



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERIA QUÍMICA – SISTEMAS DE CALIDAD

ESTÁNDARES PARA EL ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LOS
LABORATORIOS DE GENÉTICA FORENSE

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA QUÍMICA

PRESENTA:
MORALES HERNÁNDEZ MIGUEL ÁNGEL

TUTOR (ES) PRINCIPAL(ES)
DRA.MARIA DE LOS ANGELES OLVERA TREVIÑO
UNIDAD DE METROLOGÍA

MÉXICO, C.D.M.X. FEBRERO 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNAM-Dirección General de Biblioteca

Tesis digitales

Restricciones de uso

Derechos reservados

JURADO ASIGNADO

Presidente: Dra. Gutiérrez Alcántara Flor Mónica
Secretario: M. en C. Alpízar Ramos María del Socorro
1^{er.} Vocal: Dra. Olvera Treviño Ma. De Los Ángeles
2^{do.} Vocal: M. en I. Garfias Vázquez Margarita Rosa
3^{er.} Vocal: M. en I. Sosa Zavala Elvia

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Unidad de Metrología de la Facultad de Química de la UNAM y en el Laboratorio de Genética Forense con sede en Tlalnepantla de Baz de la Fiscalía General de Justicia del Estado de México.

TUTOR DE TESIS:

NOMBRE

DRA.MARIA DE LOS ANGELES OLVERA TREVIÑO

FIRMA

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi padre **Jorge Morales Bautista**, quien falleció por complicaciones derivadas de COVID-19. Mi padre al igual que los padres de varios de mis compañeros de clase fallecieron mientras cursábamos el presente programa de posgrado, por lo que la finalización del mismo se lo dedico a su memoria.

DESAPARECIDOS

La gallardía de buscarme es tu figura
del mundo me desdibujaron, pero mi boceto en ti reposa
perecí en la más densa noche
y por las más infernales almas
de rodillas en la tierra, regresaba a ella
el sudor y sangre, eran su manto
y mis lagrimas caían, como la flor del cerezo.

MJ MORALES 2022

AGRADECIMIENTOS

A Di*s.

Agradezco a mi tutora **Dra. María de los Ángeles Olvera Treviño**, a quien conocí por primera vez en mi entrevista de selección para ingresar al programa de Maestría y en todo momento me brindo su apoyo y asesoría con el fin de guiar el presente a trabajo por los mejores senderos.

Agradezco a la **Fiscalía General de Justicia del Estado de México** por haberme brindado la oportunidad de realizar parte del presente trabajo con información a la que me permitió acceder y publicar en aras de mejorar la calidad del servicio prestado a los ciudadanos. También agradezco el permiso que se me brindó para cursar este programa.

Agradezco explícitamente al **CONACYT** (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), por el apoyo económico brindado mediante la asignación de una beca nacional por estudios de posgrado en el presente programa adscrito al ahora sistema nacional de posgrados de calidad.

Agradezco al programa de **Maestría y Doctorado en Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México** y a todas las entidades que participan en el, ya que gracias a él tuve el honor de asistir a clases con investigadores prominentes en sus campos del conocimiento, haciendo un programa de la más alta calidad.

Agradezco a cada uno de mis profesores, quienes en el contexto de la pandemia mundial por SARS-COV-II, nos brindaron la mejor atención posible.

Finalmente agradezco a mi familia por el apoyo brindado durante esta etapa de mi vida.

ÍNDICE

CAPITULO 1 REVISIÓN DE LITERATURA	9
1.1 Calidad: Una perspectiva Forense	9
1.2 La concepción de un Sistema	11
1.3 Sistemas de gestión de calidad en los laboratorios clínicos, de calibración y ensayo.	12
1.4 Aseguramiento de calidad en los Laboratorios de Genética Forense en México	13
1.5 Usos en Genética Forense del ADN del Cromosoma Y	15
1.6 Descripción general del lenguaje de programación Visual Basic for Applications (VBA).	20
1.6.1 Variables y tipo de datos.	22
1.6.2 Estructuras de control (“If-Then”, “If-Then-Else”, “If-Then-Elseif”).....	23
1.6.3 Estructuras tipo bucle (“Do-Loop”, “Do-While”, “Do-Until”, “For-Next”, “For Next (nested)”, “Exit For”)	25
1.7 Preguntas de Investigación	28
CAPITULO 2 METODOLOGÍA.....	28
2.1 Fundamentos teóricos y filosofía de la investigación	28
2.1.1 Posicionamiento filosófico	28
2.1.2 Métodos de Investigación	29
3. Estándares para el aseguramiento de calidad para los Laboratorios de Genética Forense: Una Revisión sistemática	32
3.1 Criterios de Búsqueda	32
3.2 Criterios de Inclusión, Exclusión y Eliminación	33
3.3 Selección de artículos potenciales.....	33
CAPITULO 4 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	34
4.1 Resultados de la revisión sistemática de los estándares para el aseguramiento de calidad para los Laboratorios de Genética Forense.	34
4.2 Estándar “ISO / IEC 17025- Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de ensayo y calibración”, aplicado a los laboratorios de genética forense.	51

4.2.1 Requisitos Generales	53
4.2.2 Requisitos de estructura.....	54
4.2.3 Requisitos de recursos.....	55
4.2.4 Requisitos de procesos.....	55
4.2.5 Requisitos del sistema de gestión (SG)	56
4.3 FBI Quality Assurance Standards DNA para Laboratorios forenses que realizan la prueba de ADN y Laboratorios que gestionan una base de datos de ADN.....	57
4.3.1 Programa de aseguramiento de calidad	59
4.3.2 Organización y gestión	59
4.3.3 Requisitos del Personal	60
4.3.4 Requisitos de capacitación	60
4.3.5 Requisitos de instalaciones y control de las muestras.....	61
4.3.6 Requisitos de validación, procedimientos, equipo, documentación y revisión.	61
CAPITULO 5 Construcción del prototipo de una Base Datos en Visual Basic para el Haplotipo del Cromosoma Y (PowerPlex® Y23 System).....	64
5.1 Desarrollo de una Base Datos en Visual Basic para el Haplotipo del Cromosoma Y (PowerPlex® Y23 System).....	64
5.2 Análisis de los requerimientos del sistema.....	66
5.2.1 Objetivo por el cual se desarrolla el sistema	66
5.2.2 Costo de la aplicación.....	66
5.2.3 Calidad de la información producida, validez y confiabilidad.....	67
5.3 Diseño.....	68
5.3.1 Herramientas.....	68
5.3.2 Diseño de la interfaz.....	68
5.4 Programación	69
5.4.1 Programación del formulario	69

5.4.2 Sub-Procedimientos de la Aplicación.	72
5.5 Prueba y evaluación: ingreso de haplotipos del cromosoma “Y” al “prototipo” de base de datos.	74
CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS	86
Anexo I	86
Autorización del uso de datos por parte de la Fiscalía General de Justicia del Estado de México.	86
Anexo II	88
Código de la aplicación:.....	88
Código del formulario.....	107

Índice de Tablas

Tabla 1	Marcadores Y-STRs incluidos en kits comerciales.
Tabla 2	Términos de Búsqueda empleados en las bases de datos PubMed y ScienceDirect.
Tabla 3	Organizaciones acreditadas con el estándar ISO/IEC 17025:2017 aplicada a los laboratorios de genética forense en México.
Tabla 4	Continuación de las Organizaciones acreditadas con el estándar ISO/IEC 17025:2017 aplicada a los laboratorios de genética forense en México.
Tabla 5	Continuación de las Organizaciones acreditadas con el estándar ISO/IEC 17025:2017 aplicada a los laboratorios de genética forense en México.
Tabla 6	Continuación de las Organizaciones acreditadas con el estándar ISO/IEC 17025:2017 aplicada a los laboratorios de genética forense en México.
Tabla 7	Continuación de las Organizaciones acreditadas con el estándar ISO/IEC 17025:2017 aplicada a los laboratorios de genética forense en México.
Tabla 8	Continuación de las Organizaciones acreditadas con el estándar ISO/IEC 17025:2017 aplicada a los laboratorios de genética forense en México.
Tabla 9	Costos generales de la elaboración del prototipo.

Índice de Gráficas

Gráfico 1 Número de laboratorios que cuentan con las pruebas descritas en el gráfico dentro de su alcance de acreditación.

Gráfico 2 Número de laboratorios que cuentan con la matriz según corresponda dentro de su alcance de acreditación.

Índice de Figuras

Figura 1 Ventana de editor de VBA.

Figura 2 Ventana de formularios de VBA/Excel.

Figura 3 Relación entre el contexto forense y los procesos de calidad, subrayando la estrecha relación que existe entre ellos.

Figura 4 Mapa de México, con los estados que cuentan con laboratorios acreditados en materia de genética forense por la ANAB y EMA. Fuente: Elaboración propia

Figura 5 Comparación de las versiones de 2005 y 2017 de la ISO/IEC 17025 con respecto a su estructura.

Figura 6 Comparación de las nuevas implementaciones con respecto a las normas 2005 y 2017 de la ISO/IEC 17025.

Figura 7 Descripción estructural del FBI QAS para laboratorios que gestionan una base de datos y realizan la prueba de perfil genético.

Figura 8 Ciclo de desarrollo del sistema

Figura 9 Botones de comando ActiveX para ingreso de haplotipos y búsqueda de coincidencias.

Figura 10 Formulario de la Base de Datos de Haplotipo del Cromosoma Y.

Figura 11 Aviso que muestra la base de datos al momento de realizar la búsqueda.

Figura 12 Aviso que muestra la base de datos al momento de encontrar alguna coincidencia.

Figura 13 La base de datos depura los haplotipos restantes y deja solo los coincidentes.

Índice de Diagramas

Diagrama 1..... Flujo de trabajo sin base de datos de haplotipo del cromosoma Y.

Diagrama 2Flujo de trabajo con base de datos de haplotipo del cromosoma Y.

Diagrama 3Selección de Artículos.

Diagrama 4 Estándares aplicables a los laboratorios de genética forense que han sido desarrollados.

Resumen

Diferentes iniciativas de regulación de los laboratorios de genética forense (LGF), han sido desarrolladas mediante el establecimiento de determinados estándares internacionales para la acreditación de los mismos, con el fin de asegurar entre otras cosas, la competencia e imparcialidad de sus resultados (Doyle, 2019b). Por otra parte, los LGF además de realizar pruebas de ADN (perfil genético), también gestionan en algunos casos bases de datos dónde ingresan los resultados obtenidos, ya sea de muestras de referencia o muestras de caso (evidencia). Por lo que resulta importante el profundizar acerca de que estándares han sido desarrollados para ambos fines. En el presente trabajo se realizó una revisión sistemática bajo la declaración PRISMA-Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (Page et al., 2021), con el fin de encontrar los diversos estándares desarrollados en el mundo, para posteriormente llevar a cabo una comparación con el estado actual de México ante ellos. Dicha comparación se llevó a cabo mediante una revisión en las bases de datos de las entidades de acreditación que han jugado un papel importante en la acreditación de los laboratorios de genética forense en México, estos son Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y la entidad nacional de acreditación de la ANSI (ANAB), también se profundizó acerca del alcance de dichas acreditaciones, mediante la consulta de sus certificados de acreditación.

Después de revisar los respectivos alcances de acreditación, se observó que solamente un laboratorio en México tiene dentro de su alcance de acreditación el ingreso de haplotipos del cromosoma “Y” a una base de datos, por lo que se desconoce si los demás laboratorios cuentan con una, situación por la cual se planteó el objetivo de programar un prototipo de una base de datos para haplotipos del cromosoma “Y” en el lenguaje de programación de VBA, esta base de datos se programó con la metodología de prototipo y fue probada con diferentes muestras de “asalto sexual” que se atendieron en el Laboratorio de Genética Forense con sede en Tlalnepantla de Baz. La importancia de esta base de datos radica en que en ocasiones el único resultado obtenido de las diferentes muestras analizadas es el haplotipo del cromosoma “Y”, mismo que puede ser confrontado con el haplotipo del cromosoma “Y” del imputado u sospechoso y de esta manera poder analizar metadatos que soporten alguna hipótesis acerca de la relación entre las coincidencias encontradas.

CAPITULO 1 REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Calidad: Una perspectiva Forense

En general el concepto de calidad, ha sido normalizado quizá como el grado de cumplimiento de los requerimientos del cliente (Juran & Godfrey, 1999), consecuentemente se generará un mayor grado de satisfacción. Por otra parte, en el aspecto forense, el cliente (usuario) desconoce los requerimientos legales que debe de cumplir el servicio que se presta, siendo el defensor (privado o público), el demandante de ciertos requerimientos que se esperan de la intervención pericial. De esta forma la calidad se ha consolidado como una ventaja competitiva en el mercado actual.

Sin embargo, para poder tener un mejor entendimiento acerca de la calidad en el área Forense, es necesario precisar algunas palabras clave, como lo son; Producto, Características del Producto, Cliente, Satisfacción del Cliente y Deficiencia.

- **Producto:** Ya sean bienes o servicios finalmente el resultado de un proceso es un producto, en el área forense se podría hablar del peritaje de algún experto que plasma en un dictamen su intervención mismo que no exime al perito de asistir a declarar a alguna audiencia de Juicio, lo anterior conforme a lo establecido en el Artículo 272 del CNPP (Congreso General De Los Estados Unidos Mexicanos, 2021).
- **Características del Producto:** Las propiedades de algún producto que están orientadas a cumplir los requerimientos del cliente. Sin embargo en algunas ocasiones esas “especificaciones” no encapsulan la necesidad del cliente por completo, por lo que en ocasiones algunas compañías están tan “enfocadas al cliente” que inclusive anticipan sus necesidades (Juran & Godfrey, 1999). Para el caso forense, se puede establecer que son aquellas propiedades del peritaje que en su totalidad cumplen con las necesidades del cliente, necesidades que podrían ser, pero no limitarse a: Objetividad, Confidencialidad, Reproducibilidad y Rapidez. En el aspecto de lo que es un producto, se podría establecer que es el dictamen emitido por el perito ya sea en materia de

genética forense, química forense, balística, criminología, explosivos, entre otros (Doyle, 2019a).

- Cliente: Es aquel que se ve afectado por el producto o por el proceso que lo produce, pueden existir clientes internos y externos(Juran & Godfrey, 1999). Por otra parte podemos citar la definición dada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), la cual nos dice que es la parte interesada que recibe el producto o servicio(Organización Internacional de Normalización, 2015). En el ámbito forense podría pensarse que es aquel que se ve afectado por el dictamen emitido, como lo es el caso del Ministerio Público, Juez, víctima e imputado.
- Satisfacción del Cliente: Este estado se alcanza cuando el cliente percibe que sus requerimientos o expectativas han sido cumplidas, debido a las características del bien o servicio. Por lo que respecta al ámbito forense sería por ejemplo la objetividad del dictamen (Doyle, 2019a).
- Deficiencia: Cualquier error o defecto en el bien o servicio que impide su uso para el fin por el cual fue adquirido. Los servicios periciales son requeridos en algunos escenarios para esclarecer algún hecho delictivo mediante el uso del método científico. Por lo que las deficiencias pueden adquirir diversas aristas esto dependiendo del fin por el cual fue requerido ese servicio(Doyle, 2019a).

Ciertamente la estandarización de las palabras clave anteriormente mencionadas se lleva a cabo por las mismas organizaciones para evitar confundir al usuario y de esta forma generar un glosario como punto de referencia para el desarrollo de Manuales, Reportes, Procedimientos, entre otros(Juran & Godfrey, 1999).

A lo largo del tiempo han existido diversas propuestas para gestionar la “calidad”, por lo que se han generado lo que se conoce como Sistemas de Gestión de la Calidad. Sin embargo, antes de adentrarse a los mismos es necesario conocer un poco más a fondo el significado y la concepción del mundo que gira en torno a un Sistema.

1.2 La concepción de un Sistema

La Física del siglo XIX, reivindicaba el pensamiento mecanicista acerca de los fenómenos que giraban en torno a la naturaleza (Bertalanffy Von, 1986), sin embargo en 1968 el Biólogo Austriaco Ludwig Von Bertalanffy propuso la Teoría General de los Sistemas, en el cual señala el hallazgo de leyes formalmente idénticas aplicadas a fenómenos en áreas del conocimiento totalmente distintas. Sin embargo se le atribuye al filósofo alemán Georg Wilhelm Friedrich Hegel la idea de que el todo es más que la suma de sus partes por lo que el todo define la naturaleza o propósito de sus partes, consecuentemente al tomar de forma aislada alguna de las partes del todo para analizarla se obtienen resultados desfavorables pues las partes al mismo tiempo se encuentran en una estrecha relación (Solomon, 1970).

Los científicos contemporáneos de Bertalanffy principalmente de las áreas de las ciencias sociales y la Biología se encontraban ante la rigidez de la física, que no podía dar solución alguna a los sistemas complejos como lo son los organismos vivos o las sociedades. Además cuando se proponía algún modelo con limitaciones para su estudio se aludía a la pertinencia científica de los mismos, lo que dejaba a la Biología limitada para proponer alguna interpretación o predicción de los fenómenos que estudiaban (Bertalanffy Von, 1986). Por lo que la propuesta de la Teoría General de los Sistemas provoco el nacimiento de una interdisciplinariedad para el estudio de entidades o sistemas que se encuentren en la naturaleza o en la sociedad pero que dada su complejidad son motivo de atención de diferentes áreas del conocimiento.

Finalmente, la concepción del sistema se determinó, pero no se limita a; una entidad que posee las siguientes propiedades, de acuerdo con Bertalanffy, L. (1989):

- El desempeño de cada elemento afecta a la “totalidad”.
- Hay una interrelación entre los elementos por lo que le sucede a “n” número de elementos les afecta a todos.
- Al existir la interrelación entre los elementos, ninguno tiene una injerencia directa sobre la “totalidad”, es decir no es independiente de los demás, aunque se encuentren conglomerados en otros grupos o subgrupos.

Un sistema de acuerdo con lo anterior no existe en el ámbito “físico” sino es una forma de pensar y ordenar los procesos involucrados en fenómenos específicos (Flood & Carson, 1993). De

acuerdo con la naturaleza del pensamiento sistémico, un sistema puede ser analizado con la ayuda de diferentes metáforas sistémicas entre las cuales se encuentran: metáfora de Sistemas Cerrados, metáfora de Sistemas Abiertos, metáfora neurocibernética, metáfora cultural y metáfora política (Morgan, 1992). Estas metáforas sirven como una especie de “lente” o “filtro” para poder estudiar el micro-sistema involucrado en un macro-sistema, la retroalimentación obtenida de cada uno es de suma importancia para realizar diagnósticos y observar en la práctica el “Know-How” de las organizaciones.

1.3 Sistemas de gestión de calidad en los laboratorios clínicos, de calibración y ensayo.

Hay una gran diversidad de sistemas de gestión de calidad aplicables a las organizaciones, esto dependiendo de su campo de especialización, se encontrará que normas o estándares son los que se implementan, ya sea para posicionarse en el mercado con una ventaja competitiva (Honsa & McIntyre, 2003) o por requerimientos legales que les fuerzan a cumplirlos. Por lo que para comprender el contexto de los sistemas de gestión de calidad que se aplican a los laboratorios forenses hay que entender lo que ocurrió con la acreditación de los laboratorios clínicos, y otras organizaciones, al no existir en su momento una norma ideal que les aplicara, como lo es el caso de “**rtech laboratories**”.

La acreditación de un laboratorio es el proceso mediante el cual un organismo autorizado, internacional o nacional, evalúa su competencia, imparcialidad y desempeño, con el fin de reconocer su credibilidad y competencia para llevar a cabo ciertos análisis que se encuentren dentro del alcance de acreditación (Guzel & Guner, 2009, p. 1).

Actualmente el sistema de gestión que se implementa en los laboratorios clínicos para acreditarlos son los basados en la **ISO 15189:2012** “Laboratorios médicos-Requerimientos para la calidad y competencia” (Organización Internacional de Normalización, 2012), esta norma toma como referencia y le preceden, entre otras normas, la **ISO/IEC 17025:2017** “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración”, y la **ISO 9001:2015** “Sistemas de gestión de la calidad”. Para que surgiera la **ISO 15189:2012**, en 1994 se creó el comité técnico ISO/TC 212 (International Organization for Standardization, 2022), ya que los profesionales de la salud argumentaron que las relaciones entre el paciente y médico requerían consideraciones especiales en la fase pre analítica y post analítica (Purita, 2015). En este caso en particular vemos

cómo antes de la creación del estándar **ISO 15189** , los laboratorios clínicos se acreditaban con la **ISO/IEC 17025** (Purita, 2015) y posteriormente migraron a la **ISO 15189** .

La evolución de los estándares se ha dado desde su creación por parte de la Organización Internacional de Normalización (1987), y de manera en que ciertos mercados emergen, estas se comienzan a desarrollar para aplicarlas a los mismos (ISOTools Excellence, 2022). Según Honsa y McIntyre (2009), reportaron la transición de la compañía “**rtech laboratories**” de la ya retirada **ISO 9002:1994** “Sistema de gestión de calidad- Modelo para el aseguramiento de la calidad en producción, instalación y servicio”, a la **ISO/IEC 17025:2017** “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración”, pues cuando se publicó la **ISO/IEC 17025:1999**, migraron a este estándar añadiendo al ya existente sistema de gestión, requerimientos técnicos para los procesos y métodos analíticos (Honsa & McIntyre, 2003). Por lo que el estándar **ISO/IEC 17025:2017**, es un estándar genérico aplicable a los laboratorios que llevan a cabo mediciones, calibraciones y técnicas analíticas.

Cómo se pudo observar anteriormente la migración del laboratorio “**rtech laboratories**” a un estándar más idóneo, surgió en la medida en que se publicaban nuevos estándares más adecuados a las actividades que realizan.

1.4 Aseguramiento de calidad en los Laboratorios de Genética Forense en México

La iniciativa Mérida surgió en el 2008 como un tratado entre Estado Unidos, México y los países de Centroamérica con el objetivo de combatir al narcotráfico y el crimen organizado iniciando con 2.3 mil millones de dólares de fondos asignados por el congreso americano que se tradujeron en la entrega de aeronaves, equipos de Rayos X, así como programas de capacitación. Dicha iniciativa ha entregado a México 1.4 mil millones de dólares en equipo y entrenamiento hasta Julio del 2015.¹

¹ Información disponible en: <https://mx.usembassy.gov/es/la-iniciativa-merida-apoya-la-acreditacion-de-agencias-de-procuracion-de-justicia-mexicanas/>, última consulta: 21/09/2022.

Con el apoyo financiero antes mencionado el Programa Internacional de Capacitación y Asistencia en Investigación Criminal (ICITAP por sus siglas en inglés) apoya en el proceso de Acreditación de los Laboratorios Forenses bajo la norma ISO/IEC 17025 en los Estados que quiera ser beneficiados a través de la Iniciativa Mérida en las áreas forenses como, por ejemplo: Balística Forense, Dactiloscopia, Documentos Cuestionados, Genética Forense, Química Forense.

Los estados que sean parte del programa, el ICITAP, elaborará un diagnóstico sobre la situación actual de sus laboratorios forenses, en coordinación con el Sistema Nacional de Seguridad Pública (SNSP). Además, deberán establecer, implementar y mantener un SGC conforme a los requisitos de la norma ISO/IEC 17025, a fin de dar mayor objetividad y confidencialidad a los resultados de las pruebas que realiza, mediante la aplicación y demostración de sus buenas prácticas y la competencia técnica en la intervención pericial al servicio del Derecho Penal.

