, menor al 10% para el mismo autor, lo que se traduce en su idoneidad para ser cotejada, no solo respecto a firmas ológrafas puestas en papel, sino también con firmas obtenidas digitalmente en similares condiciones.
4. Se desprende la importancia ineludible de un perito calígrafo para la correcta valoración de los resultados constantes y variables de las firmas *online* y por el contrario el riesgo que implica una evaluación basada únicamente en guarismos aislados sin el tratamiento de un experto.
5. El valor agregado de un experto en análisis de firmas permitirá reducir el margen de error y establecer los criterios más adecuados para la toma, confronte y análisis de firmas de este tipo.

Bibliografía

Comunicación "A" 6068/2016 Ref.: Circular LISOL 1 - 694 OPRAC 1 - 846 RUNOR 1 - 1228 "Gestión crediticia", "Clasificación de deudores", "Conservación y reproducción de documentos" y "Protección de los usuarios de servicios financieros". Instrumentación de documentos en soporte electrónico o de características similares. Adecuaciones. <http://www.bkra.gov.ar/pdfs/comytexord/A6068.pdf>

Colegio de Calígrafos Públicos de la Ciudad de Buenos Aires (17 de julio de 2011). Opinión emitida por la Carrera de Calígrafo Público de la Universidad de Buenos Aires sobre reproducciones fotostáticas. <https://colegiodecaligrafos.org.ar/opinion-emitida-por-la-carrera-de-caligrafo-publico-de-la-universidad-de-buenos-aires-sobre-reproducciones-fotostaticas/>

Dewhurst, T; Ballantyne, K. y Found, B. (2016). Empirical Investigation of Biometric, Non-Visible, Intra-Signature Features in Known and Simulated Signatures. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 48, 659-675. <https://doi.org/10.1080/00450618.2015.1126637>

Guarnera, L.; Farinella, G.; Furnari, A.; Salici, A.; Ciampini, C.; Matranga, V. y Battiato, S. (2018). Forensic Analysis of Handwritten Documents with GRAPHJ. *Journal of Electronic Imaging*, 27. <https://doi.org/10.1117/1.JEI.27.5.051230>

Harralson, H. (2012). Forensic Document Examination of Electronically Captured Signatures. *Digital Evidence and Electronic Signature Law Review*, 9, 67-73. <https://doi.org/10.14296/deeslr.v9i0.1991>

ISO/IEC 19794-7 (2014). Information technology - Biometric data interchange formats - Part 7: Signature/sign time series data - <https://www.iso.org/standard/55938.html>

ISO/IEC 19794-7:2021 - Information technology - Biometric data interchange formats - Part 7: Signature/sign time series data - <https://www.iso.org/standard/77910.html>

Ley 25.506 (11 de diciembre de 2001). Consideraciones generales. Certificados digitales. Certificador licenciado. Titular de un certificado digital. Organización institucional. Autoridad de aplicación. Sistema de auditoría. Comisión Asesora para la Infraestructura de Firma Digital. Responsabilidad. Sanciones. Disposiciones Complementarias. Boletín Oficial N° 29796, p. 1.

Linden, J.; Marquis, R. y Mazzella, W. (2016). Forensic Analysis of Digital Dynamics Signatures:

New Methods for Data treatment and Feature Evaluation. *Journal of Forensic Sciences* 62(2). <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13288>

Val Latierro, F. (1963). *Grafocrítica, el documento la escritura y su proyección forense*. Madrid: Editorial Tecnos.

Velázquez Posada, L. G. (2013). *Falsedad documental y laboratorio forense*. Buenos Aires: Ediciones La Rocca.

Cita sugerida: Centofanti, A.; Rindlisbacher, F.; Arena, N. F.; Maillet, M. S.; Tamasi, B. y Ziliotto, A. (2022). Análisis forense caligráfico sobre la base de firmas ológrafas digitalizadas obtenidas mediante *signature-pad* con aplicaciones biométricas. *Minerva. Saber, arte y técnica*, VI(l), junio 2022-diciembre 2022. Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina (IUPFA), pp. 84-101.

**** CENTOFANTI, ALEJANDRO MATÍAS**

Licenciado en Investigación Criminal. Calígrafo Público Nacional. Docente Investigador. Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina. Comisario Jefe de la División Scopometría y Perito Forense de la Superintendencia Federal de Policía Científica.

***** RINDLISBACHER, FEDERICO**

Calígrafo Público Nacional. Perito en Documentología. Docente Universitario y Coordinador de la Carrera de Calígrafo Público Nacional en el Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina. Director de Laboratorio Pericial SRL.

****** ARENA, NICOLÁS FRANCISCO**

Calígrafo Público Nacional. Docente Universitario en el Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina. Auxiliar Superior 5ta Perito Forense de la División Scopometría de la Superintendencia Federal de Policía Científica.

******* MAILLET, MARÍA SOLEDAD**

Licenciada en Criminalística y Calígrafo Público Nacional por el Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina. Auxiliar Superior 5ta Perito Forense de la División Scopometría de la Superintendencia Federal de Policía Científica.

******* TAMASI, BELÉN**

Licenciada en Criminalística. Calígrafo Público Nacional. Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina. Agente Perito Forense de la División Scopometría de la Superintendencia Federal de Policía Científica.

******* ZILIOOTTO, ADRIANA**

Licenciada en Psicología y Acompañante Terapéutica por la Universidad de la Marina Mercante (UDEM). Perito Grafóloga por el Instituto Emerson. Profesional Asociada y Docente con Actividad Asistencial, División Neurología, Hospital de Clínicas General San Martín de la Universidad de Buenos Aires. Desarrolladora de Soft de captura dinámica E-Graphing Plus <https://e-graphing-plus.com.ar/>

* Avance de Investigación llevado adelante en la Secretaría de Investigación y Desarrollo del IUPFA (IV Convocatoria).