Los estados que actualmente se encuentran en proceso de acreditación son: Aguascalientes, Baja California, Campeche, Chiapas, Guanajuato, Puebla, Querétaro, Sinaloa y Tabasco. Los estados que están próximos a iniciar el proceso de acreditación son: Chihuahua, Estado de México y Jalisco.²

De lo anterior se puede observar que desde doce años se trata de mejorar la situación actual de los Servicios Periciales, mediante la implementación de la ISO/IEC 17025 “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración”. De hecho, de las 32 entidades que conforman la Federación menos del 50% de Laboratorios Forense Públicos están acreditados, esto provoca demoras en los intentos de homologar los resultados de los laboratorios con los que actualmente existen en otros países.

El presente trabajo busca contribuir a que los integrantes de los laboratorios de genética forense en México puedan conocer que estándares se han desarrollado en el mundo y determinar si el estándar ISO/IEC 17025:2017 es el ideal para acreditarse, esto con el fin de garantizar que sus resultados sean confiables, asegurándole la calidad al usuario.

² Información disponible en: <https://icitapmx.files.wordpress.com/2015/05/mapa.png>, última consulta: 21/09/2022.

1.5 Usos en Genética Forense del ADN del Cromosoma Y

Cuando los resultados del análisis de perfil genético autosómico aportan resultados parciales de las muestras analizadas, el análisis del ADN del cromosoma Y puede ser una alternativa para obtener información genética complementaria. Esta parte específica del género masculino permite el análisis de polimorfismos cortos repetidos en tandem (short tandem repeat polymorphisms), que en su conjunto (Y-STRs) forman el Haplotipo del cromosoma Y, estos Y-STRs permiten identificar la línea paterna de un donador desconocido especialmente cuando un individuo masculino deja trazas de muestra (semen o células de descamación) en delitos de índole sexual (Kayser, 2017) o también se podría existir el caso de que la muestra contenga un exceso de ADN de la víctima femenina y este enmascare el aporte masculino (Roewer, 2019).

Por lo que al realizar este análisis en primera instancia se podría excluir a un grupo de individuos masculinos sospechosos, también identificar su línea paterna y descartar la sospecha de múltiples contribuyentes en las muestras analizadas. Sin embargo, cuando se tienen una muestra en la cual se obtiene el aporte de más de dos individuos es inviable la interpretación de los resultados con el fin de identificar al presunto agresor. No hay que perder de vista que también se puede utilizar el haplotipo del cromosoma Y para la identificación complementaria de personas desaparecidas, víctimas de desastres naturales, entre otros. En cuestiones prácticas el experto (perito) lleva a cabo este análisis de manera complementaria a la obtención del perfil genético autosómico de las muestras analizadas y según sea el caso, se realiza lo mismo con la muestra de referencia del imputado. La conclusión de una posible “coincidencia” (coincidencia entre el Haplotipo obtenido de la muestra problema y el Haplotipo de la muestra de referencia del presunto), se acompaña de cálculos en materia de bioestadística de frecuencias mediante el método Discreto de Laplace (aunque es posible usar otros), que es utilizado en la base de datos de haplotipos del cromosoma Y (YHRD)(Roewer, 2019, p.). Cabe aclarar que esta base de datos no funciona como las bases de datos con enfoque penal, que tienen el fin de identificar a algún agresor

entre la información que le es suministrada a lo largo del tiempo, sino se limita a obtener frecuencias de haplotipos del cromosoma Y mediante un análisis de frecuencias de haplotipos que se ingresan de manera voluntaria. Por lo que la elaboración de una propuesta de base de datos de haplotipo del cromosoma Y que identifique posibles “match” entre haplotipos obtenidos anteriormente y los que se obtienen en él presente , de manera complementaria con el uso de bases de datos que determinen frecuencias de haplotipos del cromosoma Y como lo es la YHRD (Y-Chromosome STR Haplotype Reference Database) ayudaría a mejorar el flujo de trabajo y uso de la información que se obtenga sobre casos de delitos sexuales.

Para poder ejemplificar mejor la propuesta se elabora el Diagrama 1 en la cual se observa el flujo de trabajo sin la propuesta de base de datos que se pretende establecer en el presente trabajo y el Diagrama 2 que es el flujo de trabajo con la propuesta.

Es necesario el desarrollo de legislaciones que regulen el ingreso de haplotipos del cromosoma “Y” a las bases de datos, de muestras de referencia de imputados o sujetos vinculados a proceso, con el fin de establecer un marco jurídico que sustente el actuar de las mismas. Otro punto a considerar respecto a la base de datos del haplotipo del cromosoma Y son los Kits comerciales que se usan, ya que dependiendo del que se utilice se obtienen mayor o menor número de Y-STRs.

En la Tabla 1 se muestran los marcadores de los Kits comerciales que se utilizan en el mundo, y como se observa actualmente hay una disponibilidad de un número mayor de Y-STRs, lo que favorece la discriminación de individuos masculinos. Específicamente se observarán los Kits ofrecidos por Promega y Thermo Fisher Scientific, este punto es importante ya que la base de datos tendría que tener la flexibilidad de ingresar haplotipos del cromosoma Y obtenidos de diferentes Kits comerciales.

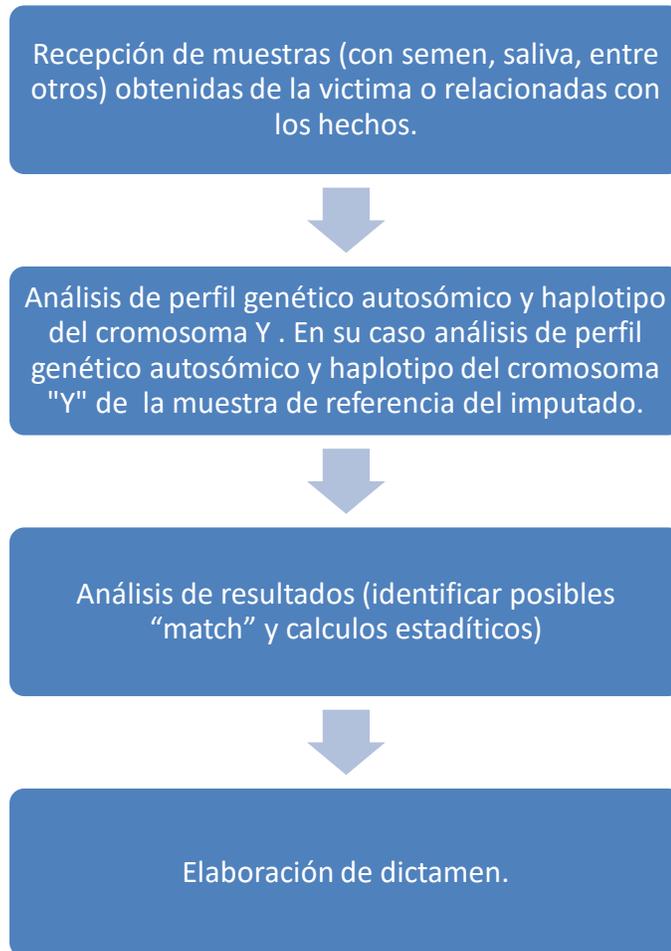


Diagrama 1 Flujo de trabajo sin base de datos de haplotipo del cromosoma Y.

Sin embargo, si se pretende utilizar la base de datos de manera interna, es decir en un laboratorio que atiende asuntos locales se podría personalizar a los marcadores Y-STRs que utiliza.

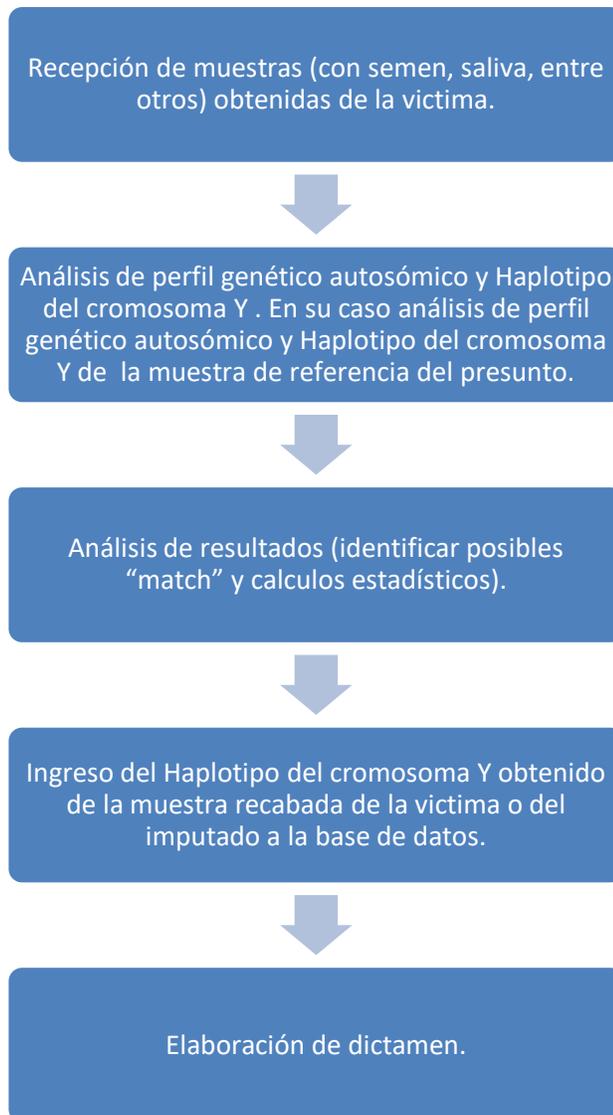


Diagrama 2 Flujo de trabajo con base de datos de haplotipo del cromosoma Y.

Marcador Y-STR	PowerPlex [®] x [®] Y	AmpF/STR [®] Yfiler [®]	PowerPlex [®] Y23	Yfiler [®] Plus
DYS19	✓	✓	✓	✓
DYS385a/b	✓	✓	✓	✓
DYS389I	✓	✓	✓	✓
DYS389II	✓	✓	✓	✓
DYS390	✓	✓	✓	✓
DYS391	✓	✓	✓	✓
DYS392	✓	✓	✓	✓
DYS393	✓	✓	✓	✓
DYS437	✓	✓	✓	✓
DYS438	✓	✓	✓	✓
DYS439	✓	✓	✓	✓
DYS448		✓	✓	✓
DYS456		✓	✓	✓
DYS458		✓	✓	✓
DYS635		✓	✓	✓
Y-GATA-H4		✓	✓	✓
DYS481			✓	✓
DYS533			✓	✓
DYS549			✓	
DYS570			✓	✓
DYS576			✓	✓
DYS643			✓	
DYS449				✓
DYS460				✓
DYS518				✓
DYS627				✓
DYF387S1a/b				✓

Tabla 1 Marcadores Y-STRs incluidos en kits comerciales.

1.6 Descripción general del lenguaje de programación Visual Basic for Applications (VBA).

El lenguaje de programación VBA es ampliamente utilizado para generar aplicaciones en Excel de manera rápida, la palabra “Visual” denota la generación de una interfaz gráfica para el usuario , quien se auxilia de objetos prefabricados en lugar de escribir los códigos correspondientes para generarlos (Ceballos, 2013) y la palabra Basic viene del lenguaje “BASIC”(Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code) que es el origen de VBA. La manera más común con la que el usuario interactúa con las aplicaciones que se generan en VBA es mediante el uso de “objetos”, estos tienen en conjunto datos y códigos que podrían tomarse como una unidad, una aplicación puede ser un “objeto” aunque a la vez esta contiene en algunos casos objetos dentro de sí, como lo son; Botones de comando, formularios, gráficos, entre otros.

Para el desarrollo de una aplicación en VBA, se utiliza tanto la ventana de editor de VBA (ver Figura 1) así como la ventana de formularios VBA/Excel (ver Figura 2).

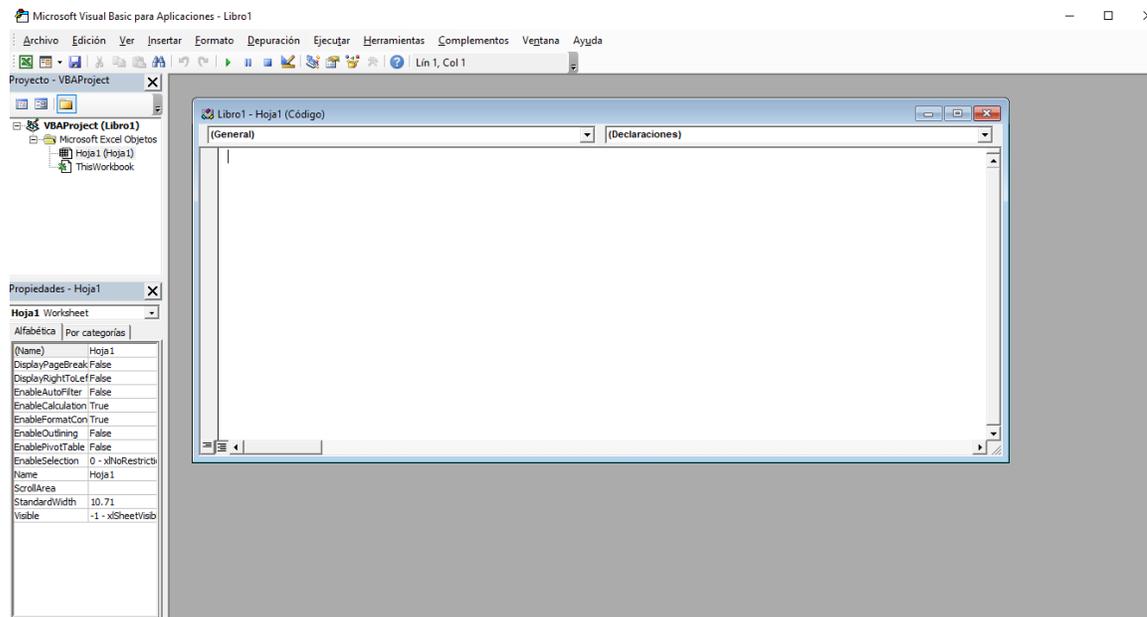


Figura 1 Ventana de editor de VBA.

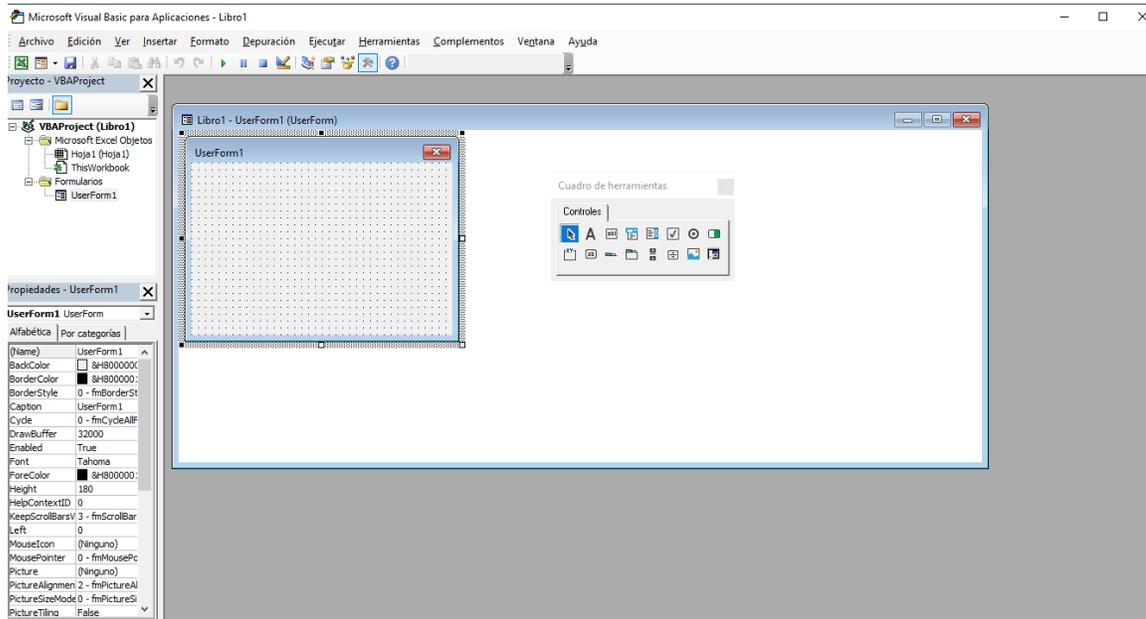


Figura 2 Ventana de formularios de VBA/Excel.

Por lo que en general esas ventanas (Figura 1 y 2), son las que se emplea como herramienta principal para el desarrollo de una aplicación, para programar una aplicación en VBA existen dos tipos de estructuras de código que en espíritu difieren mucho una de la otra. En primera instancia tenemos la estructura de código llamada “Sub” que se ejecuta en tandem de acuerdo al código generado, dentro de la estructura se pueden crear otras subrutinas que se llamen entre sí para lograr el objetivo requerido y estas subrutinas se pueden añadir a alguna forma que simule un “botón” para ejecutarla. La estructura del tipo subrutina (Sub), está dada por la siguiente forma:

```
Public Sub <nombre de la subrutina> ()
```

Dim <Variable> As Integer "La declaración de la variable se fija de acuerdo a las necesidades de cada problemática.

<Instrucciones de la subrutina>

```
End Sub
```

La terminación de las subrutinas es siempre “End Sub”, que significa el término de la ejecución del código.

La segunda estructura de código es del tipo "Function", la cual es precisamente una función que devuelve un valor después de la ejecución de la misma, sin embargo, es necesario el uso de argumentos para que estas funcionen pues ejecuta "formulas", cuyas constantes pueden programarse dentro de la misma, sin embargo, las variables (argumentos) se ingresan de manera manual, esto se puede hacer desde una celda. Muchos de nosotros utilizamos funciones predeterminadas de Excel (Radio, Promedio, Suma, entre otras), pero para algunas ecuaciones o aplicaciones de ingeniería no hay funciones por lo que el programarla en Excel es muy rápido. La estructura de código del tipo Function se muestra a continuación:

```
Public Function <nombre de la función> (argumentos)
```

```
Dim <Variable> As Integer "La declaración de la variable se fija de acuerdo a las necesidades de cada problemática.
```

```
<nombre de la función> = <valor/expresión>
```

```
End Function
```

Las subrutinas y funciones pueden ser públicas o privadas, en caso de que se quiera utilizar de manera privada, se colocaría de la siguiente manera:

```
Private Sub <nombre de la subrutina> ()
```

```
Dim <Variable> As Integer "La declaración de la variable se fija de acuerdo a las necesidades de cada problemática.
```

```
<Instrucciones de la subrutina>
```

```
End Sub
```

En el caso de que interactúen varias subrutinas en el código de alguna aplicación se recomienda programarle la subrutina del tipo Public para permitir que se reconozcan entre sí.

1.6.1 Variables y tipo de datos.

Las variables sirven para almacenar o manipular información dentro de los respectivos códigos, cada variable implicada en los módulos (subrutinas o funciones), deben ser declaradas al comienzo de la misma para que esta funcione de manera correcta, la instrucción Dim permite reiniciar la declaración cada vez que se ejecute el módulo, por otra parte, si se

quiere mantener constante durante la ejecución de la subrutina se utiliza la instrucción `Static`. También se deben de declarar cada variable de acuerdo al tipo de datos que se van a almacenar o manipular, por lo que conocer los tipos de variables que te permite declarar VBA de acuerdo al tipo de datos es fundamental, por consiguiente, se muestran los principales tipos de datos que se utilizan en la programación con VBA;

- 1.- Enteros (Integer) que van desde – 32768 a 32767 (Canahuire, 2018) .
- 2.- Long para valores de – 2147483648 a 2147483647 (Canahuire, 2018).
- 3.- Double para valores de –1,79769313486231570E+308 a –4,94065645841246544E-324 para números negativos y de 4,94065645841246544E-324 a 1,79769313486231570E+308 para números positivos (Canahuire, 2018).
- 4.- Bolean, este tipo de dato es de naturaleza lógica y puede tomar dos valores, verdadero o falso (Canahuire, 2018).
- 5.- Date, para fechas (Canahuire, 2018).
- 6.- String, para datos de texto (Canahuire, 2018).

1.6.2 Estructuras de control (“If-Then”, “If-Then-Else”, “If-Then-Elseif”)

En VBA podemos encontrar diferentes estructuras de control que permite realizar operaciones iterativas y tomar decisiones, por lo que en las estructuras de control yace el espíritu de la operación de la aplicación pues con ella se puede interactuar con el usuario mediante ciertos criterios de operación.

En la estructura “**If-Then**”, se busca solo un criterio que tiene que cumplir determinada variable para que se ejecute, de lo contrario no pasará nada, a continuación, se muestra el código de esta declaración:

```
If c > 22 Then  
    func = 5  
End If
```

También se puede escribir esta declaración en una sola línea y de esta forma ya no es necesario colocar “End If” al final del código, por lo que se vería de la siguiente manera;

```
If c > 22 Then func = 5
```

La estructura “**If-Then-Else**” es similar a la estructura anterior, sin embargo, esta provee una alternativa en caso de que la condición no se cumpla y esta alternativa siempre se ejecutara en caso de que la condición no se cumpla (lo contrario a la declaración “**Elseif**”, dónde hay más condiciones que pueden llegar a cumplirse), a continuación, se muestra el código de la declaración:

```
If c > 22 Then  
    MsgBox (“La base de datos ha encontrado una coincidencia”)  
Else  
    MsgBox (“No se ha encontrado ninguna coincidencia”)  
End If
```

En esta estructura algo pasará, aunque la condición sea verdadera o falsa.

Pero hay otra declaración que nos permite tener varias condiciones que la variable debe de cumplir o puede llegar a cumplir en determinado momento, por lo que las condiciones se convierten en múltiples alternativas, esa estructura es la declaración “**If-Then-Elseif**”, cuyo código se muestra a continuación:

```
If c > 8 Then  
    c = “Aprobado con excelencia académica”  
Elseif c > 6 Then  
    c = “Aprobado”  
Elseif c < 5 Then  
    c = Reprobado  
End If
```

1.6.3 Estructuras tipo bucle (“Do-Loop”, “Do-While”, “Do-Until”, “For-Next”, “For Next (nested)”, “Exit For”)

En muchas ocasiones utilizamos las estructuras tipo “bucle” para obtener algún resultado hasta que se cumpla un criterio o resultado específico, por lo que también en el uso de exportación de matrices es necesario fijar los criterios para que estas sean exportadas, por lo que una breve descripción del uso de estas estructuras tipo Bucle es necesaria.

En primer lugar, tenemos la estructura general tipo “**Do-Loop**” que es la forma más sencilla de un bucle, para la iniciación en programación en VBA esta estructura nos muestra los fundamentos para poder utilizar estructuras más avanzadas, sin embargo hay que tener precaución al momento de utilizarla pues es necesario que el bucle tenga una salida para que no se repita de manera indefinida y el programa simplemente divague entre esta ejecución y se estropee el objetivo de la misma, a continuación se muestra el código de este tipo de bucle:

```
Do
    < Ejemplo: Ecuación A >
    If < condición x > Then
        Exit Do
    Else
        <Ejemplo: MsgBox “No se cumplió la condición x” >
    End If
Loop
```

Insertar los ejemplos de la ecuación A y el MsgBox es meramente opcional pues estos corresponden a bloques que se encuentran antes del test con la condición y después del test.

Después tenemos el bucle tipo “**Do-While**”, que se ejecuta siempre y cuando la condición establecida se encuentre vigente, por lo que el test es hecho al comienzo del bucle, es como si la estructura “If” se encontrará implícita en el bucle, a continuación, se muestra el código para este bucle:

```
x = 10
Do While x > 1
    x = x/2
Loop
```

En tercer lugar, tenemos la estructura “**Do-Until**” que se podría pensar que incluye implícitamente la declaración “If-Then”, ya que después de la operación que se encuentra en el código, se lleva a cabo un post-test, en contraste con las estructuras anteriores que son pre-test, a continuación, se muestra el código para esta estructura:

```
x=10  
  
Do  
  
  x = x / 2  
  
Loop Until x < 1
```

En este ejemplo el código se ejecutará hasta que x sea menor que uno, de esta forma se puede entender mejor a lo que se refiere a un post-test.

Los ciclos “**For**” son ampliamente utilizados y también se conocen como “ciclos de iteración controlados por conteo”, el bucle tipo “**For-Next**” se utiliza cuando se requiere ejecutar el código en un determinado número de iteraciones, dentro de la estructura “**For-Next**” se encuentra un código embebido que se ejecutará hasta que el número de incrementos cumpla el límite establecido, a continuación, se muestra el código para esta estructura:

```
For <índice> = <comienzo> to <limite > (Step <incremento>)  
  
  <código loop embebido>  
  
Next <índice>
```

Para el caso de matrices es muy útil la estructura “**For-Next (nested)**”, que nos permite navegar y realizar cálculos a través de matrices mediante una premisa “**For-Next**” anidada dentro de otra, por ejemplo; al iterar en un arreglo de cinco filas y cuatro columnas el código sería el siguiente;

```
For n = 1 to 5  
  
  For m = 1 to 4  
  
    A (i, j) = <operación>  
  
  Next m  
  
Next n
```

Otras veces queremos iterar a través de un arreglo hasta que encontramos un valor en específico y para este caso se utiliza la declaración “**Exit-For**” también se puede utilizar para salir del código

cuando se alcanza un criterio o tolerancia al ejecutar un código, esto con ayuda de la estructura **"If-Then"** y **"Four-Each"** a continuación se muestra el código:

```
Sub Ejemplo1()
```

```
For Each m In Selection
```

```
    If c.Value = 10
```

```
        c.Value = 100
```

```
    Exit For
```

```
End If
```

```
Next m
```

```
End sub
```

1.7 Preguntas de Investigación

Después de efectuar la revisión de literatura, se desprende la principal pregunta de investigación, sería la siguiente:

¿Qué estándares para el aseguramiento de calidad han sido desarrollados para los Laboratorios de Genética Forense que realizan la prueba de perfil genético y gestionan una base de datos?

De esta pregunta se desprende otra que es complementaria:

¿Cómo se puede generar una Base de Datos de Haplotipo del Cromosoma Y para el sistema de identificación humana PowerPlex® Y23 System?

CAPITULO 2 METODOLOGÍA

2.1 Fundamentos teóricos y filosofía de la investigación

2.1.1 Posicionamiento filosófico

El posicionamiento filosófico que un investigador conserva a lo largo de la tarea científica puede influir en la manera en que esta se lleva a cabo aunque no se encuentre de manera explícita en la narrativa de los acontecimientos, la filosofía del investigador rige la manera en la que el percibe los fenómenos sociales y naturales (Creswell, 2009). El plantear este posicionamiento permite a los lectores entender el punto de vista filosófico del investigador y comprender buena parte de las acciones que el investigador lleva a cabo, así como las interpretaciones que derivan de las mismas. De acuerdo con Creswell (2009) existen cuatro corrientes filosóficas predominantes en el ámbito científico, las cuales son:

1-Postpositivismo: Se enfoca en identificar las causas del problema, ya que su postura “determinista” plantea que esas causas influyen en gran manera los efectos o salidas que se estudian. Por lo que de una manera “reduccionista” toma un determinado número de variables

que se encuentran comprendidas dentro de la hipótesis para lograr responder las preguntas de investigación. Todo esto auxiliado de un cuerpo matemático que ayuda a soportar la validez de los resultados obtenidos, a tal grado de conjeturar leyes o teorías acerca de los fenómenos en estudio.

2-Constructivismo: Esta corriente filosófica se enfoca en el estudio de los individuos que conforman a un grupo social, buscando significado en lo que las personas dicen o hacen en sus actividades cotidianas con otros individuos (comportamiento social constructivista) mirando las normas por las cuales se rigen esos grupos en aras de encontrar patrones que aporten evidencias para lograr una generalización del conocimiento encontrado.

3-Promotor-Participativo: Al no encontrar en el pospositivismo y constructivismo un enfoque que ayude a minimizar la marginalización de los grupos vulnerables que se encuentran en la sociedad, surge esta corriente del pensamiento que fue principalmente impulsada durante los años 1980s y 1990s por líderes que buscaban conectar la investigación con las agencias públicas y políticas, por lo que se buscaba incidir en la vida de sus participantes otorgándoles voz (Creswell, 2009), por lo que los investigadores tienen un especial interés en la desigualdad, opresión, dominación y supresión de los individuos.

4-Pragmatismo: Se enfoca en proveer soluciones prácticas a los problemas que se plantea el investigador valiéndose de los métodos que se tengan disponibles, independientemente si sean cuantitativos, cualitativos o mixtos.

En la disciplina de la gestión de calidad se busca la solución de problemas que surgen en las organizaciones tanto en el aspecto social como productivo, valiéndose de diversas metodologías que le otorgan el posicionamiento **pragmático. Por lo que la presente investigación asume esta corriente del pensamiento.**

2.1.2 Métodos de Investigación

En el acontecer de los años y a pesar del oscurantismo que limitó el desarrollo del pensamiento lógico formal, las aportaciones de personajes como Newton o Galileo provocaron el auge de lo cuantitativo y en busca de encaminar la tarea científica hacia fines más “prácticos” vino el diseño del experimento que supondría una condición óptima para la investigación. Sin embargo, después vinieron diversas teorías de la física moderna que orillaron a los investigadores a no encapsularse

en la pureza de sus investigaciones sino más bien asumir un papel más relativista. Por lo que el investigador debía de indagar acerca de la naturaleza de lo real (Ontología), la legitimidad del conocimiento que es adquirido de esa realidad (Epistemología) y finalmente el ¿Cómo es posible encontrar ese conocimiento? es decir una Metodología (Antwi & Hamza, 2015).

Por lo que una vez abandonando lo que se podría llamar “La dicotomía de lo cuantitativo y cualitativo” la adquisición de los métodos cuantitativos por parte de las ciencias sociales se llevó a cabo de una forma rápida. Lo que resumió a ese asunto en más bien una decisión del tipo técnica acerca de que la mejor metodología surgía en cuestión a cuáles eran las preguntas específicas de investigación (Antwi & Hamza, 2015). En este sentido y con base en la principal pregunta de investigación del presente trabajo, en primera instancia, se pretende llevar a cabo una revisión bibliográfica sistemática, con ayuda de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), misma que fue publicada en el 2009 con la finalidad de transparentar los procesos de investigación en revisiones sistemáticas, enfocándose en las siguientes preguntas: ¿Por qué fue hecha la revisión?, ¿Qué hicieron los investigadores? y finalmente ¿Qué fue lo que ellos encontraron? En el año 2020 fue publicada la nueva declaración PRISMA que reemplaza a la publicada en el 2009, esta nueva publicación demuestra avances en la identificación de métodos, selección de estudios y su síntesis (Page et al., 2021) . La declaración PRISMA ayuda a transparentar los procesos de revisión bibliográfica sistemática, aspecto que es importante ya que el investigador tiene la tarea de preguntarse la validez y confiabilidad de los instrumentos utilizados, así como de sus resultados, lo que le conduce si se lleva a cabo de forma correcta a una interpretación más profunda de lo recabado (Creswell, 2009).

En la presente **investigación se aborda para la principal pregunta de investigación una metodología cualitativa**, la cual es una revisión sistemática de bibliografía auxiliada de la declaración PRISMA con el fin de encontrar; ¿Qué estándares para el aseguramiento de calidad han sido desarrollados para los Laboratorios de Genética Forense que realizan la prueba de perfil genético y gestionan una base de datos?, para después profundizar acerca de la situación actual de México ante ellos.

Para la pregunta de investigación secundaria se empleará una metodología de prototipo, la cual es un proceso de desarrollo de aplicaciones interactivo y repetitivo, mediante la elaboración de un prototipo, el cual es evaluado repetitivamente antes de que el usuario final utilice la aplicación

desarrollada (Susanto, 2019). Esta permitirá que se pueda desarrollar una Base de Datos de Haplotipo del Cromosoma Y para el sistema de identificación humana PowerPlex® Y23 System, con el lenguaje de programación de VBA y usar como interfaz Excel.

3. Estándares para el aseguramiento de calidad para los Laboratorios de Genética Forense: Una Revisión sistemática

3.1 Criterios de Búsqueda

Se realizó una búsqueda sistemática enfocada en las siguientes bases de datos:

-PubMed

-ScienceDirect

Se seleccionaron esas bases de datos al contener revistas especializadas en el área de genética forense como lo son; Forensic Science International: Genetics Supplement Series, Forensic Science International: Genetics, HR Management in the Forensic Science Laboratory, entre otras.

Otros puntos que se tomaron en cuenta fueron:

1. El periodo de búsqueda: Se incluyeron en la revisión todos los artículos comprendidos del año 2015 al 2021, esto con las herramientas que las bases de datos proveen.
2. Idioma: Se incluyeron artículos en inglés y español.
3. Tipos de publicación: Los tipos de estudio fueron seleccionados de acuerdo a todos aquellos que especificaran el criterio de estándar, ISO/IEC 17025, forense y ADN, más adelante en la Tabla 2 se especifica los criterios de búsqueda auxiliado del operador Booleano.

Los términos de búsqueda fueron los siguientes: STANDARDS, ISO/IEC 17025, FORENSIC, DNA.

Base de Datos	Términos
PubMed	(STANDARDS OR ISO/IEC 17025) AND FORENSIC AND DNA
ScienceDirect	(STANDARDS OR ISO/IEC 17025) AND FORENSIC AND DNA

Tabla 2 Términos de Búsqueda empleados en las bases de datos PubMed y ScienceDirect.

3.2 Criterios de Inclusión, Exclusión y Eliminación

Criterios de Inclusión:

- Artículos publicados durante el periodo de búsqueda: 2015 a 2021
- Artículos en idioma inglés y español
- Que refieran los estándares (Sistemas de Gestión de Calidad) aplicables al Laboratorio de Genética Forense

Criterios de Exclusión:

- Artículos fuera del criterio de búsqueda
- Artículos con idioma diferente al inglés o español
- Estudios que no refieren estándares para el aseguramiento de calidad
- Estudios que se comprenden dentro de las validaciones de todos los Kits, Software, ensayos inter-laboratorio, que se aplican en los Laboratorios de Genética Forense. Ya que estos criterios se contemplan dentro de un estándar o sistema de gestión de calidad, pero no es el sistema en sí mismo.

Criterios de Eliminación:

- Artículos repetidos
- Aquellos que no especifican los estándares para el aseguramiento de calidad en los Laboratorios de Genética Forense.
- Área distinta a la forense
- Genética Forense de seres vivos diferentes a los humanos.
- Reportes de Congresos.

3.3 Selección de artículos potenciales

Los artículos seleccionados como posibles fuentes potenciales de información relacionada con la pregunta de investigación fueron evaluados bajo los criterios de inclusión y exclusión anteriormente referidos, dichos criterios se emplearon desde el título del artículo y abstract, en caso de que este no se encontrara disponible se analizaron sus “Key words”, en los cuales se buscaban los términos de búsqueda anteriormente citados.

Después de la selección se eliminarán aquellos que se encuentren repetidos entre las bases de datos, posteriormente se dará lectura profunda a cada uno de los artículos que se encontraban ya en las últimas etapas del refinamiento de información con el objetivo de valorar los estándares que abordaban, y de qué manera estos estaban sujetos a organismos internacionalmente reconocidos como lo es, pero no se limita a; ISO e IEC. Finalmente se extraerán los estándares relacionados con los mismos.

CAPITULO 4 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 Resultados de la revisión sistemática de los estándares para el aseguramiento de calidad para los Laboratorios de Genética Forense.

Al llevar a cabo la revisión de acuerdo a la metodología expuesta anteriormente se encontraron un total de 2341 artículos relacionados con los términos ya descritos con anterioridad, los cuales al revisar el título y *abstract* o palabras clave de cada uno de ellos se procedió a aplicar los criterios de exclusión, eliminación y finalmente inclusión. Del total de 2341, se eliminaron 2296 artículos que no cumplían con los criterios de inclusión por estar fuera del área de interés, de los 45 restantes se procedió a la refinación de los mismos detectando que 5 se encontraban repetidos en las bases de datos y fueron eliminados. Finalmente se obtuvieron un total de 40 artículos para ser revisados de manera profunda para la determinación de su inclusión o exclusión. El procedimiento de dicha revisión sistemática se muestra en el Diagrama 3.

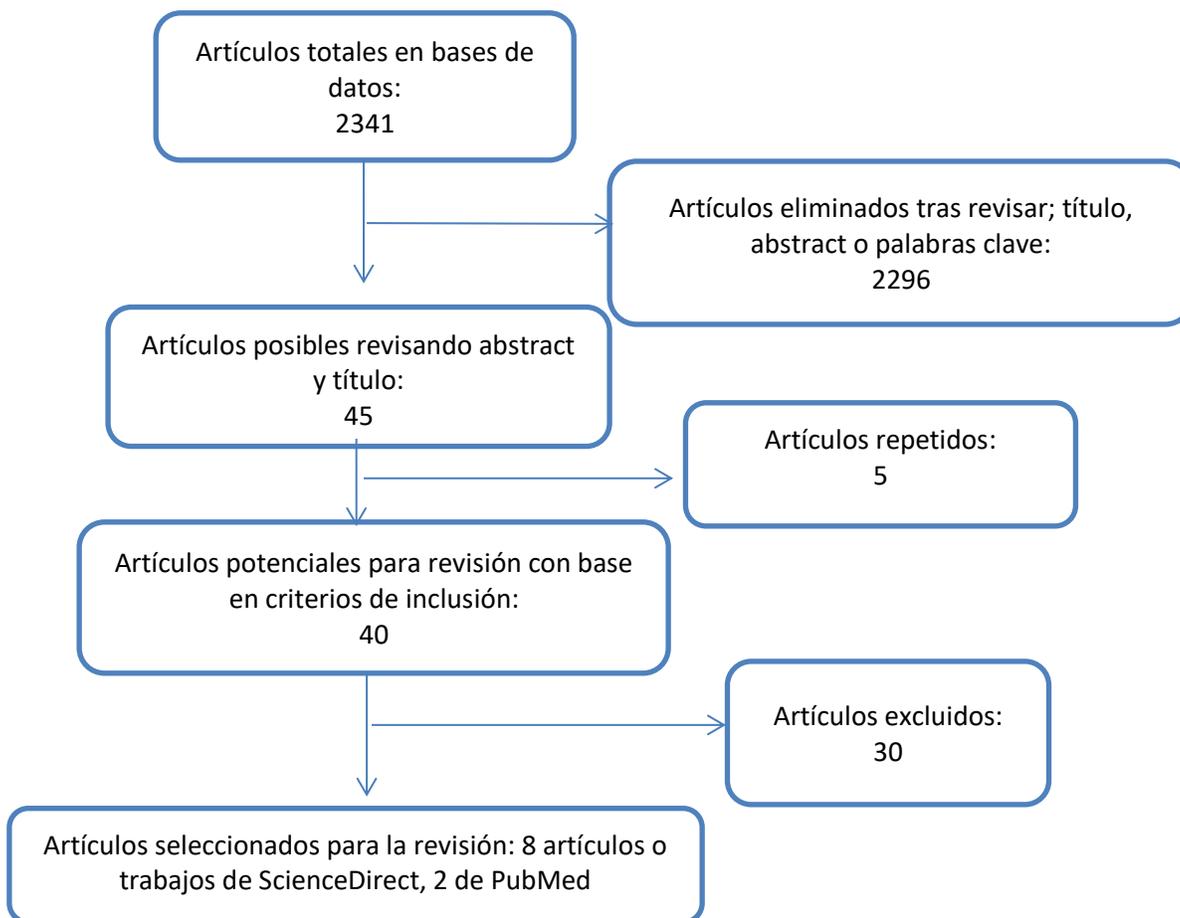


Diagrama 3 Selección de Artículos.

Cómo se puede observar en el Diagrama 3, se obtuvieron al final 10 artículos o trabajos que fueron evaluados de manera general para su inclusión al presente trabajo, los artículos o trabajos que fueron revisados consisten en tres secciones de libros y siete artículos, a continuación, se muestran los artículos y secciones de libros seleccionados:

Artículos:

- 1) Standardization in forensic genetics—A multi-faceted challenge in Poland, de Jacewicz y Iyavoo (2019).
- 2) A work in progress - accreditation of forensic DNA laboratories as a part of the „ European Forensic Science Area 2020 (EFSA 2020)” concept, de Nogel et al. (2019).
- 3) Interpol review of forensic biology and forensic DNA typing 2016-2019, de Butler y Willis (2020).
- 4) Mandatory certification of forensic science practitioners in the United States: A supportive perspective, de Melbourn et al. (2019).
- 5) The development of forensic science standards in China, de Zhai et al. (2020).
- 6) The international development of forensic science standards — A review, de Wilson-Wilde (2018).
- 7) U.S. initiatives to strengthen forensic science & international standards in forensic DNA, de Butler (2015).

Secciones de libro:

- 1) HR Management in the Forensic Science Laboratory, Accreditation, de Collins (2018).
- 2) Quality Management in Forensic Science, An Introduction to the Standards Applicable to the Management, Practice, and Delivery of Forensic Science, de Doyle (2019).
- 3) Quality Management in Forensic Science, Historical Perspective, and Delivery of Forensic Science, de Doyle (2019).

Aunque se podría pensar que la mayoría de los artículos versan acerca del estándar internacional ISO/IEC 17025, es notoria la cantidad de recomendaciones, manuales y estándares que han sido desarrollados al rededor del mundo con el fin de mejorar la calidad del análisis forense, esto en todas las disciplinas que se encuentran entorno al análisis pericial, el análisis de perfil genético no es la excepción.

El trabajo de Wilson-Wilde (2018) establece que los procesos de calidad giran en torno a; los métodos, personal y a los laboratorios. En este contexto, los métodos se estandarizan, los peritos se certifican y los laboratorios se acreditan. La acreditación de los laboratorios se lleva a cabo por entidades de acreditación que se basan en estándares emitidos por las organizaciones

desarrolladoras de estándares (ODE's), en los cuales se establece un marco de referencia de requerimientos de calidad de un producto o servicio (Wilson-Wilde, 2018), por lo que en ellos se plasman las cualidades que se espera a nivel internacional que contenga el producto o servicio. La acreditación la otorga una entidad de acreditación mediante la evaluación de la conformidad basado en estándares o en modelos de calidad. En el área forense en México hay dos organismos que están reconocidos por el gobierno mexicano para otorgar acreditaciones, se hablaría de la Entidad Mexicana de Acreditación (**EMA**) y el consejo nacional de acreditación del instituto estadounidenses de normas nacionales (**ANAB**), esta última como se puede observar en el presente trabajo (Ver Figura 4) ha jugado un papel muy importante en la acreditación de los laboratorios forenses en México. Las acreditaciones otorgadas por estas entidades son:

- I. **ISO / IEC 17025: 2017 – Requisitos Generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración.**
- II. **ISO / IEC 15189: 2012 Laboratorios Médicos- Requisitos de calidad y competencia.**
- III. **ISO / IEC 17020: 2017 Evaluación de la conformidad - Requisitos para el funcionamiento de varios tipos de entidades que realizan inspección.**

Estas normas han sido desarrolladas en colaboración con el Comité de Evaluación de la Conformidad (CASCO) de la Organización Internacional de Estandarización. En la sección “**1.3 Sistemas de gestión de calidad en los laboratorios clínicos, de calibración y ensayo**” del presente trabajo, se establecen los contextos en los que se han aplicado la ISO / IEC 17025 e ISO / 15189. En el área forense como se mostrará, la acreditación gira en torno a la ISO / IEC 17025.

Según la relación entre la acreditación de los laboratorios, estandarización de métodos y certificación de peritos (ver Figura 3), establecida por Wilson-Wilde (2018), desde una perspectiva sistémica, no se puede esperar un progreso significativo en la calidad del servicio otorgado, si se percibe a la acreditación como fin o logro único.



Figura 3 Relación entre el contexto forense y los procesos de calidad, subrayando la estrecha relación que existe entre ellos. Adaptado de Wilson-Wilde (2018).

La relación que muestran esos procesos, se pueden también observar en el trabajo de Jacewicz y Iyavoo (2019), dónde se explican los factores que jugaron un papel importante en la estandarización del área forense en Polonia, en los cuales se destacan, la acreditación mediante el estándar PN-EN ISO/IEC 17025, la creación de manuales y recomendaciones, el desarrollo del marco jurídico para las prácticas forenses (legislación y consideraciones éticas) así como la especialización y capacitación del personal (Jacewicz & Iyavoo, 2019).

La estandarización de las ciencias forenses en China data del año 1991 (Zhai et al., 2020), que fue cuando se creó el “Comité Técnico Nacional de la Administración de Ciencias Forenses de la Administración de Estándares de China (SAC / TC 179)”, un organismo designado por el gobierno como responsable del desarrollo de estándares forenses.

Por otra parte, en Estados Unidos de América (E.U.A) los trabajos para la estandarización de las ciencias forenses comenzaron en el 2005 cuando el Congreso de los Estados Unidos le pidió a la Academia Nacional de Ciencias elaborar un estudio para evaluar el estado de las ciencias forenses. A partir del informe realizado por la academia, hubo muchas iniciativas por parte del Congreso para la estandarización de las ciencias forenses en E.U.A (Butler, 2015). Entre las principales fueron:

- I. La Creación de una entidad independiente; Instituto Nacional de Ciencias Forenses (NIFS por sus siglas en ingles).
- II. El Establecimiento de un marco normativo referente a la terminología empleada en los reportes y testificaciones que son resultado de la investigación forense y la creación de un modelo de reporte de laboratorio que contenga la cantidad mínima de información requerida.
- III. La publicación de la validación de los métodos forenses empleados, incluyendo su reproducibilidad, límites de cuantificación y la determinación de la incertidumbre de la medición.
- IV. Solicitar la acreditación de los laboratorios e instalaciones forenses (públicos y privados), así como también ordenar la certificación individual de los profesionales forenses.

El trabajo de Nogel et al. (2019), establece el progreso en la acreditación de los laboratorios forenses en la Unión Europea, a partir de la decisión 2009/905 / JAI, el día 30 de Noviembre del 2009, de su Consejo, sobre la “acreditación de proveedores de servicios forenses que realizan actividades de laboratorio”³. El trabajo de (Nogel et al., 2019), señala que se revisó las bases de datos de los organismos de acreditación de cuatro países miembros (República Checa, Hungría, Eslovaquia, y Polonia), los cuales se encontraban acreditados con la **ISO / IEC 17025**, así como también recalco los principales estándares internacionales relacionados con la determinación del perfil genético;

³ Información disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32009F0905>, última revisión el 10 de Septiembre del 2021.

- **ISO / IEC 19794-14: 2013 - Tecnologías de la información - Formatos de intercambio de datos biométricos - Parte 14: Datos de ADN.**
- **ISO 18385:2016 - Minimización del riesgo de contaminación de ADN humano en productos utilizados para recolectar, almacenar y analizar material biológico para fines forenses –Requisitos.**
- **ISO / IEC 17025: 2017 - Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de ensayo y calibración.**
- **ISO 21043: 2018 - Ciencias forenses.**

Como se puede observar hay diversos estándares que se aplican al área forense, la mayoría son relativamente de reciente creación; **ISO / IEC 19794-14** creada en el 2013, **ISO 18385** creada en el 2016, **ISO 21043** creada en el 2018, el estándar más aplicado en la actualidad es la **ISO / IEC 17025** (Butler, 2015; Butler & Willis, 2020; Collins, 2018; Doyle, 2019a; Jacewicz & Iyavoo, 2019; Nogel et al., 2019), esto se debe según lo que se infiere hasta el momento, a que hasta hace poco tiempo solo se contaba con la **ISO / IEC 17025**, para aplicarla de manera indiscriminada a los laboratorios de ensayo forense, esto debido a su generalidad, pero debido precisamente a esto, según Ansell (2013), en la unión europea surgen nuevos estándares o modelos de calidad para reemplazarla (Ansell, 2013), estos modelos de calidad provienen de la red europea de institutos de ciencias forenses (ENFSI). Ya que la visión genérica de la **ISO / IEC 17025** y la guía **ILAC-G19:2002**, no contempla entre otras cosas, el análisis de deconvolución de mezclas de perfiles genéticos y la gestión de una base de datos de perfiles genéticos, por lo que en países como EE.UU. se ha optado por usar el estándar **ISO / IEC 17025** y el **FBI QAS DNA** de manera conjunta.

En EE.UU. hay otros sistemas de gestión de calidad (SGC) propuestos por el grupo científico de trabajo en métodos de análisis de ADN (SWGAM), una de las principales organizaciones que ha impulsado la normalización de las ciencias forenses en el mundo (Butler, 2015; Butler & Willis, 2020; Nogel et al., 2019). Estos SGC pueden añadirse a la gama disponible para los laboratorios de genética forense al ser aplicables específicamente a este tipo de laboratorios por que realizan tanto pruebas de perfil genético y gestionan una base de datos de perfiles genéticos con los marcadores detallados en el CODIS, estos sistemas de gestión son :

- Estándar para el aseguramiento de la calidad de los laboratorios forenses que realizan la prueba de ADN⁴(SWGAM, 2020a), esté SGC debe de aplicarse con el ; Estándar de auditoria del aseguramiento de la calidad del FBI para laboratorios forenses que realizan la prueba de ADN⁵ (SWGAM, 2020c).

⁴ Disponible en: https://docs.wixstatic.com/ugd/4344b0_d4c50d6204b240d3ab23e388b5f6591a.pdf , última revisión 10 de Octubre del 2021.

⁵ Disponible en: https://docs.wixstatic.com/ugd/4344b0_7b03780db7244a5b9a93b3bdd59345b5.pdf , última revisión 10 de Octubre del 2021.

- Estándar para el aseguramiento de la calidad de los laboratorios forenses que utilizan una base de datos de perfiles genéticos⁶(SWGDM, 2020e), este SGC debe de aplicarse con el; Estándar de auditoría del aseguramiento de la calidad del FBI para laboratorios forenses que utilizan una base de datos de perfiles genéticos⁷ (SWGDM, 2020b)
- Estándar para el aseguramiento de la calidad de los laboratorios forenses que realizan pruebas de ADN y gestionan una base de datos de perfiles genéticos(SWGDM, 2020d).

Es de esperarse que durante y posterior a la acreditación del LGF, se utilice algún MRC como los citados en el presente trabajo, pero esto depende del alcance de la acreditación, es decir si el laboratorio de genética forense tiene dentro de su alcance de acreditación la cuantificación de ADN, utilizará un MRC. Para conocer los alcances de acreditación que actualmente tienen los laboratorios de genética forense en México se procedió a realizar una búsqueda en las bases de datos de los organismos de acreditación en el área forense que tienen ya acreditados diversos laboratorios, como lo es el caso de **ANAB** y **EMA**.

Para el caso de la ANAB se buscó mediante el directorio de organizaciones acreditadas en México, con los siguientes filtros:

- Que estuviera en estatus “activo”,
- Acreditados con el estándar ISO/IEC 17025:2017,
- Relacionados con la prueba forense “Biology”⁸.

Para el caso de la EMA, se realizó la búsqueda en la página oficial, encontrando un total de 10 laboratorios, que se clasificaron por su alcance “Genética Forense” y “Ciencias Forenses”, para incluir aquellos que estaban acreditados en la obtención del perfil genético. Se muestra a continuación un mapa geográfico de México, que resaltan en color azul los estados con laboratorios de genética forense acreditados con la ANAB y con color verde aquellos estados que tiene laboratorios acreditados tanto por ANAB como por EMA.

⁶ Disponible en: https://docs.wixstatic.com/ugd/4344b0_bf68274461f3425888adce9399115099.pdf , última revisión 10 de Octubre del 2021.

⁷ Disponible en: https://docs.wixstatic.com/ugd/4344b0_990aee2783af4a82b4d21358e0bd1c53.pdf , última revisión 10 de Octubre del 2021.

⁸ Este termino lo incluye el directorio de base de datos de la ANAB.



Figura 4 Mapa de México, con los estados que cuentan con laboratorios acreditados en materia de genética forense por la ANAB y EMA. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el mapa presentado anteriormente (Figura 4), los siguientes estados cuentan con laboratorios de genética forense con acreditación por parte de la ANAB: Michoacán, Coahuila, Querétaro, Baja California Sur, Aguascalientes, Zacatecas, Chiapas, Tabasco, Chihuahua, Estado de Hidalgo, Guanajuato, Yucatán, Puebla, Guadalajara. Mientras que el estado de Nuevo León y la CDMX cuentan con laboratorios acreditados por ambos organismos.

En las Tablas de las 3 a la 8, se muestran las organizaciones que están acreditadas, el alcance de estas acreditaciones, matrices, equipos y se incluye la dirección electrónica de los certificados. El resto de laboratorios acreditados pertenecen a las fiscalías de los estados que se mencionan tanto en la Figura 7, así como en las Tablas de 3 a 8.

Organización	Cuerpo de Acreditación	Alcance	Sitio web del certificado de acreditación
Central ADN S.A de C.V	ANAB	Prueba: Determinación de Perfil Genético (STR) Matriz: No especifica.	https://search.anab.org/public/organization_files/Central-ADN-SA-de-CV-Cert-and-Scope-File-09-15-2021_1631742338.pdf
Lorgen Mexico, S.A. de C.V.	ANAB	Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR). Matriz: No especifica. Prueba 2: Comparación física (Equipo: Software Program)	https://search.anab.org/public/organization_files/Lorgen-Mexico-SA-de-CV--Cert-and-Scope-File-04-08-2021_1617886782.pdf
Dirección General De Servicios Periciales - Coahuila	ANAB	Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR). Matriz: No especifica. Prueba 2: Comparación física (Equipo: No aplica)	https://search.anab.org/public/organization_files/Direccion-General-De-Servicios-Periciales-Coahuila-Cert-and-Scope-File-12-21-2021_1640093806.pdf
Dirección de Servicios Periciales de la Fiscalía General Del Estado De Querétaro	ANAB	Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR). Matriz: No especifica. Prueba 2: Muestras para base de datos (STR y Y-STR) (Equipo: Base de Datos del Estado de Querétaro)	https://search.anab.org/public/organization_files/Direccion-de-Servicios-Periciales-de-la-Fiscalia-General-Del-Estado-De-Quertaro-Zona-Metropolitana-Cert-and-Scope-File-10-21-2021_1634843779.pdf
Dirección de Servicios Periciales de la Procuraduría General de Justicia del Estado de Baja California Sur	ANAB	Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR). Matriz: No especifica. Prueba 2: Base de Datos de Características Individuales (Perfil Genético) (Equipos: Database DigiMed/ADN y Genética Forense Final Versión (GFF)) Prueba 3: Comparación física de perfil genético (Equipo: Software Program)	https://search.anab.org/public/organization_files/Direccion-de-Servicios-Periciales-de-la-Procuraduria-General-de-Justicia-del-Estado-de-Baja-California-Sur-Cert-and-Scope-File-02-16-2021_1613505917.pdf

Tabla 3 Organizaciones acreditadas con el estándar ISO/IEC 17025:2017 aplicada a los laboratorios de genética forense en México. Fuente: Elaboración propia.

Organización	Cuerpo de Acreditación	Alcance	Sitio web de certificado de acreditación
Dirección General de Investigación Pericial de la Fiscalía General del Estado de Aguascalientes	ANAB	<p>Prueba 1 : Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR).</p> <p>Matriz: No específica.</p> <p>Prueba 2 : Base de Datos de Características Individuales (Perfil Genético)</p> <p>(Equipos: Sis Genética)</p> <p>Prueba 3: Comparación física de perfil genético (Equipo: Software Program)</p>	https://search.anab.org/public/organization_files/Direccin-General-de-Investigatin-Pericial-de-la-Fiscalia-General-del-Estado-de-Aguascalientes-Cert-and-Scope-File-12-17-2020_1608209839.pdf
Dirección General de Servicios Periciales, Fiscalía General de Justicia del Estado de Zacatecas	ANAB	<p>Prueba 1 : Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR).</p> <p>Matriz: No específica.</p> <p>Prueba 2 : Base de Datos de Características Individuales (Perfil Genético)</p> <p>(Equipos: Sistema de Prueba de Parentesco V_2)</p> <p>Prueba 3: Comparación física de perfil genético</p> <p>(Equipo: Software Program)</p>	https://search.anab.org/public/organization_files/Direccin-General-de-Servicios-Periciales-Fiscalia-General-de-Justicia-del-Estado-de-Zacatecas-Cert-and-Scope-File-12-23-2021_1640267903.pdf
Dirección General de Servicios Periciales Fiscalía General del Estado de Chiapas	ANAB	<p>Prueba 1 : Determinación de Perfil Genético (STR).</p> <p>Matriz: No específica.</p> <p>Prueba 2 : Base de Datos de Características Individuales (Perfil Genético)</p> <p>(Equipos: Base de datos de perfiles genéticos de Chiapas, Base de datos de perfiles genéticos de NO identificados)</p> <p>Prueba 3: Comparación física de perfil genético</p> <p>(Equipo: Software Program)</p>	https://search.anab.org/public/organization_files/Direccin-General-de-Servicios-Periciales-Fiscalia-General-del-Estado-de-Chiapas-Cert-and-Scope-File-03-01-2021_1614630147.pdf

Tabla 4 Continuación de las Organizaciones acreditadas con el estándar ISO/IEC 17025:2017 aplicada a los laboratorios de genética forense en México. Fuente: Elaboración propia.

Organización	Cuerpo de Acreditación	Alcance	Sitio web del certificado de acreditación
Dirección General de Servicios Periciales y Ciencias Forenses, Fiscalía General del Estado de Tabasco	ANAB	<p>Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR).</p> <p>Matriz: No específica.</p> <p>Prueba 2: Base de Datos de Características Individuales (Perfil Genético)</p> <p>(Equipos: Base de Datos del Estado de Tabasco)</p> <p>Prueba 3: Comparación física de perfil genético</p> <p>(Equipo: Software Program)</p>	https://search.anab.org/public/organization_files/Direccin-General-de-Servicios-Periciales-y-Ciencias-Forenses-Fiscalia-General-del-Estado-de-Tabasco-Cert-and-Scope-File-10-08-2021_1633729528.pdf
Dirección General de Servicios Periciales y Ciencias Forenses de la Fiscalía General del Estado de Chihuahua (zona centro y norte)	ANAB	<p>Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR).</p> <p>Matriz: No específica.</p> <p>Prueba 2: Base de Datos de Características Individuales (Perfil Genético)</p> <p>(Equipos: Tabla Única de Perfiles Genéticos)</p> <p>Prueba 3: Comparación física de perfil genético</p> <p>(Equipo: Software Program)</p>	https://search.anab.org/public/organization_files/Direccin-General-de-Servicios-Periciales-y-Ciencias-Forenses-de-la-Fiscalia-General-del-Estado-de-Chihuahua-Zona-Centro-Cert-and-Scope-File-09-13-2021_1631550371.pdf
División Científica de la Agencia de Investigación Criminal de la Procuraduría General de Justicia del Estado de Hidalgo	ANAB	<p>Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR).</p> <p>Matriz: No específica.</p> <p>Prueba 2: Comparación física de perfil genético (Equipo: Software Program)</p>	https://search.anab.org/public/organization_files/Divisin-Cientfica-de-la-Agencia-de-Investigacin-Criminal-de-la-Procuradura-General-de-Justicia-del-Estado-de-Hidalgo-Cert-and-Scope-File-12-10-2021_1639160778.pdf

Tabla 5 Continuación de las Organizaciones acreditadas con el estándar ISO/IEC 17025:2017 aplicada a los laboratorios de genética forense en México. Fuente: Elaboración propia.

Organización	Cuerpo de Acreditación	Alcance	Sitio web del certificado de acreditación
Fiscalía General de la República – Agencia de Investigación Criminal – Coordinación General de Servicios Periciales	ANAB	<p>Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR).</p> <p>Matriz: No específica.</p> <p>Prueba 2: Base de Datos de Características Individuales (Perfil Genético)</p> <p>(Equipos: Base de Datos de la Fiscalía General de la República)</p> <p>Prueba 3: Comparación física de perfil genético</p> <p>(Equipo: Software Program)</p>	https://search.anab.org/public/organization_files/Fiscalia-General-de-la-Republica--Agencia-de-Investigacion-Criminal--Coordinacion-General-de-Servicios-Periciales-Cert-and-Scope-File-01-04-2022_1641329640.pdf
Fiscalía General del Estado de Guanajuato - Agencia de Investigación Criminal - Laboratorio de Balística, Laboratorio de Documentos Cuestionados y Laboratorio de Informática Forense, Guanajuato	ANAB	<p>Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR).</p> <p>Matriz: No específica.</p> <p>Prueba 2: Comparación física de perfil genético (Equipo: Software Program)</p>	https://search.anab.org/public/organization_files/Fiscalia-General-del-Estado-de-Guanajuato-Agencia-de-Investigacion-Criminal-Laboratorio-de-Balstica-Laboratorio-de-Documentos-Cuestionados-y-Laboratorio-de-Informtica-Forense-Guanajuato-Cert-and-Scope-File-08-31-2021_1630436279.pdf
Instituto de Ciencias Forenses de la Fiscalía General del Estado de Yucatán	ANAB	<p>Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR).</p> <p>Matriz: No específica.</p> <p>Prueba 2: Base de Datos de Características Individuales (Perfil Genético)</p> <p>(Equipos: Base de Datos de Genética Forense)</p> <p>Prueba 3: Comparación física de perfil genético</p> <p>(Equipo: Software Program)</p>	https://search.anab.org/public/organization_files/Instituto-de-Ciencias-Forenses-de-la-Fiscalia-General-del-Estado-de-Yucatn-Cert-and-Scope-File-09-24-2021_1632490018.pdf

Tabla 6 Continuación de las Organizaciones acreditadas con el estándar ISO/IEC 17025:2017 aplicada a los laboratorios de genética forense en México. Fuente: Elaboración propia.

Organización	Cuerpo de Acreditación	Alcance	Sitio web del certificado de acreditación
Instituto de Ciencias Forenses Fiscalía General del Estado de Puebla	ANAB	<p>Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR).</p> <p>Matriz: No especifica.</p> <p>Prueba 2: Comparación física de perfil genético (Equipo: Software Program)</p>	https://search.anab.org/public/organization_files/Instituto-de-Ciencias-Forenses-Fiscalia-General-del-Estado-de-Puebla-Cert-and-Scope-File-02-01-2021_1612215379.pdf
Instituto de Criminalística y Servicios Periciales Fiscalía General de Justicia del Estado de Nuevo León	ANAB	<p>Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR).</p> <p>Matriz: No especifica.</p> <p>Prueba 2: Base de Datos de Características Individuales (Perfil Genético)</p> <p>(Equipos: Registro Nacional de Perfiles Genéticos)</p> <p>Prueba 3: Comparación física de perfiles genéticos</p> <p>(Equipo: Software Program)</p>	https://search.anab.org/public/organization_files/Instituto-de-Criminalistica-y-Servicios-Periciales-Fiscalia-General-de-Justicia-del-Estado-de-Nuevo-Len-Cert-and-Scope-File-11-19-2021_1637327037.pdf
Instituto Jalisciense de Ciencias Forenses, DR JESÚS MARIO RIVAS SOUZA	ANAB	<p>Prueba 1: Determinación de Perfil Genético (STR y Y-STR).</p> <p>Matriz: No especifica.</p> <p>Prueba 2: Base de Datos de Características Individuales (Perfil Genético)</p> <p>(Equipos: Local Data Base CONFRONTA)</p> <p>Prueba 3: Comparación física de perfiles genéticos</p> <p>(Equipo: Software Program)</p>	https://search.anab.org/public/organization_files/Instituto-Jalisciense-de-Ciencias-Forenses-DR-JESS-MARIO-RIVAS-SOUZA-Cert-and-Scope-File-02-17-2021_1613565013.pdf

Tabla 7 Continuación de las Organizaciones acreditadas con el estándar ISO/IEC 17025:2017 aplicada a los laboratorios de genética forense en México. Fuente: Elaboración propia.

Organización	Cuerpo de Acreditación	Alcance	Sitio web del certificado de acreditación
INSTITUTO DE SERVICIOS PERICIALES Y CIENCIAS FORENSES	EMA	<p>Prueba 1: Estudio de paternidad y filiación.</p> <p>Matriz: Sangre y Saliva.</p> <p>Técnica de Medición: Electroforesis capilar.</p>	http://consultaema.mx:75/Directorio_CF/PDFs_CF/CF-001-008_16.pdf
SECRETARIA DE SEGURIDAD Y PROTECCION CIUDADANA ORGANO ADMINISTRATIVO DESCONCENTRADO, GUARDIA NACIONAL	EMA	<p>Prueba 1: Estudio de paternidad y filiación.</p> <p>Matriz: Sangre, líquido seminal, células del epitelio bucal, hueso, pelo y pieza dental.</p> <p>Prueba 2: Prueba de Identidad por medio de ADN.</p> <p>Matriz: Sangre, líquido seminal, células del epitelio bucal, hueso, pelo y pieza dental.</p> <p>Técnica de Medición para ambas pruebas: Análisis Preliminar / Extracción Automatizada de Ácidos Nucleicos / Cuantificación / Amplificación</p> <p>/ Electroforesis Capilar / Kit Globalfiler Express, Kit Globalfiler, Kit Argus X, Kit YFiler Plus, Kit de extracción Prepfiler</p> <p>BTA, Kit QuantiFiler Trio.</p>	http://consultaema.mx:75/Directorio_CF/PDFs_CF/CF-413-002_12.pdf
NOVOGEN S. A. DE C. V.	EMA	<p>Prueba 1: Prueba de paternidad.</p> <p>Matriz: Sangre, raspado bucal y cabello con folículo capilar.</p> <p>Prueba 2: Prueba de Identidad por medio de ADN.</p> <p>Matriz: Sangre, raspado bucal, hueso, cabello con folículo capilar y especímenes de asalto sexual.</p> <p>Técnica de Medición para ambas pruebas: Análisis de fragmentos por electroforesis capilar.</p>	http://consultaema.mx:75/Directorio_CF/PDFs_CF/CF-1175-008_19.pdf

Tabla 8 Continuación de las Organizaciones acreditadas con el estándar ISO/IEC 17025:2017 aplicada a los laboratorios de genética forense en México. Fuente: Elaboración propia.

Cómo se pudo observar en las Tablas 3 a la 8, hay diferentes tipos de pruebas que están acreditadas en los laboratorios de las fiscalías. En el Gráfico 1, se muestra la situación actual de los laboratorios de genética forense acreditados, con respecto a las pruebas que se encuentran dentro del alcance de acreditación:

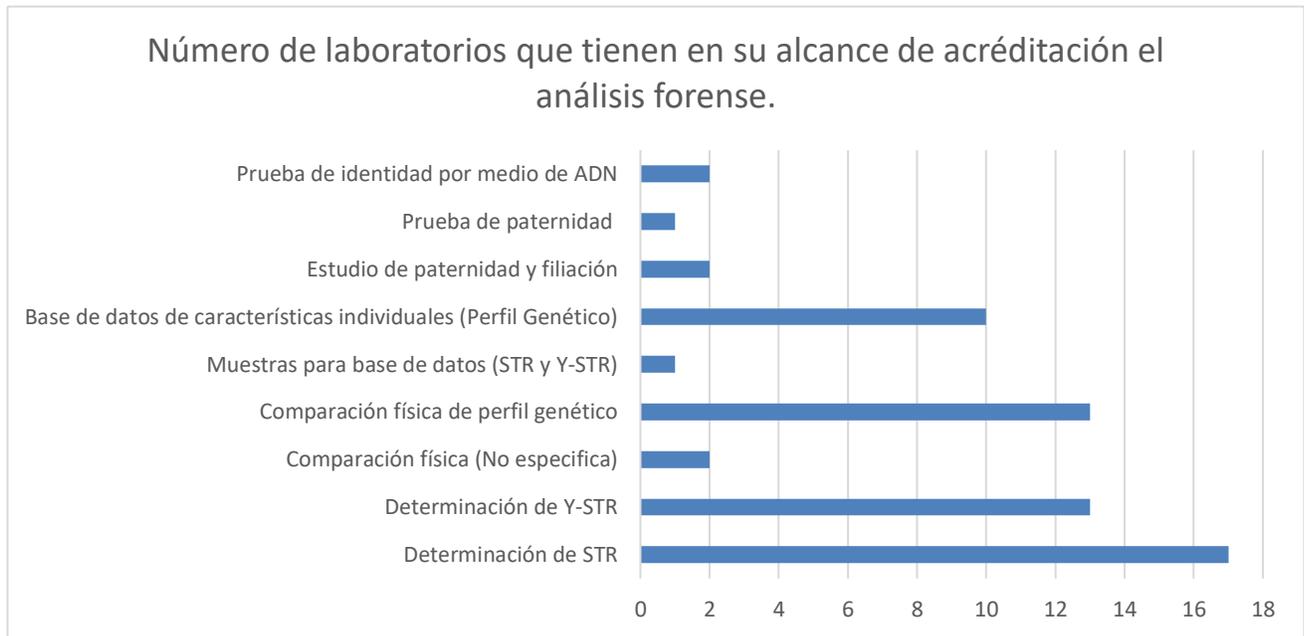


Gráfico 1 Número de laboratorios que cuentan con las pruebas descritas en él gráfico dentro de su alcance de acreditación.

Los alcances de acreditación documentados por la EMA son específicos, por otra parte diez laboratorios tienen dentro de su alcance de acreditación la prueba correspondiente a base de datos de característica individuales (perfil genético), estas bases de datos para la prueba de perfil genético son el principal recurso de las fiscalías para la localización de personas desaparecidas, que hayan ingresado al servicio médico forense o para imputados que cuenten con su perfil genético dentro de alguna base de datos con enfoque penal, lo que permite la comparación filial entre perfiles genéticos que se ingresen a las mismas con el fin de localizar a alguna persona o algún imputado. No obstante, como ya se discutió en la sección “1.5” del presente trabajo hay ocasiones en las que la obtención de perfiles genéticos no se lleva a cabo de manera satisfactoria (debido a la cantidad de ADN disponible en las muestras), por lo que se recurre al análisis del haplotipo del cromosoma “Y” (Y-STR), esto en el caso de varones. En este sentido es de destacar que solo el laboratorio de genética de la Dirección de Servicios Periciales de la Fiscalía General Del Estado De Querétaro, tiene dentro de su alcance de acreditación el ingreso de muestras para base de datos (STR y Y-STR), por lo que hasta el momento se desconoce si los demás laboratorios cuentan con una base de datos de haplotipos del cromosoma “Y” y en caso de que no cuenten con una, el diseño de una base de datos local y gratuita podría auxiliar a los laboratorios a gestionar los haplotipos del cromosoma “Y” que se han generado hasta el momento (propuesta que se aborda en la sección “CAPITULO 4 Construcción de un “prototipo” de una Base Datos en Visual Basic para

el Haplotipo del Cromosoma Y (PowerPlex® Y23 System)”), este es un aspecto relevante ya que los laboratorios al tener el control en sus propios servidores podrían tener un mejor control sobre la seguridad de su información.

Como se menciona en el presente trabajo es de vital importancia la cuantificación de ADN somático y como se puede observar en el Gráfico 1, hasta el momento de la revisión de los certificados de acreditación ningún laboratorio cuenta con la acreditación en esta prueba.

En relación a las matrices de las cuales se obtienen los perfiles genéticos, los hallazgos se muestran en el Gráfico 2:

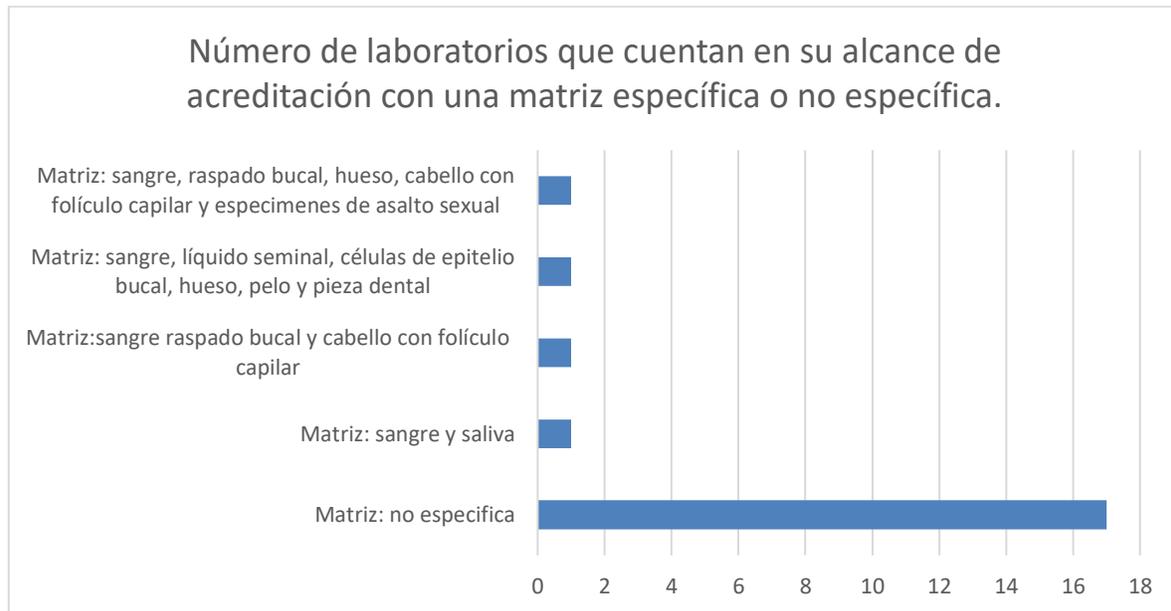


Gráfico 2 Número de laboratorios que cuentan con la matriz según corresponda dentro de su alcance de acreditación.

En diecisiete laboratorios no se especifica la matriz de la cual se obtendrá el perfil genético y solo en uno se menciona dentro de la matriz las muestras derivadas de un asalto sexual, dicha categoría alberga una amplia gama de muestras biológicas como podrían ser, pero sin limitarse a las siguientes:

- Exudado vaginal,
- Exudado anal,
- Exudados de zonas erógenas,
- Raspado de uñas,
- Peinado púbico,
- Indicios

Este tipo de muestras, son sometidas a análisis previos en materia de química forense para determinar la presencia de saliva, fosfatasa ácida, proteína P30, visualización de espermatozoides y

determinación de sangre de origen humano, dependiendo de cada organización dichas pruebas se realizan dentro del mismo laboratorio de genética forense o por el laboratorio de química forense de la misma organización. Adicionalmente para el caso de México, el raspado de uñas y peinado público, son enviadas con el patólogo forense quien realiza la búsqueda de células epiteliales o algún otro elemento como lo pueden ser fibras.

La intervención de otros laboratorios de la misma organización añade incertidumbre a la medición o ensayo, por lo que la acreditación de la totalidad de laboratorios de la organización es fundamental para abonar a la mejora de la calidad de las pruebas periciales, desde un enfoque sistémico se podría decir que: cada proceso que sufre un indicio que pasa a través de diversos laboratorios especializados en las organizaciones afecta de manera inmediata el resultado del último laboratorio que analiza la muestra. Por lo que medidas de aseguramiento de calidad deben de ser propuestas desde un panorama sistémico.

Por otra parte, hay que tomar en cuenta la certificación del personal que realiza las pruebas, ya que la acreditación de los laboratorios nos muestra la seguridad de los métodos empleados y la competencia del laboratorio, en los alcances de su acreditación, pero con base en el trabajo de Wilson-Wilde (2018), con respecto a la relación entre el contexto forense y los procesos de calidad (Ver figura 6), el personal que realiza el análisis determina cual es el método más apropiado para aplicarlo en procesos específicos. De esta manera la certificación toma un rol importante en la certificación del personal forense, en sus inicios por lo menos en Estado Unidos de Norteamérica se comenzó por el área de medicina legal después se extendió a otras áreas como lo es el área de documentos cuestionados (Melbourn et al., 2019), en México aún no se cuenta con una infraestructura de calidad que permita a los peritos especializados su certificación en el área de genética forense.

Finalmente se muestra un diagrama con los estándares que se encontraron, producto de la revisión sistemática, ver Diagrama 4.

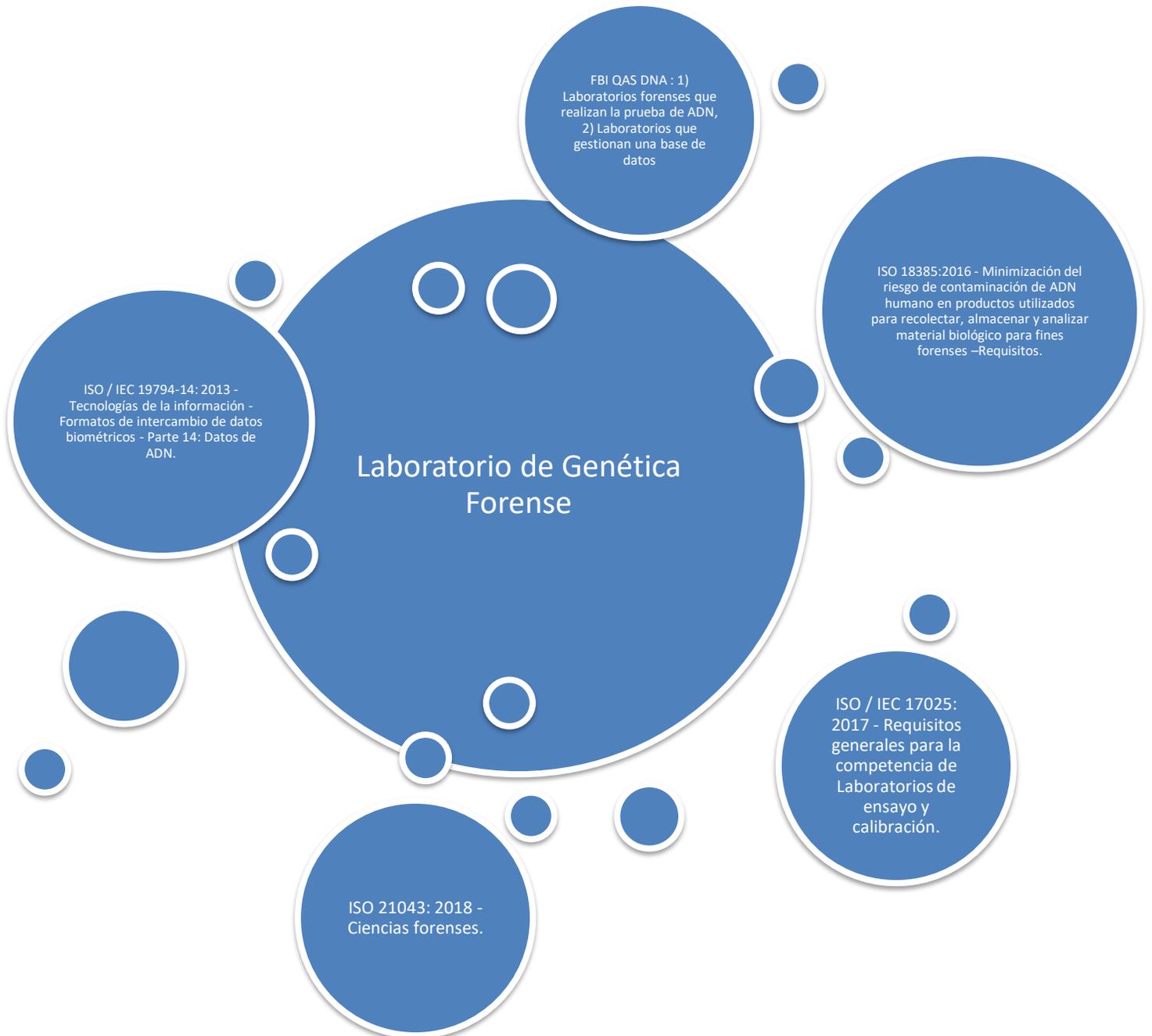


Diagrama 4 Estándares aplicables a los laboratorios de genética forense que han sido desarrollados.

4.2 Estándar “ISO / IEC 17025- Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de ensayo y calibración”, aplicado a los laboratorios de genética forense.

Como se ha presentado, el estándar que más se ha empleado para acreditar los laboratorios de genética forense en México es el “ISO / IEC 17025- Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de ensayo y calibración”, (International Organization for Standardization, 2017). Este es un estándar genérico, por lo que para auxiliar la aplicación del mismo en el área forense, se deben también implementar guías de aplicación específicas elaboradas por la Cooperación Internacional de Laboratorios, como por ejemplo la “ILAC-G19:08/2014- Modules in a Forensic Science Process”. Adicionalmente la ANAB elaboró el “Manual de acreditación para proveedores de servicios forenses”, que explica las operaciones que un laboratorio debe de llevar a cabo para conservar o conseguir la acreditación (ANSI National Accreditation Board, 2021).

La norma ISO/IEC 17025 tiene dos tipos de requisitos principales; gestión y técnicos. Los requisitos de gestión apoyan la implementación del sistema de gestión de calidad (SGC), incluyendo a aquellos para las funciones de calidad y dirección (Upmann & Stephan, 2014). Los requisitos de gestión también incluyen aquellos para la aprobación, emisión, cambio y acceso de documentos y registros relacionados con el SGC. Los requerimientos técnicos incluyen aquellos dirigidos al personal, ambiente, equipo, reactivos, materiales de referencia, muestreo, manejo de la muestra, métodos de análisis y calidad del análisis.

Por otra parte, en el año 2017 se publica la ISO/IEC 17025:2017, y se dispuso de un periodo de tres años para la transición de todas las partes (laboratorios y organismos nacionales de acreditación) a la implementación de forma completa de la nueva norma. La estructura de la norma cambió de manera significativa, pues cambia: la estructura, el muestreo se considera como una actividad independiente, el empleo de una regla de decisión, riesgos y oportunidades, el sistema de gestión, referencia a nuevas normas y cambian los anexos (Ver Figura 5).

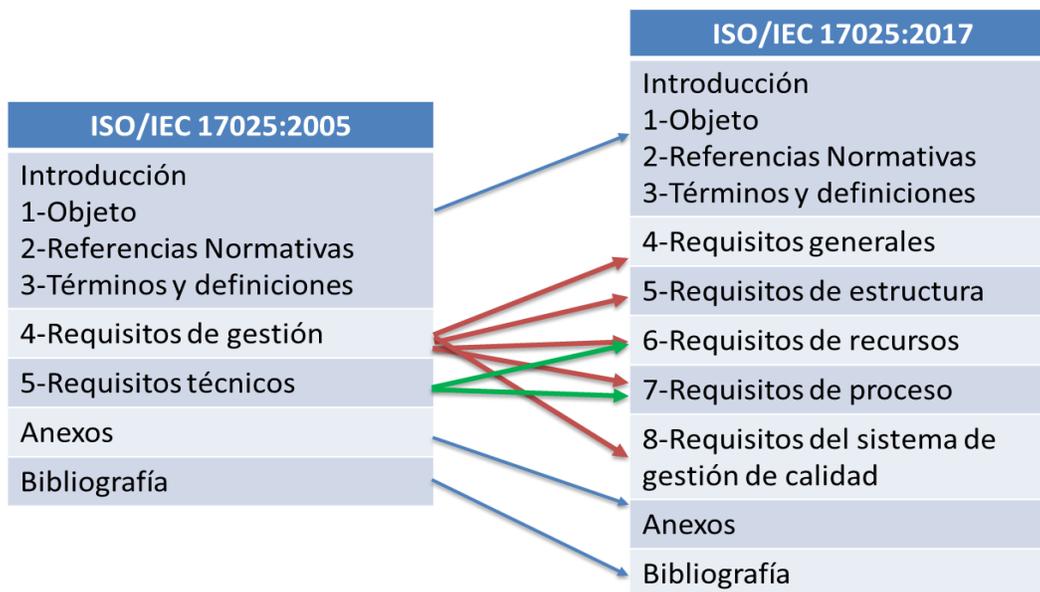


Figura 5 Comparación de las versiones de 2005 y 2017 de la ISO/IEC 17025 con respecto a su estructura. Fuente: (EURACHEM, 2021)

En la nueva norma se plantea una nueva definición de laboratorio, mediante la cual el muestreo puede ser acreditado de manera independiente, esto debido a que el laboratorio se define como un organismo que realiza una o más de las siguientes actividades: ensayos; calibración; y muestreo, asociado con el subsiguiente ensayo o calibración, el cual no tiene por qué llevarse de manera obligatoria en la misma entidad. En relación con el laboratorio de genética forense, estos reciben en general, muestras previamente recabadas por otros departamentos (criminalística, química forense, medicina legal, entre otros), de manera que ese muestreo puede ser acreditado de manera independiente conforme a la norma.

Por otra parte, a continuación, en la Figura 6, se muestran los cambios más importantes entre ambas normas.

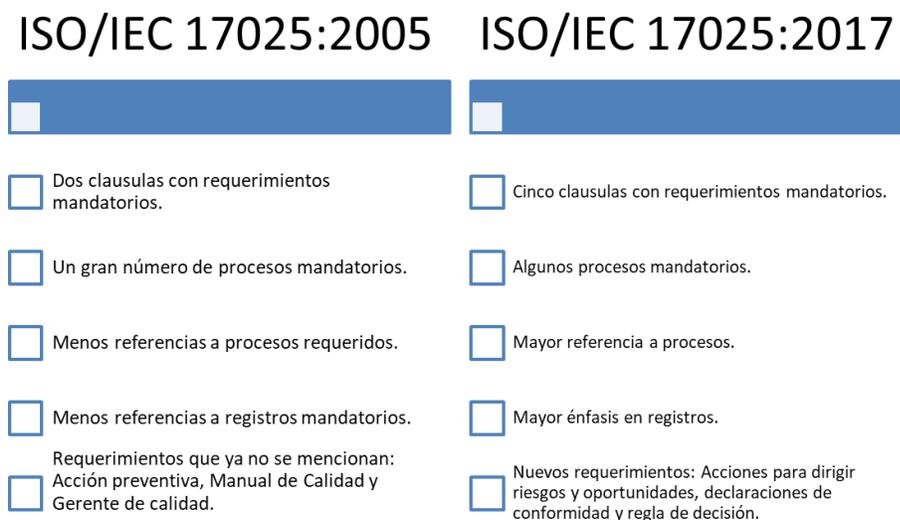


Figura 6 Comparación de las nuevas implementaciones con respecto a las normas 2005 y 2017 de la ISO/IEC 17025. Fuente: (IAEA, 2018).

Como se pudo observar en las figuras 5 y 6, hay cinco cláusulas de requerimientos obligatorios, que contempla la ISO/IEC 17025:2017, las cuales son:

1. Requisitos Generales
2. Requisitos de estructura
3. Requisitos de recursos
4. Requisitos de procesos
5. Requisitos del sistema de gestión

A continuación, se muestran una descripción general de las mismas.

4.2.1 Requisitos Generales.

Esta cláusula contempla a los conceptos de imparcialidad y confidencialidad. La imparcialidad (presencia de objetividad), implica que el laboratorio no permitirá que influencias comerciales, financieras, u otras presiones, comprometan la calidad de sus resultados. Problemas internos, como relaciones personales u otros conflictos de intereses deben de ser atendidos para ser resueltos. Por otra parte, la confidencialidad implica que, el laboratorio mantenga todos los resultados e información relacionada, de manera privada y segura.

Las actividades del laboratorio deberán estar estructuradas y gestionadas para asegurar la imparcialidad. Es necesario el compromiso de la dirección del laboratorio para formar una “cultura de integridad”, así como para respaldar las políticas de calidad. La creación de códigos de práctica, es una manera de fortalecer la “cultura de la integridad”. En el ámbito forense, se podrían mencionar los siguientes códigos:

1. Grupo de enlace de ciencia forense del Reino Unido: Código de práctica («UK Forensic Science Liaison Group», 2019).
2. El código nacional de responsabilidades profesionales de los prestadores del servicio de medicina forense y de las ciencias forenses de EE.UU («The National Code of Professional Responsibility for Forensic Science and Forensic Medicine Service Providers (USA)», 2019).
3. Código de conducta para peritos de Nueva Zelanda («New Zealand Code of Conduct for Expert Witnesses», 2019).
4. Sociedad de ciencias forenses de Australia y Nueva Zelanda: Código de la práctica profesional («Australia and New Zealand Forensic Science Society», 2019).

Además de lo anterior el laboratorio debe de identificar los riesgos a su imparcialidad de forma continua, incluyendo los riesgos que surgen de sus actividades o de sus relaciones, o de las relaciones de su personal, sin embargo, estas relaciones no necesariamente son un riesgo para la imparcialidad del laboratorio. Por ejemplo, una relación que pone en peligro la imparcialidad del laboratorio puede estar basada en la propiedad, gobernanza, gestión, personal, recursos compartidos, finanzas, contratos, marketing. En este sentido en el ámbito forense, los riesgos a la imparcialidad pueden ser sistemáticos, pues hay fiscalías que tienen a su cargo a los laboratorios que realizan las pruebas periciales, por lo que estos riesgos deben ser identificados y minimizados,

una forma de identificar riesgos con base en la probabilidad de ocurrencia y de sus consecuencias, podría ser mediante la elaboración de una matriz de riesgos.

Con respecto a la confidencialidad, entre otras cosas, implica que todo el personal relacionado con las actividades del laboratorio, deben de mantener la confidencialidad de toda la información obtenida o creada durante la realización de sus actividades, excepto lo requerido por la ley. En el ámbito forense los resultados plasmados en un dictamen, pueden ser declarados en una audiencia de juicio oral, la cual es pública, sin embargo, hay información relacionada que se puede mantener resguardada a petición del ministerio público, como lo pueden ser los nombres de menores de edad o de personas protegidas. Por otra parte, se deberá de tomar en cuenta la confidencialidad de las bases de datos con información genética, si esta se encuentra dentro del alcance de acreditación.

4.2.2 Requisitos de estructura

Esta cláusula menciona que el laboratorio debe de ser una entidad legal o formar parte definida de una, la cual es responsable de sus actividades. El laboratorio debe de identificar al personal de la dirección que tiene la responsabilidad general del laboratorio, la cual se podría ejemplificar con la elaboración de un organigrama, en la nueva versión de la norma se excluyen los términos de “responsable técnico” y de “Gerente de calidad”, pero se pueden seguir empleando a criterio del laboratorio. Una política de calidad que puede aplicarse para cumplir los requerimientos de estructura, es la definición de roles y responsabilidades del personal, así como la definición clara del alcance y capacidades del laboratorio. En este sentido se debe de definir y documentar lo siguiente:

- La estructura organizacional
- Los responsables del sistema de gestión
- Las responsabilidades del personal del laboratorio
- Las actividades del laboratorio

A pesar de que ya no se menciona al responsable técnico y el gerente de calidad, el laboratorio debe de contar con personal autorizado para garantizar que se lleve a cabo una comunicación constante acerca de:

- La implementación y mejora del sistema de gestión
- La efectividad del sistema de gestión
- La importancia de cumplir con los requerimientos del cliente y normativos

El laboratorio debe de documentar sus procedimientos de tal manera que sean consistentes con sus actividades y asegurar que los resultados sean válidos.

4.2.3 Requisitos de recursos

En esta cláusula se resalta la importancia de la provisión de recursos, tales como: personal, instalaciones, condiciones ambientales, equipo, trazabilidad metrológica, contratistas y servicios usados para la operación del laboratorio. En este sentido es importante lo siguiente:

- El personal debe ser calificado y capacitado para las actividades que realiza.
- El personal debe ser gestionado y apoyado.
- Las instalaciones deben de ser adecuadas para las actividades que realiza.
- Las instalaciones deben de estar limpias y bien organizadas
- Los equipos deben de ser adecuados para las actividades que realizan
- Los equipos críticos deben ser calibrados con materiales de referencia.

Por otra parte, hay que tomar en cuenta para los requisitos relativos al personal (6.2.5), que existe un marco jurídico (Ley General del Sistema Nacional de Seguridad Pública) que regula el ingreso y permanencia del personal civil a las instituciones de procuración de justicia en México el cual contempla su profesionalización y certificación. Además de lo anterior es necesario resaltar que la mayoría de los laboratorios de genética forense acreditados en México, son públicos, y los recursos con los que cuentan son limitados, por lo que deben de ser gestionados con eficacia y eficiencia. En este sentido y en el marco de la Gestión para Resultados (GpR), la evaluación de los laboratorios de genética forense en México podría ayudar a gestionar mejor los recursos con los que cuenta, pues esta implica una valoración objetiva de su desempeño mediante la verificación del cumplimiento de objetivos, esto por medio de indicadores de desempeño que permitan verificar la eficiencia, eficacia, economía y calidad (Kaufmann et al., 2015).

4.2.4 Requisitos de procesos.

En esta nueva versión se introdujo un nuevo requisito el cual es: la “regla de decisión”, esta describe cómo se considera la incertidumbre de medición al declarar la conformidad con un requisito especificado, para dicha regla es posible tomar en cuenta las siguientes guías:

- ILAC-G8:03/2009-Guidelines on the Reporting of Compliance with Specification
- Eurachem/CITAC- Guide Use of uncertainty information in Compliance assessment, 2007

Por otra parte, la estructura general de esta cláusula se da de la siguiente manera:

- Revisión de solicitudes, ofertas y contratos.
- Selección, verificación y validación de métodos.
- Muestreo
- Manipulación de los Items de ensayo o calibración.
- Registros técnicos
- Evaluación de la incertidumbre de medición
- Aseguramiento de la validez de los resultados

- Informe de resultados
- Quejas
- Trabajo no conforme
- Control de datos y gestión de la información

4.2.5 Requisitos del sistema de gestión (SG)

En esta cláusula se contemplan dos opciones para su cumplimiento:

Opción A (8.1.2), como mínimo un SG de laboratorio debe de cumplir lo siguiente:

- La documentación del SG
- El control de documentos del SG
- El control de registros
- Las acciones para abordar riesgos y oportunidades
- La mejora del SG
- Las acciones correctivas
- Las auditorías internas
- Las revisiones por la dirección

Opción B (8.1.3), un laboratorio ha establecido y mantiene un SG de acuerdo con la norma ISO 9001, y es capaz de apoyar y demostrar su cumplimiento coherente con los requisitos de los capítulos 4 a 7, cumple también al menos, con la intención de los requisitos del sistema de gestión especificados en los apartados 8.2 a 8.9.

4.3 FBI Quality Assurance Standards DNA para Laboratorios forenses que realizan la prueba de ADN y Laboratorios que gestionan una base de datos de ADN.

Establece los requerimientos específicos para el aseguramiento de calidad en los laboratorios de genética forense que utilizan la base de datos **Combined DNA Index System (CODIS)**, creada por el FBI. El estándar también aplica a los laboratorios forenses que realicen la prueba de perfil genético, y deben de cumplir con los requerimientos para asegurar la calidad e integridad de los datos. El alcance de este estándar indica que la prueba de perfil genético comienza con la extracción o amplificación directa del ADN (SWGDM, 2020a). Por otra parte, el estándar no aprueba el uso de sistemas o instrumentos denominados Rapid DNA testing para el análisis de muestras forenses.

El estándar correspondiente a los laboratorios que gestionan una base de datos de ADN (FBI Quality Assurance Standards DNA para laboratorios que gestionan una base de datos de ADN), es aplicable a aquellos laboratorios que obtienen el perfil genético de muestras obtenidas de individuos identificados, con el fin de ingresar el perfil genético a la base de datos National DNA Index System, estos seguirán este estándar para asegurar la calidad e integridad de los datos generados por el laboratorio. De igual manera el alcance de este estándar indica que la prueba de perfil genético comienza con la extracción o amplificación directa del ADN. Si el laboratorio que gestiona la base de datos, lleva a cabo análisis de ADN de muestras conocidas o muestras de caso (evidencia), deberá cumplir estos requerimientos establecidos, incluyendo aquellos para muestras conocidas y muestras de caso (evidencia), siendo estos; 7.3.2.1 y 12.3.2 (SWGDM, 2020e). Los laboratorios de genética forense que gestionan una base de datos y llevan a cabo análisis de muestras de referencia o muestras de caso (evidencia), solo serán auditadas con este estándar y no con el FBI Quality Assurance Standards DNA para Laboratorios forenses que realizan la prueba de ADN.

La aplicación del FBI QAS y la ISO/IEC 17025, se puede llevar a cabo de manera conjunta, pues de esta manera se realiza en EE.UU.

La estructura general del FBI QAS para los laboratorios que gestionan una base de datos y llevan a cabo análisis de ADN, se muestra en la Figura 7.

FBI QAS para laboratorios que gestionan una base de datos de ADN y realizan perfil genético.
Introducción
1-Alcances y aplicabilidad
2-Definiciones
3-Programa de aseguramiento de calidad
4-Organización y gestión
5-Personal
6-Capacitación
7-Instalaciones y control de evidencia/muestra
8- Validación
9-Procedimientos analíticos
10- Equipo
11- Emisión de reportes forenses
11- Documentación de base de datos
12-Revisión
13-Ensayos de aptitud
14-Acciones correctivas
15-Auditorias
16-Desarrollo profesional
17-Subcontratación
Apendices

Figura 7 Descripción estructural del FBI QAS para laboratorios que gestionan una base de datos y realizan la prueba de perfil genético. Fuente:(SWGDM, 2020d).

A continuación, se muestran las generalidades del FBI QAS. La sección dos del estándar, tiene un enfoque totalmente forense y explica términos técnicos, como los siguientes:

- CODIS
- Administrador de CODIS
- Usuario de CODIS
- DNA tipo
- Sistema de detección de electroforesis
- Control negativo y positivo de amplificación
- Control negativo y positivo de secuenciación
- Amplificación preferencial

- Umbral estocástico
- Producto de trabajo

Los significados específicos que tendrán estos términos a lo largo del estándar, demuestran un desarrollo especializado del mismo, pues fue creado por el Scientific Working Group on DNA Analysis Methods (SWGDM).

4.3.1 Programa de aseguramiento de calidad

En esta cláusula indica que el laboratorio deberá establecer, seguir y mantener un sistema de gestión calidad (SGC), el cual debe de estar debidamente documentado, el SGC debe de ser apropiado para las actividades que realiza, y deberá de ser equivalente o mas robusto de lo que se especifica en este estándar. El SGC deberá de estar documentado en un manual, que incluya o referencie los siguientes elementos:

1. Metas y objetivos
2. Organización y gestión
3. Personal
4. Capacitación
5. Instalaciones y control de las muestras
6. Validaciones
7. Procedimientos analíticos
8. Equipo
9. Documentación
10. Revisión
11. Exámenes de aptitud
12. Acciones correctivas
13. Auditorias
14. Desarrollo profesional
15. Subcontratación

El laboratorio deberá de tener y seguir una política con respecto a la retención de documentación, que aborde específicamente: exámenes de aptitud, resultados analíticos, recepción de muestras, bitácoras de procesos, retención de muestras, reporte de coincidencias, acciones correctivas, auditorias, registros de capacitación, testimonios y educación continua. Con respecto al estándar ISO/IEC 17025, se muestra que el FBI QAS, solicita requerimientos específicos de un laboratorio forense con respecto al SGC, pues toma en cuenta los reportes de coincidencias que se pueden dar en el mismo y los testimonios de los analistas (peritos) en el juicio oral.

4.3.2 Organización y gestión

Como se mencionó anteriormente, la aplicación del FBI QAS y la ISO/IEC 17025 se puede llevar a cabo de manera conjunta, esta cláusula, es en parte equivalente a los requisitos de estructura de la ISO/IEC 17025, por otra parte, en el FBI QAS, se precisa la figura de “líder técnico”, el cual es

responsable de las operaciones técnicas del laboratorio. Además de lo anterior el laboratorio deberá de contar con el siguiente personal:

- Un administrador del CODIS
- Un mínimo de dos analistas calificados de tiempo completo.

4.3.3 Requisitos del Personal

Con respecto a los requisitos de recursos de la ISO/IEC 17025, los requerimientos del FBI QAS son en parte equivalentes en relación a la documentación del personal, pues esta cláusula, indica que el personal deberá de tener la educación, capacitación y experiencia en concordancia con el servicio prestado (análisis y testimonio). Por otra parte, especifica lo que el personal (líder técnico, administrador del CODIS y el analista), debe de cumplir. Dichos requerimientos se muestran a continuación de manera general:

- **Líder técnico (LT):** El LT, deberá de ser un empleado de tiempo completo, que cumpla lo siguiente: 1) Educación mínima: Maestría en biología, química, o ciencias forenses relacionada con el área. Haber completado 12 semestres de cursos relacionados con bioquímica, genética, biología molecular y estadística o genética de poblaciones. 2)Experiencia: Tres años de experiencia con respecto a identificación humana (ADN), en base de datos o análisis respectivamente. Además de haber sido un analista calificado en cada análisis que lleva a cabo el laboratorio o contar con documentación de capacitaciones equiparables. El LT, deberá de haber completado la capacitación de FBI DNA auditor, esto dentro del año en el que se le promueve.
- **Administrador del CODIS (AC):** El AC, deberá de ser un empleado del laboratorio, que cumpla lo siguiente: 1) Educación: Licenciatura (o su equivalente), o un título avanzado en un área relacionada con la biología, la química o las ciencias forenses, y haber completado con éxito los cursos que cubren las siguientes áreas temáticas: bioquímica, genética, biología molecular, estadística o genética de poblaciones. 2) Experiencia: Ser o haber sido por seis meses un analista forense calificado, y tres meses como analista de base de datos, con capacitación en interpretación de mezclas.
- **Analista:** 1) Educación: Licenciatura (o su equivalente), o un título avanzado en un área relacionada con la biología, la química o las ciencias forenses, y haber completado con éxito los cursos que cubren las siguientes áreas temáticas: bioquímica, genética, biología molecular, estadística o genética de poblaciones. 2) Experiencia: Haberse desempeñado por seis meses en un laboratorio de genética (ADN humano), y tres meses en un laboratorio que gestiona una base de datos de perfiles genéticos.

4.3.4 Requisitos de capacitación

El laboratorio deberá de contar con un programa de capacitación, el cual deberá estar documentado en un manual de capacitación para analistas y técnicos. El programa de capacitación deberá:

- Abordar todos los procedimientos analíticos y de interpretación de los métodos de análisis del ADN que se usan en el laboratorio.
- Incluir exámenes prácticos
- Enseñar y evaluar las habilidades técnicas y de conocimiento requeridos para llevar a cabo el análisis de ADN.
- Incluir evaluaciones de las habilidades de comunicación oral o simulaciones de audiencia.

Por otra parte, el SWGDAM, pone a disposición en su sitio oficial, una guía de capacitación (https://www.swgdam.org/files/ugd/4344b0_5e228328339443bfb197942f2d99f579.pdf).

4.3.5 Requisitos de instalaciones y control de las muestras.

El laboratorio deberá tener instalaciones designadas que aseguren la integridad del análisis y de las muestras, este apartado es en parte equivalente a los requisitos de recursos de la ISO/IEC 17025, por otra parte, se especifican requerimientos como la separación del área de extracción y de amplificación. También solicita que el laboratorio tenga una política para la retención de muestras, pues estas cuando sea posible, deberán de permanecer en el laboratorio con el fin de llevar a cabo actividades de aseguramiento de calidad y confirmación de resultados. Este punto es muy importante, pues el laboratorio tiene la posibilidad de almacenar muestras de cadáveres de identidad desconocida, y muestras de referencia (familiares en búsqueda de personas desaparecidas), que pueden ser reanalizadas o entregadas para que se lleve a cabo el mismo análisis en otro laboratorio, con el fin de garantizar el derecho a la “verdad”, que poseen los familiares de personas desaparecidas.

4.3.6 Requisitos de validación, procedimientos, equipo, documentación y revisión.

Estas cláusulas del FBI QAS, son en parte equivalentes a los requisitos de procesos de la ISO/IEC 17025, por otra parte, especifica cuestiones técnicas como las siguientes:

- El FBI QAS hace referencia a que se debe de incluir en la validación de los métodos lo siguiente: **especificidad de especies**, estudios de sensibilidad, estudios de estabilidad, muestras tipo caso, estudios de población, **estudios de mezclas, muestras “tipo” para base de datos**. Ambos estándares mencionan que al validar métodos nuevos se utilizará un material de referencia certificado (MRC) o un material trazable a este. La aplicación de MRC en la validación de los métodos del LGF es de suma importancia ya que aunque la determinación del perfil genético es un análisis cualitativo, en ocasiones no es posible obtener resultados debido a la cantidad de ADN que se encuentra en la muestra o a inhibidores de la PCR, por lo que es necesario la cuantificación del ADN, de esta manera el dictamen que se emite no contiene en si un perfil genético sino la cantidad de ADN que contiene la muestra y que a la vez limita la obtención del perfil genético. Actualmente el

MRC 2391c: PCR-Based DNA Profiling Standard⁹ y el MRC 2372a: Human DNA Quantitation Standard¹⁰ del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de EE.UU (NIST), son ejemplos de los materiales que pueden ser usados para cumplir el punto de trazabilidad e incertidumbre de la medida para las normas/estándares que lo soliciten (Steffen et al., 2015). Por otra parte, para la validación de métodos analíticos para el análisis de ADN, el SWGDAM, provee una guía para llevarla a cabo, la cual se encuentra disponible en su sitio oficial¹¹.

- El FBI QAS, profundiza en la validación de softwares, usados para el análisis/interpretación de resultados, y aquellos usados para realizar cálculos estadísticos, pues deberán de cumplir en su validación como mínimo, con pruebas de funcionalidad, confiabilidad, y si es aplicable, estudios de precisión y exactitud. Por otra parte, aquellos softwares, que no afecten el proceso analítico, deberán de cumplir mínimo con pruebas de funcionalidad. El SWGDAM, provee una guía para llevar a cabo esta validación, la cual se encuentra disponible en su sitio¹².
- El laboratorio deberá tener y seguir procedimientos analíticos, mismos que deben de ser validados de manera interna y aprobados por el líder técnico. El FBI QAS, define a los siguientes reactivos como críticos: Kits para amplificación o cuantificación de ADN, Termo estabilidad de la DNA polimerasa, Cartuchos de rapid DNA y los demás que defina el laboratorio. Estos deberán de ser identificados y evaluados, antes de que se usen para muestras que serán ingresadas a base de datos. Con respecto a la interpretación de resultados, el laboratorio deberá de tener una guía, tomando en cuenta la validación

⁹ Información disponible en: <https://www-s.nist.gov/srmors/certificates/archives/2391c.pdf>, última revisión el 10 de Octubre del 2021.

¹⁰ Información disponible en: <https://www-s.nist.gov/srmors/certificates/2372a.pdf>, última revisión el 10 de Octubre del 2021.

¹¹ Información disponible en: https://www.swgdam.org/files/ugd/4344b0_813b241e8944497e99b9c45b163b76bd.pdf, última revisión el 17 de Enero del 2023.

¹² Información disponible en: https://www.swgdam.org/files/ugd/4344b0_22776006b67c4a32a5ffc04fe3b56515.pdf, última revisión el 17 de Enero del 2023

interna, por otra parte, el SWGDAM provee una guía para la interpretación de resultados (STR autosómicos), la cual se encuentra disponible en su sitio¹³.

- Con respecto al equipo, el FBI QAS define a los siguientes equipos e instrumentos como críticos: Micropipetas, Termómetro trazable a MRC, thermoblock, sistemas robóticos, termocicladores (incluido el de cuantificación), sistemas de verificación de temperaturas del termociclador, sistemas de detección de electroforesis, cualquier instrumento adicional que produzca resultados de tipificación de ADN. Para estos equipos e instrumentos el laboratorio establecerá un programa para su verificación y evaluación.
- Un aspecto importante además de los anteriores, esto con respecto a la ISO/IEC 17025, es que el FBI QAS, establece que el laboratorio deberá de tener y seguir procedimientos de revisión de la información de la base de datos, incluyendo la revisión y resolución de coincidencias emitidas por el laboratorio.

Con respecto a lo mencionado anteriormente (sección 4.2), se puede observar el carácter genérico de la ISO/IEC 17025, y por otra parte la especialización del FBI QAS, pues este último es emitido por el SWGDAM, que es un grupo especializado en el análisis de ADN, que además emite guías para la interpretación de resultados. Por otra parte, el FBI QAS contempla la gestión de una base de datos de ADN. En EE. UU, los laboratorios de genética forense se acreditan por la ISO/IEC 17025 y son auditados con respecto al cumplimiento del FBI QAS, esto para poder tener acceso a la base de datos nacional del FBI (NDIS). Actualmente en México, no hay ningún laboratorio auditado por el FBI QAS, y aunque en México los laboratorios no busquen tener acceso al NDIS, este estándar podría homologar la gestión de base de datos de ADN de manera nacional, por otra parte, la auditoria para el FBI QAS, puede realizarla la ANAB en México.

Finalmente mediante una revisión sistemática de literatura, así como de la revisión de bases de datos de organismos de acreditación (EMA y ANAB), se pudieron encontrar los estándares que han sido desarrollados en el mundo que pueden aplicarse los laboratorios de genética forense, y además de lo anterior se pudo conocer el estado actual de México, con respecto a la acreditación de los laboratorio de genética forense, encontrando que todos se centran en la ISO/IEC 17025. Por último se revisaron de manera general los estándares ISO/IEC 17025 y FBI QAS, con el fin de conocer su estructura y como estos se diferencian, observando que ambos pueden complementarse, pero que el FBI QAS es un estándar especializado en el análisis de ADN forense y gestión de bases de datos de ADN.

¹³ Información disponible en:

https://www.swgdam.org/files/ugd/4344b0_3f94c9a6286048c3924c58e2c230e74e.pdf, última revisión el 17 de Enero del 2023.

CAPITULO 5 Construcción del prototipo de una Base Datos en Visual Basic para el Haplotipo del Cromosoma Y (PowerPlex® Y23 System)

5.1 Desarrollo de una Base Datos en Visual Basic para el Haplotipo del Cromosoma Y (PowerPlex® Y23 System)

La metodología que se utilizó para el desarrollo de esta aplicación, es una metodología de prototipo, en la cual los desarrolladores proveen a los usuarios finales de una descripción básica del programa y realizan las pruebas iniciales del mismo, estos a su vez emiten recomendaciones para mejorarlo (feedback), que permite a los desarrolladores presentar el producto final más adecuado a las necesidades del usuario, por lo que el ciclo de desarrollo del sistema (ver Figura 8), se repite hasta obtener la aplicación más optima(Susanto, 2019). Es importante señalar que, el alcance del prototipo que se desarrolla en este trabajo no es presentar la versión final de la aplicación, sino presentar la versión inicial y evaluar si cumple su propósito, esto para que en trabajos posteriores el ciclo de desarrollo del sistema se ejecute hasta obtener la versión más optima. Por lo que, en la sección de Anexos del presente trabajo, se adjunta el código completo.

El primer paso de la metodología de prototipo es el análisis de los requerimientos del sistema, el desarrollo de los sistemas de información requiere diversas ideas y análisis. Este análisis no debe de perder de vista que el sistema que se desarrolle requiere de especificaciones que pudieran ser pero no limitarse a: el objetivo por el cual se desarrolla, el costo, velocidad, calidad de la información producida, exactitud, validez y confiabilidad(Susanto, 2019).

Después de analizar, ¿Qué tiene que hacer la aplicación?, se debe de ir al segundo paso el cual es ¿Cómo se va a llevar a cabo?. Desde esa perspectiva se estaría abordando el diseño del sistema que se puede entender como el diseño de interfaces, datos y procesos con el objetivo de cumplir las especificaciones del sistema planeado para el usuario, por lo que se espera que un buen prototipo incluya la siguientes partes: menú con características que sea fácil de entender y breve, un formulario o display de entradas y salidas, informes imprimibles, una base de datos con registros y formatos óptimos para el manejo de los mismos, alguna forma de llevar a cabo consultas con los datos que se tienen almacenados en la base de datos y una estructura simple con un lenguaje de programación que permita llevar a cabo operaciones iterativas y sea amigable con el usuario.

Finalmente se lleva a cabo la prueba del sistema, esto se hace mediante una implementación, evaluación y modificación del mismo hasta que el producto muestra un desempeño aceptable para el usuario final, con el fin de encontrar errores que pueden ocurrirle al sistema, así como procesos iterativos innecesarios. En este último paso es necesario tener una retroalimentación acerca de la apariencia del sistema, conformidad con los requerimientos, velocidad y exactitud de la información producida.

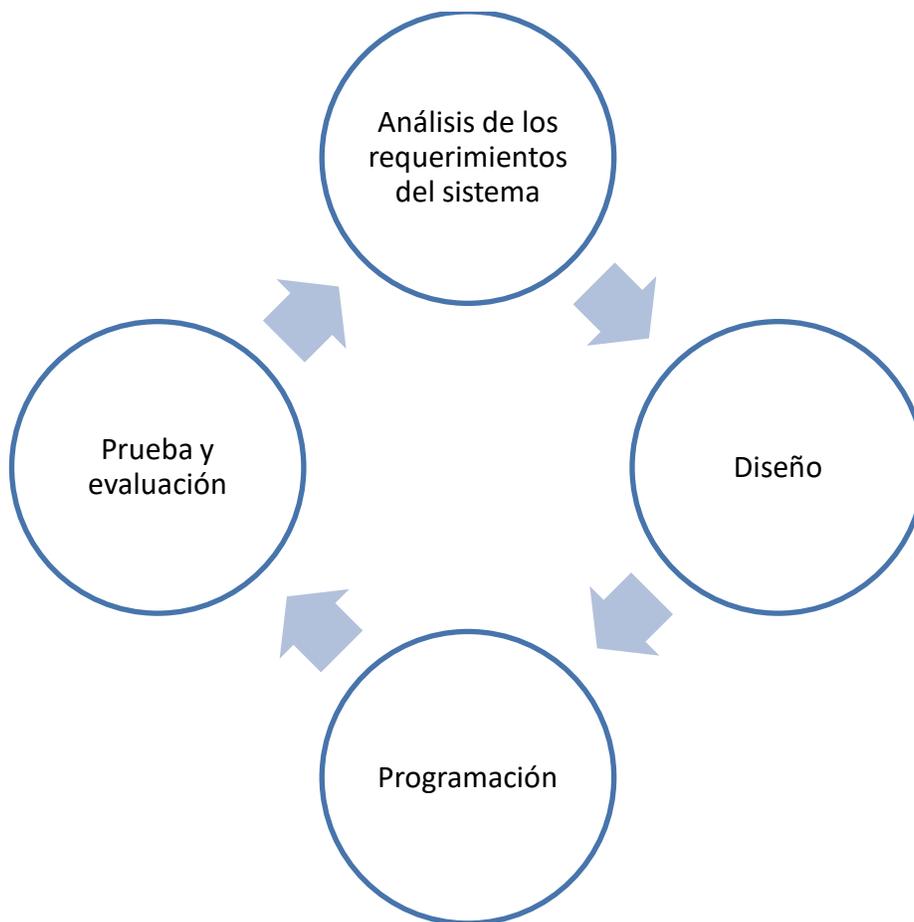


Figura 8 Ciclo de desarrollo del sistema (prototipo).
Fuente: Elaboración propia con base en Susanto (2019).

5.2 Análisis de los requerimientos del sistema.

Para el presente trabajo, se realizó un análisis de los requerimientos del sistema con respecto a lo siguiente: objetivo por el cual se desarrolla, el costo, calidad de la información producida, validez y confiabilidad.

5.2.1 Objetivo por el cual se desarrolla el sistema

En México, solo el laboratorio de genética de la Dirección de Servicios Periciales de la Fiscalía General Del Estado De Querétaro, tiene dentro de su alcance de acreditación el ingreso de muestras para base de datos (STR y Y-STR), y como se desconoce si los demás laboratorios cuentan con una, se plantea el desarrollo de la misma como “prototipo” con el objetivo de:

- Desarrollar un prototipo de base de datos que almacene haplotipos del cromosoma “Y”, obtenidos con el sistema de identificación humana forense PowerPlex® Y23 System (Y-STR), para realizar búsquedas continuas entre los mismos, y así detectar si existe una correspondencia “match” entre ellos, con el fin de analizar los meta-datos asociados en las carpetas de investigación relacionadas con el “match” correspondiente. Lo anterior cumpliendo los requisitos del FBI QAS.

5.2.2 Costo de la aplicación.

En el presente trabajo se llegará a un “prototipo”, el cual es un desarrollo tecnológico que puede seguir mejorando con respecto al ciclo del desarrollo de sistema. Los costos generales para el presente desarrollo tecnológico se muestran a continuación (Ver Tabla 9), tomando en cuenta que el desarrollo de la aplicación se completó en 8 meses:

Concepto	Costo
Manutención del desarrollador por parte de CONACYT	96,000\$ MN
Curso especializado en programación (VBA) de la Universidad de Colorado Boulder	6000\$ MN
Servicios (Internet)	4000\$ MN
Total	106,000\$ MN

Tabla 9 Costos generales de la elaboración del prototipo.
Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Calidad de la información producida, validez y confiabilidad.

El “prototipo” de base de datos que se desarrollará, toma como base el caso de la Fiscalía General de Justicia del Estado de México, misma que no cuenta con acreditación alguna en genética forense, por lo que se propone el estándar FBI QAS, como referencia para el desarrollo de la aplicación, pues este estándar es especializado en la materia y toma en cuenta la gestión de bases de datos de ADN. En la fiscalía antes mencionada se utiliza, entre otros, el sistema de identificación humana forense PowerPlex® Y23 System, por lo que se analiza lo siguiente:

- **Calidad de la información producida:** La base de datos como producto final, cumplirá con el “FBI QAS para laboratorios que realizan análisis de ADN y gestionan una base de datos (FBI QAS LAAGBD)”, también se establece que esta base de datos no impacta el proceso analítico, sus resultados y los cálculos estadísticos. La información producida por la aplicación, hasta el momento (fase inicial) se concibe como el proveer una notificación en caso de que exista alguna coincidencia entre los haplotipos que se encuentran en una base de datos.
- **Validación:** Con respecto al “FBI QAS LAAGBD”, en el requisito 8.9 de Base de Datos, menciona que los productos de software, como son: procesadores de texto, hojas de cálculo y aquellos adquiridos por el laboratorio para auxiliarlo en su gestión, y usados por el mismo para desarrollar herramientas de software (macros, libros de trabajo y bases de datos), no requieren una validación de desarrollo, sino que debe de validar que es apropiado para su uso previsto en el laboratorio. Por lo que en el contexto del desarrollo del presente “prototipo”, se pretende validar mediante una “prueba funcional” de acuerdo al requisito 8.9 de Base de Datos, por lo que se validará que efectivamente en caso de que existan dos haplotipos idénticos se emitirá una notificación del hallazgo.
- **Confiabilidad:** Con respecto al “FBI QAS LAAGBD”, en el requisito 8.9 de Base de Datos, se realizarán pruebas de confiabilidad, en las cuales se establecerá que el software funciona en el ambiente del laboratorio, así como también se establecerán los límites de usabilidad de las funciones del del software.

5.3 Diseño.

Tomando en cuenta los requerimientos del sistema, a continuación, se establecen las: Herramientas, el Diseño de la interfaz y el Diseño de Formulario.

5.3.1 Herramientas

Para el desarrollo de esta aplicación se utilizaron las siguientes herramientas de Programación.

- 1- HP 14 Notebook PC (4.0 GB de RAM, Procesador Intel (R) Celeron (R) CPU N2840 @ 2.16 GHz 2.16 GHz).
- 2- Windows 10 Home Single Language, versión 2004.
- 3- Generador de interfaz VBA versión 2002.
- 4- Generador de código VBA versión 2002.

5.3.2 Diseño de la interfaz

El diseño de la interfaz se fundamentó en lo siguiente:

Se procurará que la interfaz de la base de datos sea intuitiva, que los haplotipos que coincidan sean presentados de forma separada al cúmulo de datos que se tenga. Por lo que para facilitar el ingreso de haplotipos del cromosoma “Y” del sistema PowerPlex® Y23 System, a la base de datos, se diseñará un formulario, con etiquetas que correspondan a los marcadores que deben de ser ingresados a la base de datos. También se planea que a la Base de Datos se ingresen haplotipos completos. Por otra parte, a continuación, se plantean los siguientes requisitos que el usuario de la base de datos deberá cumplir:

- Características de los usuarios: Profesionales de la genética forense que cumplen con los requisitos 5.3.1-5.3.3 del “FBI QAS LAAGBD”, relativos a la educación, experiencia y capacitación, quienes tendrán conocimientos previos sobre los sistemas de identificación humana, específicamente en el sistema PowerPlex® Y23 System, así como en los criterios de aceptación para el ingreso de la información a la Base de Datos, análisis de mezclas, y los demás contemplados en el “FBI QAS LAAGBD”. También es necesario tener conocimiento acerca del funcionamiento de hojas de cálculo en Excel.

- Análisis de contenido: Se requiere el cumplimiento de los requisitos 5.3.1-5.3.3 del “FBI QAS LAAGBD”, con respecto a la identificación humana con el uso de Base de Datos, así como de experiencia en la obtención de haplotipos del cromosoma “Y”, conocimientos mínimos de Microsoft Office.

5.4 Programación

5.4.1 Programación del formulario

Se utilizaron 23 etiquetas, de las cuales 22 corresponden a los marcadores genéticos del sistema PowerPlex® Y23 System, y el restante corresponde al número de expediente que tiene ese haplotipo, ya que los haplotipos se obtienen de una muestra que tiene número de control interno y un número de expediente, estas etiquetas se muestran a continuación:

Label 1: Con Caption “DYS576”, txt1: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador “DYS576”.

Label 2: Con Caption “DYS389 I”, txt2: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador “DYS389 I”.

Label 3: Con Caption “DYS448”, txt3: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador “DYS448”.

Label 4: Con Caption “DYS389 II”, txt4: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador “DYS389 II”.

Label 5: Con Caption “DYS19”, txt5: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador “DYS19”.

Label 6: Con Caption “DYS391”, txt6: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador “DYS391”.

Label 7: Con Caption “DYS481”, txt7: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador “DYS481”.

Label 8: Con Caption “DYS549”, txt8: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador “DYS549”.

Label 9: Con Caption “DYS533”, txt9: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador “DYS533”.

Label 10: Con Caption "DYS438", txt10: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "DYS438".

Label 11: Con Caption "DYS437", txt11: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "DYS437".

Label 12: Con Caption "DYS570", txt12: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "DYS570".

Label 13: Con Caption "DYS635", txt13: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "DYS635".

Label 14: Con Caption "DYS390", txt14: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "DYS390".

Label 15: Con Caption "DYS439", txt15: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "DYS439".

Label 16: Con Caption "DYS392", txt16: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "DYS392".

Label 17: Con Caption "DYS643", txt17: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "DYS643".

Label 18: Con Caption "DYS393", txt18: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "DYS393".

Label 19: Con Caption "DYS458 ", txt19: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "DYS458".

Label 20: Con Caption "DYS385", txt20: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "DYS385".

Label 21: Con Caption "DYS456", txt21: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "DYS456".

Label 22: Con Caption "YGATAH4", txt22: Caja de texto para ingresar el marcador correspondiente al marcador "YGATAH4".

Label 23: Con Caption "Expediente", txt23: Caja de texto para ingresar el número de "Expediente".

Además de lo anterior se agregaron tres botones de comando, cuyas funciones a continuación se mencionan:

1-CommandButton1 (SALIR): Botón de comando para salir del formulario.

2-CommandButton2 (GUARDAR): Botón de comando para guardar el haplotipo que se desea ingresar.

3-CommandButton4 (NUEVO): Botón de comando para limpiar el formulario.

Para la ejecución del formulario y código de búsqueda, se colocaron dos controles de comando ActiveX al cual a uno se le programo el despliegue del formulario para el ingreso de haplotipo y al otro las subrutinas para la búsqueda de coincidencias en la Base de Datos. Y se muestran en la Figura 9.

Los botones de comando relativos al formulario se muestran en la Figura 10.

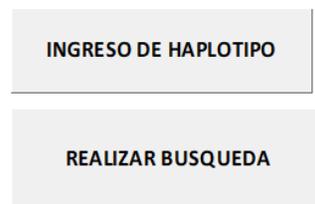


Figura 9 Botones de comando ActiveX para ingreso de haplotipos y búsqueda de coincidencias.

Registro de Datos

EXPEDIENTE



MARCADORES DEL CROMOSOMA "Y"

DYS576	<input type="text"/>	DYS437	<input type="text"/>
DYS389 I	<input type="text"/>	DYS570	<input type="text"/>
DYS448	<input type="text"/>	DYS635	<input type="text"/>
DYS389 II	<input type="text"/>	DYS390	<input type="text"/>
DYS19	<input type="text"/>	DYS439	<input type="text"/>
DYS391	<input type="text"/>	DYS392	<input type="text"/>
DYS481	<input type="text"/>	DYS643	<input type="text"/>
DYS549	<input type="text"/>	DYS393	<input type="text"/>
DYS533	<input type="text"/>	DYS458	<input type="text"/>
DYS438	<input type="text"/>	DYS385	<input type="text"/>
		DYS456	<input type="text"/>
		YGATAH4	<input type="text"/>

NUEVO GUARDAR SALIR

BASE DE DATOS DE HAPLOTIPO DEL CROMOSOMA "Y" DEL LABORATORIO DE GENÉTICA FORENSE CON SEDE EN TLALNEPANTLA DE BAZ

Figura 10 Formulario de la Base de Datos de Haplotipo del Cromosoma Y

5.4.2 Sub-Procedimientos de la Aplicación.

En primera parte se describirán las tres subrutinas relacionadas con el formulario, las cuales son las siguientes:

CommandButton1_Click ()- SALIR

CommandButton2_Click ()- GUARDAR

CommandButton3_Click ()- NUEVO

Esos botones de comando ejecutaran la subrutina que se le programo (Salir, Guardar, Nuevo).

El botón de comando ActiveX relacionado con la búsqueda de coincidencias (Botón “Realizar Búsqueda”) tiene 7 subrutinas las cuales son las siguientes:

1-Sub SUMADEFILASSEEK()

2-Sub Duplicados ()

3-Sub Diagonals2 ()

4-Sub SEMIFINAL ()

5-Sub FINALFINAL ()

6-Sub FINAL3 ()

7-Sub Clean ()

La primera subrutina (SUMADEFILASSEEK) llama a las demás subrutinas cuando termina de ejecutarse, su código tiene el objetivo de realizar una comparación marcador por marcador, para acentuar con color verde aquellos que se repiten, además de lo anterior realiza la suma de cada haplotipo del cromosoma “Y”, que se encuentra ingresado en la base de datos colocando el resultado en la celda vacía posterior al último marcador, por ejemplo si a el último marcador le corresponde la celda “W2”, la suma se colocará en la celda “X2”, esto se fundamenta en el hecho de que cualquier haplotipo de un individuo suma un número específico (x) el cual pudiera ser repetible de acuerdo a una suma de números aleatorios, por este motivo primero se lleva a cabo una comparación individual de cada marcador.

La segunda subrutina (Duplicados) tiene el objetivo de acentuar mediante un color específico los valores repetidos que se encuentran en la columna “X”, objetivo que se logró con el uso del siguiente comando:

```
Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("X2:X" & FINAL), Range("X" & Fila)) > 1 Then Range("X" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
```

La tercera subrutina (Diagonals2) contiene el algoritmo que realiza la búsqueda de aquellas celdas acentuadas en la columna (“X”) y una vez encontrada alguna con esa acentuación específica, realiza una exportación del haplotipo a través de una matriz del tipo “VARIANT”. Estos haplotipos que se encuentran en la matriz se plasman respectivamente en celdas que pertenecen al cuadro de coincidencias.

La cuarta subrutina (SEMIFINAL) lleva a cabo a través del comando mostrado en la subrutina 2, la búsqueda de valores repetidos en cada uno de los marcadores correspondientes a los haplotipos que fueron exportados, y al finalizar este proceso llama a la subrutina (FINALFINAL), que realiza un conteo de los marcadores que se repiten de acuerdo al haplotipo que habilitado por un contador, discrimina aquellos dónde no coinciden más de 21 marcadores, y sí encuentra haplotipos que coinciden emite un mensaje que advierte al usuario sobre la coincidencia y le indica que observe el

recuadro de coincidencias anteriormente referido , finalizada esta tarea llama a la subrutina Sub FINAL3() que elimina los valores de los haplotipos que no coinciden en más de 21 marcadores, esto únicamente en el cuadro de coincidencias, no los elimina de la base de datos.

La séptima subrutina (Sub Clean) tiene la función de limpiar las sumas y acentuaciones realizadas en la subrutina 1 y de esta forma se evita confundir al usuario.

Sin embargo, el código del “prototipo “se compartirá en el **ANEXO II** del presente trabajo.

La Base de Datos será probada y evaluada con los haplotipos del cromosoma Y obtenidos durante el periodo 2015 a 2021 en el Laboratorio de Genética Forense con sede en Tlalnepantla de Baz, los resultados se muestran en el respectivo apartado. La autorización se muestra en el **ANEXO I**.

5.5 Prueba y evaluación: ingreso de haplotipos del cromosoma “Y” al “prototipo” de base de datos.

Se llevó a cabo una revisión electrónica en primera instancia y posteriormente manual del registro de dictámenes emitidos del 2015 al 2021 con resultados asociados a la prueba de “Haplotipo del Cromosoma Y”, del Laboratorio de Genética Forense de la FGJEM con sede en Tlalnepantla de Baz, esto con el fin de ingresarlos al “prototipo” y evaluar su confiabilidad, al desempeñarse en el entorno ambiental dónde se utilizará, estos dictámenes contenían muestras relacionadas a agresión sexual, dichas muestras se agruparon según su naturaleza, de la siguiente forma:

- Exudados de Zonas erógenas (Cuello, Mamas, Auriculares, Muslos, Ingles, Glúteos)
- Exudados Vaginales
- Exudados Anales
- Indicios (diversos)
- Raspado de uñas

Finalmente, se revisaron 175 muestras plasmadas en sus respectivos dictámenes, y fueron ingresados al “prototipo de base de datos”, un total de 48 haplotipos del cromosoma “Y”. El ingreso de los haplotipos fue paulatino, y en diferentes momentos se realizaba la búsqueda de coincidencias, detectando problemas con respecto a que cuando se encontraba un gran número de probables coincidencias, el código no eliminaba todas, por lo que se realizaron modificaciones al mismo hasta que trabajó de manera óptima, también se realizó una “prueba de funcionalidad” con base en el “FBI QAS LAAGBD”, ya que se encontró una coincidencia entre dos expedientes ingresados en diferentes tiempos, y que mediante la revisión física de los dictámenes se validó que efectivamente, eran idénticos, por lo que la aplicación cumplía su objetivo, solamente se modificó el código para que únicamente dejara aquellos que coincidían (Ver Figura 11 y 12).

Con respecto a la Calidad de la información producida, validez y confiabilidad se establece lo siguiente:

- Calidad de la información producida: El prototipo de base de datos en la fase “inicial”, muestra los anuncios correspondientes con lo que está sucediendo en el análisis de los datos (ver figura 11, 12 y 13), pues se pudo corroborar que cuando hay una coincidencia el algoritmo la detecta y aísla los haplotipos de aquellos que no corresponden.
- Validez: La “prueba de funcionalidad”, demostró que la base de datos encuentra coincidencias de haplotipos del cromosoma “Y” idénticos, esto si estas existen (ver figura 11, 12 y 13).
- Confiabilidad: La base de datos se probó con muestras que en el ambiente normal de laboratorio le serian ingresadas y demostró un desempeño aceptable, pues cumplía su función.
- Límites de usabilidad: Es preciso aclarar qué; en caso de mutaciones, la base de datos no detectará el haplotipo que presente la misma, aún y solo se presente en un marcador, además de lo anterior, el prototipo no realiza cálculos estadísticos que permitan sustentar determinadas hipótesis de procedencia, ya que no se cuentan con las frecuencias idóneas para realizar los cálculos correspondientes en México.

Por otra parte, con el fin de proveer evidencia del funcionamiento de la base de datos, a continuación, se comparte el archivo (.xlsm):

- <https://www.dropbox.com/s/05hd2c6zbwoz6jt/PROGRAM%20OF%20SEEK%20OF%20MATRICES%20AIM.xlsm?dl=0>
- Contacto para mayor información: miguelangelmoraleshernandez29@outlook.com

De los haplotipos que fueron revisados en cada uno de los grupos de muestras (indicios, exudados, raspados de uñas, entre otros), se revisó si el haplotipo se repetía en otra fuente (muestra), ya sea en el mismo dictamen o un dictamen relacionado con la carpeta de investigación correspondiente, por lo que era de esperarse que en algunos casos el haplotipo que se encontraba en el exudado anal, era el mismo en algún indicio y en el exudado vaginal. Por lo que esa discriminación se llevó acabo con el fin de no repetir los haplotipos, pues la base de datos los detectaría y tendríamos una coincidencia con un falso positivo. Ya que se buscan haplotipos coincidentes que no están relacionados en una carpeta de investigación sino se encuentren en otra carpeta no relacionada.

Por consiguiente, al momento de realizar la búsqueda en la base de datos, esta muestra un aviso (ver Figura 11) que dice “LA BASE DE DATOS SE ENCUENTRA ANALIZANDO LOS HAPLOTIPOS”, esto quiere decir que se están ejecutando las subrutinas de la aplicación, después si se encuentra alguna coincidencia se mostrará el aviso correspondiente (ver Figura 12).

CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la literatura existen diversas referencias del empleo de la ISO/IEC 17025 para la acreditación de los laboratorios de genética forense (LGF). Por otra parte, diversas organizaciones internacionales como: SWGDAM, ENFSI y EAFS, han desarrollado sistemas de gestión especializados en los LGF, por lo que en el presente trabajo se buscó profundizar mediante una revisión sistemática de literatura, acerca de los estándares que han sido desarrollados, así como también de investigar la situación actual de la acreditación de los LGF en México. Pues de acuerdo con Ansell (2013), en la unión Europa los laboratorios acreditados por la ISO/IEC 17025, están migrando a sistemas de gestión más especializados desarrollados por la ENFSI.

De acuerdo a los resultados anteriormente analizados, se establece lo siguiente:

- 1- **Pregunta de investigación principal;** ¿Qué estándares para el aseguramiento de calidad han sido desarrollados para los Laboratorios de Genética Forense que realizan la prueba de perfil genético y gestionan una base de datos?

En el **Capítulo 3**, se realizó una revisión sistemática de literatura sobre de los estándares aplicables a los laboratorios de genética forense que se han desarrollado en el mundo, encontrándose los siguientes:

- **ISO / IEC 19794-14: 2013 - Tecnologías de la información - Formatos de intercambio de datos biométricos - Parte 14: Datos de ADN.**
- **ISO 18385:2016 - Minimización del riesgo de contaminación de ADN humano en productos utilizados para recolectar, almacenar y analizar material biológico para fines forenses –Requisitos.**
- **ISO / IEC 17025: 2017 - Requisitos generales para la competencia de Laboratorios de ensayo y calibración.**
- **ISO 21043: 2018 - Ciencias forenses.**
- **FBI QAS DNA: 1) Laboratorios forenses que realizan la prueba de ADN; y 2) Laboratorios que gestionan una base de datos**

Se describió también en el **Capítulo 4**, como surgieron estos estándares de manera general. Se documenta la situación actual de los laboratorios en genética forense en México en materia de acreditación y el alcance dentro de las acreditaciones que les otorgó la ANAB y EMA. De acuerdo a lo investigado, México enfrenta un desafío importante en materia de calidad de los prestadores de servicios forenses, debido a que solamente hay diecisiete laboratorios públicos (pertenecientes a

fiscalías) y tres laboratorios privados acreditados por la ISO/IEC 17025, sin embargo en diecisiete laboratorios no se especifica la matriz de la cual se obtendrá el perfil genético, esto en el alcance de acreditación, además ningún laboratorio en México tiene dentro de su alcance de acreditación la cuantificación de ADN. Por otra parte, no se encontró evidencia de la adopción de sistemas de gestión especializados en LGF. Este desafío se agudiza con la ausencia de iniciativas provenientes de instituciones de alto nivel, pues como se observó en E.U.A las iniciativas provinieron por parte del congreso y de esta manera se desencadenaron una serie de obligaciones que los laboratorios tenían que cumplir.

Por otra parte, en México solo un laboratorio que es el correspondiente a la Fiscalía General de Justicia del Estado de Querétaro tiene dentro de su alcance de acreditación el ingreso de haplotipos del cromosoma “Y” a una base datos, esto es importante ya que el haplotipo del cromosoma “Y”, podría ayudar a la identificación de un victimario. Actualmente se desconoce si los demás laboratorios cuentan con una base de datos para haplotipo del cromosoma “Y”, ya que como se pudo apreciar diez laboratorios tienen dentro de su alcance de acreditación la prueba de ingreso de perfiles genéticos a una base de datos, sin embargo el perfil genético es una prueba distinta al haplotipo del cromosoma “Y” y por esto la búsqueda que realicen los algoritmos que se programen difieren de la búsqueda que realiza una base de datos de haplotipos del cromosoma “Y”, por lo que se planteó la siguiente pregunta de investigación:

- 2- **Pregunta de investigación secundaria;** ¿Cómo se puede generar una Base de Datos de Haplotipo del Cromosoma Y para el sistema de identificación humana PowerPlex® Y23 System?

Por lo que se llevó a cabo la programación de un “prototipo” de base de datos de haplotipo del cromosoma “Y” en el lenguaje VisualBasicforApplications (Versión 2002), mediante la metodología de prototipo (Susanto, 2019), para que los laboratorios que no cuenten con una puedan obtenerla de manera gratuita y con la finalidad de que la misma sea probada y mejorada. Se realizó el ciclo del desarrollo del sistema, y el “prototipo” paso la “prueba de funcionalidad”, es decir que emite una notificación si encuentra dos haplotipos idénticos. Pues se le ingresaron cuarenta y ocho haplotipos provenientes de diferentes muestras emitidas por el LGF de Tlalnepantla de la FGJEM en el periodo 2015-2021, y al encontrar la coincidencia se verificó de manera física con ayuda de los dictámenes relacionados.

BIBLIOGRAFÍA

- Ansell, R. (2013). Internal quality control in forensic DNA analysis. *Accreditation and Quality Assurance*, 18(4), 279-289. <https://doi.org/10.1007/s00769-013-0968-9>
- ANSI National Accreditation Board. (2021). *MANUAL DE ACREDITACIÓN PARA PROVEEDORES DE SERVICIOS FORENSES*. ANAB. <https://anab.ansi.org/en/forensic-accreditation/iso-iec-17025-ar-3125-docs>
- Australia and New Zealand Forensic Science Society: Code of Professional Practice. (2019). En *Quality Management in Forensic Science* (pp. 355-358). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805416-1.15005-4>
- Bertalanffy Von, L. (1986). *Teoría General de los Sistemas* (Séptima Reimpresión). Fondo de Cultura Económica.
- Butler, J. M. (2015). U.S. initiatives to strengthen forensic science & international standards in forensic DNA. *Forensic Science International: Genetics*, 18, 4-20. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.06.008>
- Butler, J. M., & Willis, S. (2020). Interpol review of forensic biology and forensic DNA typing 2016-2019. *Forensic Science International: Synergy*, 2, 352-367. <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2019.12.002>
- Canahuire, A. (2018). *DISEÑO DE APLICACIÓN MULTIMEDIA EN VISUAL BASIC – EXCEL PARA HALLAR SOLUCIONES NUMÉRICAS DE ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS CON VALORES INICIALES* [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12444/Adolfo_Canahuire_Concondo_ri.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ceballos, J. (2013). *Enciclopedia De Microsoft Visual Basic* (3°). Alfaomega Grupo Editor.

- Collins, J. (2018). Accreditation. En *HR Management in the Forensic Science Laboratory* (pp. 457-475). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801237-6.00026-9>
- Congreso General De Los Estados Unidos Mexicanos. (2021). Código Nacional de Procedimientos Penales. *5/03/2021*, 153.
https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CNPP_190221.pdf
- Creswell, J. W. (2009). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (3rd ed, Vol. 1). SAGE Publications, Inc.
- Doyle, S. (2019a). An Introduction to the Standards Applicable to the Management, Practice, and Delivery of Forensic Science. En *Quality Management in Forensic Science* (pp. 63-154). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805416-1.00003-7>
- Doyle, S. (2019b). Historical Perspective. En *Quality Management in Forensic Science* (pp. 155-219). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805416-1.00004-9>
- EURACHEM. (2021, noviembre 22). ISO/IEC 17025:2017—A New Accreditation Standard.
EURACHEM. <https://www.eurachem.org/index.php/publications/leaflets/iso-iec-17025-2017>
- Flood, R. L., & Carson, E. R. (1993). *Dealing with Complexity: An Introduction to the Theory and Application of Systems Science*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2235-2>
- Guzel, O., & Guner, E. I. (2009). ISO 15189 Accreditation: Requirements for quality and competence of medical laboratories, experience of a laboratory I. *Clinical Biochemistry*, *42*(4-5), 274-278. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2008.09.011>
- Honsa, J. D., & McIntyre, D. A. (2003). ISO 17025: Practical Benefits of Implementing a Quality System. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, *86*(5), 1038-1044.
<https://doi.org/10.1093/jaoac/86.5.1038>

- IAEA. (2018). L5 Overview of ISO/IEC 17025:2017 Standard. *L5 Overview of ISO/IEC 17025:2017 Standard*.
https://nucleus.iaea.org/sites/orpnet/training/Quality%20Management%20System%20for%20Radiation%20Protection%20Monitoring%20Services/Shared%20Documents/DAY_1%20L5%20Overview%20of%20ISO_IEC%2017025_2017%20RevPV.pdf
- International Organization for Standardization. (2017). *ISO/IEC 17025 «General requirements for the competence of testing and calibration laboratories»*. ISO copyright office.
- International Organization for Standardization. (2022, octubre 29). ISO/TC 212 Clinical laboratory testing and in vitro diagnostic test systems [Página oficial ISO]. *Technical Committees*.
<https://www.iso.org/committee/54916.html>
- ISOTools Excellence. (2022, septiembre 21). Evolución de los estándares de calidad desde ISO 9002. *Evolución de los estándares de calidad desde ISO 9002*.
<https://www.isotools.org/2015/08/28/evolucion-de-los-estandares-de-calidad-desde-iso-9002/>
- Jacewicz, R., & Iyavoo, S. (2019). Standardization in forensic genetics—A multi-faceted challenge in Poland. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 7(1), 903-905.
<https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2019.11.015>
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (Eds.). (1999). *Juran's quality handbook* (5th ed). McGraw Hill.
- Kaufmann, J., Sanginés, M., & García, M. (2015). *Construyendo gobiernos efectivos: Logros y retos de la gestión pública para resultados en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0000016>
- Kayser, M. (2017). Forensic use of Y-chromosome DNA: a general overview. *Hum Genet*.
<https://doi.org/10.1007/s00439-017-1776-9>

- Melbourn, H., Smith, G., McFarland, J., Rogers, M., Wieland, K., DeWilde, D., Lighthart, S., Quinn, M., Baxter, A., & Quarino, L. (2019). Mandatory certification of forensic science practitioners in the United States: A supportive perspective. *Forensic Science International: Synergy*, 1, 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2019.08.001>
- Morgan, G. (1992). *Imágenes de la organización*. RA-MA.
- New Zealand Code of Conduct for Expert Witnesses. (2019). En *Quality Management in Forensic Science* (pp. 365-366). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805416-1.15009-1>
- Nogel, M., Czebe, A., Kovács, G., & Pádár, Z. (2019). A work in progress—Accreditation of forensic DNA laboratories as a part of the „European Forensic Science Area 2020 (EFSA 2020)” concept. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 7(1), 836-837. <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2019.10.195>
- Organización Internacional de Normalización. (2012). *ISO 15189:2012 «Medical laboratories—Requirements for quality and competence»*. ISO copyright office. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15189:ed-3:v2:en>
- Organización Internacional de Normalización. (2015). *ISO 9000:2015 «Sistemas de gestión de la calidad—Fundamentos y vocabulario»*. ISO 2015. <https://saf.uas.edu.mx/pdf/Certificacion/NORMA%20ISO%209000%202015.pdf>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10(1), 89. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>
- Purita, A. (2015). Perspectiva histórica de la acreditación de los laboratorios clínicos. [Entidad Mexicana de Acreditación]. *Entidad Mexicana de Acreditación*.

https://www.ema.org.mx/descargas_congresolInteramericano/13Agosto/Elpapeldela15189_AnaliaPurita.pdf

Roewer, L. (2019). Y-chromosome short tandem repeats in forensics—Sexing, profiling, and matching male DNA. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Forensic Science*, e1336.

<https://doi.org/10.1002/wfs2.1336>

Solomon, R. C. (1970). Hegel's Concept of «Geist». *The Review of Metaphysics*, 23(4), 642-661.

<http://www.jstor.org/stable/20125667>

Steffen, C. R., Kline, M. C., Duewer, D. L., & Vallone, P. M. (2015). Establishing traceability to NIST SRM 2391c: PCR-Based DNA Profiling Standard. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, 5, e112-e113. <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2015.09.045>

<https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2015.09.045>

Susanto, A. (2019). *System Development Method with The Prototype Method*. 8(07), 4.

<http://www.ijstr.org/final-print/july2019/System-Development-Method-With-The-Prototype-Method.pdf>

SWGAM. (2020a). *QUALITY ASSURANCE STANDARDS FOR FORENSIC DNA TESTING LABORATORIES*. SWGDAM.

https://www.swgdam.org/_files/ugd/4344b0_d73afdd0007c4ed6a0e7e2ffbd6c4eb8.pdf

SWGAM. (2020b). *THE FBI QUALITY ASSURANCE STANDARDS AUDIT FOR DNA DATABASING LABORATORIES*. SWGDAM.

https://www.swgdam.org/_files/ugd/4344b0_c1d92c448b064a049407235e2baaee94.pdf

SWGAM. (2020c). *THE FBI QUALITY ASSURANCE STANDARDS AUDIT FOR FORENSIC DNA TESTING LABORATORIES*. SWGDAM.

https://www.swgdam.org/_files/ugd/4344b0_c5a01c1f1e1643b8bcf52ca1c6485869.pdf

SWGAM. (2020d). *THE GUIDANCE DOCUMENT FOR THE FBI QUALITY ASSURANCE STANDARDS FOR FORENSIC DNA TESTING AND DNA DATABASING LABORATORIES*. SWGDAM.

SWGDM, S. W. G. on D. A. M. (2020e). *QUALITY ASSURANCE STANDARDS FOR DNA DATABASING LABORATORIES*. SWGDAM.

https://www.swgdam.org/_files/ugd/4344b0_c9a1e24a86514f1eaffb9e35e4d04ea5.pdf

The National Code of Professional Responsibility for Forensic Science and Forensic Medicine

Service Providers (USA). (2019). En *Quality Management in Forensic Science* (pp. 351-352).

Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805416-1.15003-0>

UK Forensic Science Liaison Group: Code of Practice. (2019). En *Quality Management in Forensic*

Science (p. 363). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805416-1.15008-X>

Upmann, M., & Stephan, R. (2014). LABORATORY ACCREDITATION. En *Encyclopedia of Meat*

Sciences (pp. 145-151). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00228-2>

Wilson-Wilde, L. (2018). The international development of forensic science standards—A review.

Forensic Science International, 288, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.04.009>

Zhai, W., Zhang, N., & Hua, F. (2020). The development of forensic science standards in China.

Forensic Science International: Synergy, 2, 187-193.

<https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2020.06.001>

ANEXOS

Anexo I

Autorización del uso de datos por parte de la Fiscalía General de Justicia del Estado de México.

	FISCALÍA GENERAL DE JUSTICIA DEL ESTADO DE MÉXICO	
"2022, AÑO DEL QUINCENTENARIO DE TOLUCA CAPITAL DEL ESTADO DE MÉXICO"		
HOJA 1 DE 2		
SERVICIOS PERICIALES		
SUBDIRECCIÓN TLALNEPANTLA		
ASUNTO: EL QUE SE INDICA		
Tlalnepantla de Baz, México a 17 de Mayo de 2022		
LIC. RAUL ANTONIO DIAZ MARTINEZ SUBDIRECTOR DE SERVICIOS PERICIALES EN LA ZONA DE TLALNEPANTLA DE BAZ.		
P R E S E N T E:		
<p>Por medio de la presente hago de su conocimiento que derivado del tema de investigación con título "ESTÁNDARES PARA EL ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE GENÉTICA FORENSE "que el que suscribe con la asesoría de la tutora Dra. Maria de los Ángeles Olvera Treviño lleva acabo como parte de los estudios correspondientes al programa de posgrado de la Maestría en Ingeniería Química de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México , debo de informarle que al plantear una propuesta para responder a una de las preguntas de investigación acerca del desarrollo de una base de datos en el lenguaje de programación Visual Basic for Applications esto para haplotipos del cromosoma Y, que complementada con la base de datos YHRD (Y-Chromosome STR Haplotype Reference Database) ayudaría a en primera instancia encontrar coincidencias entre la información (haplotipos) que surjan de los asuntos atendidos por el Laboratorio de Genética Forense con sede en Tlalnepantla de Baz. Por lo que le pido tenga a bien autorizar al que suscribe que como parte de la metodología de "prototipo" que se lleva acabo proceda a probar la base de datos que se programó con los haplotipos que se encuentran emitidos en dictámenes periciales comprendidos del periodo 2015 al 2021 esto con el fin de encontrar deficiencias en la misma y poder corregirlas para lograr un mejor desempeño y satisfacción al usuario. Sin embargo debo de recalcar el hecho de que no se publicaran los haplotipos con los que la base de datos será probada, solamente se publicara la metodología que se llevó acabo para el desarrollo de la misma así como el código de la aplicación, además de metadatos como lo son los tipos de indicios de los que se obtuvieron los respectivo haplotipos con el fin de evaluar en qué indicios se obtuvieron haplotipos completos, parciales, con más de un aporte y por otra parte de cuales no se obtuvieron resultados</p>		
<p>A continuación se muestran los botones de comando y el formulario que se propuso para la aplicación los cuales se planean publicar</p>		
		

Registro de Datos

EXCELENTE

MARCADORES DEL CROMOSOMA "Y"

DYS576	<input type="checkbox"/>	DYS437	<input type="checkbox"/>
DYS389 I	<input type="checkbox"/>	DYS570	<input type="checkbox"/>
DYS446	<input type="checkbox"/>	DYS635	<input type="checkbox"/>
DYS386 B	<input type="checkbox"/>	DYS390	<input type="checkbox"/>
DYS15	<input type="checkbox"/>	DYS435	<input type="checkbox"/>
DYS282	<input type="checkbox"/>	DYS392	<input type="checkbox"/>
DYS481	<input type="checkbox"/>	DYS642	<input type="checkbox"/>
DYS549	<input type="checkbox"/>	DYS383	<input type="checkbox"/>
DYS523	<input type="checkbox"/>	DYS450	<input type="checkbox"/>
DYS428	<input type="checkbox"/>	DYS385	<input type="checkbox"/>
		DYS456	<input type="checkbox"/>
		YGATA1H	<input type="checkbox"/>

INGRESO DE HAPLOTIPO

REALIZAR BÚSQUEDA

RECIBO GUARDAR SALIR

Así como también con el fin de estudiar la frecuencias de haplotipos del cromosoma Y, le pido tenga a bien considerar la modificación de los formatos de consentimiento para obtener información correspondiente al origen de los donantes, de sus padres y abuelos para en un futuro poder estudiarlas. Cabe recalcar que actualmente se obtiene esta información solo hasta los padres de los donantes.

Sin más por el momento agradezco la atención que se sirva dar al presente, aprovechando la ocasión para enviarle un cordial saludo.

FIRMA DEL SOLICITANTE
ING. MIGUEL ANGEL MORALES HERNANDEZ
PERITO OFICIAL EN GENÉTICA FORENSE



FIRMA DE AUTORIZACIÓN
LIC. RAUL ANTONIO DIAZ MARTINEZ
SUBDIRECTOR DE SERVICIOS PERICIALES EN LA ZONA
DE TLALNEPANTLA DE BAZ.

Anexo II

Código de la aplicación:

```
Option Explicit
'Dim A() As Double ' La matriz esta vacia
Option Base 1
Sub SUMADEFILASSEK()
Dim i As Double, j As Double
Dim nr As Integer, nc As Integer
Call Secondreview
Range("B2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
nr = Selection.Rows.Count
nc = Selection.Columns.Count
'ReDim A(nr, nc) As Double
Range("X2").Select
For i = 1 To nr
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SUM(RC[-22]:RC[-1])"
    Cells(2 + i, 24) = ActiveCell.FormulaR1C1
Next i
Call Duplicados
Call Diagonals2
Call SEMIFINAL
Call Clean
Range("A1").Select
End Sub
Sub Duplicados()
Dim Fila As Long
Dim FINAL As Long
Range("X2").Select
'Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
FINAL = Range("X2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("X2:X" & FINAL), Range("X" & Fila)) > 1 Then
        Range("X" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
End Sub
Sub Secondreview()
Dim Fila As Long, FINAL As Long

FINAL = Range("B2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("B2:B" & FINAL), Range("B" & Fila)) > 1 Then
        Range("B" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("C2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("C2:C" & FINAL), Range("C" & Fila)) > 1 Then
        Range("C" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("D2").End(xlDown).Row
```

```

For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("D2:D" & FINAL), Range("D" & Fila)) > 1 Then
    Range("D" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("E2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("E2:E" & FINAL), Range("E" & Fila)) > 1 Then
    Range("E" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("F2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("F2:F" & FINAL), Range("F" & Fila)) > 1 Then
    Range("F" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("G2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("G2:G" & FINAL), Range("G" & Fila)) > 1 Then
    Range("G" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("H2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("H2:H" & FINAL), Range("H" & Fila)) > 1 Then
    Range("H" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("I2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("I2:I" & FINAL), Range("I" & Fila)) > 1 Then
    Range("I" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("J2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("J2:J" & FINAL), Range("J" & Fila)) > 1 Then
    Range("J" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("K2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("K2:K" & FINAL), Range("K" & Fila)) > 1 Then
    Range("K" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("L2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("L2:L" & FINAL), Range("L" & Fila)) > 1 Then
    Range("L" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("M2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("M2:M" & FINAL), Range("M" & Fila)) > 1 Then
    Range("M" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If

```

```

Next Fila
FINAL = Range("N2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("N2:N" & FINAL), Range("N" & Fila)) > 1 Then
        Range("N" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("P2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("P2:P" & FINAL), Range("P" & Fila)) > 1 Then
        Range("P" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("Q2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("Q2:Q" & FINAL), Range("Q" & Fila)) > 1 Then
        Range("Q" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("R2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("R2:R" & FINAL), Range("R" & Fila)) > 1 Then
        Range("R" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("S2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("S2:S" & FINAL), Range("S" & Fila)) > 1 Then
        Range("S" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("T2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("T2:T" & FINAL), Range("T" & Fila)) > 1 Then
        Range("T" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("U2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("U2:U" & FINAL), Range("U" & Fila)) > 1 Then
        Range("U" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("V2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("V2:V" & FINAL), Range("V" & Fila)) > 1 Then
        Range("V" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("W2").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("W2:W" & FINAL), Range("W" & Fila)) > 1 Then
        Range("W" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila

Call PrimerFiltro
Range("B2").Select

```

```

Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
With Selection.Interior
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .ThemeColor = xlThemeColorDark1
    .TintAndShade = 0
    .PatternTintAndShade = 0
End With

End Sub
Sub Diagonals2()
Dim i As Integer, j As Integer, c As Integer, nc As Variant, nr As Variant
Dim D()
c = 0
Range("A2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
nr = Selection.Rows.Count
nc = Selection.Columns.Count
ReDim D(nr, nc) As Variant
For i = 1 To nr
    If Selection.Cells(i, nc).Interior.ColorIndex = 35 Then
        c = c + 1
        End If
        For j = 1 To nc

            D(i, j) = Selection.Cells(i, j)
            If Selection.Cells(i, nc).Interior.ColorIndex = 35 Then
                'c = c + 1
                'Cells(4 + i, 29 + j) = D(i, j)
                Cells(2 + c, 29 + j) = D(i, j)
            End If
        Next j
    Next i
    'Cells(4 + c, 29 + j) = D(i, j)
End Sub
Sub SEMIFINAL()
Dim Fila As Long, Colu As Long, FINAL As Long, COLUMNA As Long
Dim nr As Long, nc As Long, i As Long, j As Long
Range("AE3").Select
If Cells(3, 30) = "" Then
    Range("X2").Select
    Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
    With Selection.Interior
        .PatternColorIndex = xlAutomatic
        .ThemeColor = xlThemeColorDark1
        .TintAndShade = 0
        .PatternTintAndShade = 0
    End With
    Selection.ClearContents

    Range("BA3").Select
    Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
    With Selection.Interior
        .PatternColorIndex = xlAutomatic
        .ThemeColor = xlThemeColorDark1
        .TintAndShade = 0
    End With

```

```

        .PatternTintAndShade = 0
    End With
    Selection.ClearContents
    MsgBox ("No tenemos ninguna coincidencia")
Else
'Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
FINAL = Range("AE3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AE3:AE" & FINAL), Range("AE" & Fila)) > 1 Then
        Range("AE" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AF3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AF3:AF" & FINAL), Range("AF" & Fila)) > 1 Then
        Range("AF" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AG3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AG3:AG" & FINAL), Range("AG" & Fila)) > 1 Then
        Range("AG" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AH3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AH3:AH" & FINAL), Range("AH" & Fila)) > 1 Then
        Range("AH" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AI3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AI3:AI" & FINAL), Range("AI" & Fila)) > 1 Then
        Range("AI" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AJ3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AJ3:AJ" & FINAL), Range("AJ" & Fila)) > 1 Then
        Range("AJ" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AK3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AK3:AK" & FINAL), Range("AK" & Fila)) > 1 Then
        Range("AK" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AL3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AL3:AL" & FINAL), Range("AL" & Fila)) > 1 Then
        Range("AL" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AM3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AM3:AM" & FINAL), Range("AM" & Fila)) > 1 Then
        Range("AM" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila

```

```

End If
Next Fila
FINAL = Range("AN3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AN3:AN" & FINAL), Range("AN" & Fila)) > 1 Then
Range("AN" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AO3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AO3:AO" & FINAL), Range("AO" & Fila)) > 1 Then
Range("AO" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AP3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AP3:AP" & FINAL), Range("AP" & Fila)) > 1 Then
Range("AP" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AQ3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AQ3:AQ" & FINAL), Range("AQ" & Fila)) > 1 Then
Range("AQ" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AR3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AR3:AR" & FINAL), Range("AR" & Fila)) > 1 Then
Range("AR" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AS3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AS3:AS" & FINAL), Range("AS" & Fila)) > 1 Then
Range("AS" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AT3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AT3:AT" & FINAL), Range("AT" & Fila)) > 1 Then
Range("AT" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AU3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AU3:AU" & FINAL), Range("AU" & Fila)) > 1 Then
Range("AU" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AV3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AV3:AV" & FINAL), Range("AV" & Fila)) > 1 Then
Range("AV" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AW3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL

```

```

If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AW3:AW" & FINAL), Range("AW" & Fila)) > 1 Then
Range("AW" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AX3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AX3:AX" & FINAL), Range("AX" & Fila)) > 1 Then
Range("AX" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AY3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AY3:AY" & FINAL), Range("AY" & Fila)) > 1 Then
Range("AY" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AZ3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AZ3:AZ" & FINAL), Range("AZ" & Fila)) > 1 Then
Range("AZ" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
'Call FINAL3
Call FINALFINAL
'Call FINAL3
End If
End Sub

```

```

Sub FINAL3()
Dim i As Integer, j As Integer, c As Integer, nc As Variant, nr As Variant, FINAL As Long, Fila As Long, Colu As Long,
COLUMNA As Long, a As Integer
Dim D(), Z As Integer
c = 0
Range("AD3").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
nr = Selection.Rows.Count
nc = Selection.Columns.Count
ReDim D(nr, nc) As Variant
For i = 1 To nr
If Selection.Cells(i, 1).Interior.ColorIndex <> 35 Then
Selection.Cells(i, 1) = ""
'Selection.Cells(i, j + 1) = ""
Selection.Cells(i, 1).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 1) = 1
Selection.Cells(i, 2) = ""
Selection.Cells(i, 2).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 3) = ""
Selection.Cells(i, 3).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 4) = ""
Selection.Cells(i, 4).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 5) = ""
Selection.Cells(i, 5).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 6) = ""
Selection.Cells(i, 6).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 7) = ""
Selection.Cells(i, 7).Interior.Color = vbWhite

```

```

Selection.Cells(i, 8) = ""
Selection.Cells(i, 8).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 9) = ""
Selection.Cells(i, 9).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 10) = ""
Selection.Cells(i, 10).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 11) = ""
Selection.Cells(i, 11).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 12) = ""
Selection.Cells(i, 12).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 13) = ""
Selection.Cells(i, 13).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 14) = ""
Selection.Cells(i, 14).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 15) = ""
Selection.Cells(i, 15).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 16) = ""
Selection.Cells(i, 16).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 17) = ""
Selection.Cells(i, 17).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 18) = ""
Selection.Cells(i, 18).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 19) = ""
Selection.Cells(i, 19).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 20) = ""
Selection.Cells(i, 20).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 21) = ""
Selection.Cells(i, 21).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 22) = ""
Selection.Cells(i, 22).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 23) = ""
Selection.Cells(i, 23).Interior.Color = vbWhite
'End If
End If
Next i
'Borrar celdas con (i,1)=1
For i = 1 To nr
  'For j = 1 To nc
    If Selection.Cells(i, 1) = 1 Then
      Selection.Cells(i, 1) = ""
    End If
  'Next j
Next i

'Dejar sin espacios la matriz.
For i = 1 To nr
  For j = 2 To nc
    Selection.Cells(i, j).Interior.Color = vbWhite
  Next j
Next i
'D(1,1)= nueva propuesta, arriba blanco (burbujas)

Call Empieza1

For i = 1 To nr
  For j = 1 To nc
    Selection.Cells(i, j).Interior.Color = vbWhite
  Next j

```

Next i

If Cells(3, 30) = "" And Cells(4, 30) = "" And Cells(5, 30) = "" Then

```
Range("X2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
With Selection.Interior
    .PatternColorIndex = xlAutomatic
    .ThemeColor = xlThemeColorDark1
    .TintAndShade = 0
    .PatternTintAndShade = 0
End With
Selection.ClearContents
MsgBox ("No tenemos ninguna coincidencia")
```

Else

```
'Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
FINAL = Range("AE3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AE3:AE" & FINAL), Range("AE" & Fila)) > 1 Then
        Range("AE" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AF3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AF3:AF" & FINAL), Range("AF" & Fila)) > 1 Then
        Range("AF" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AG3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AG3:AG" & FINAL), Range("AG" & Fila)) > 1 Then
        Range("AG" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AH3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AH3:AH" & FINAL), Range("AH" & Fila)) > 1 Then
        Range("AH" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AI3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AI3:AI" & FINAL), Range("AI" & Fila)) > 1 Then
        Range("AI" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AJ3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AJ3:AJ" & FINAL), Range("AJ" & Fila)) > 1 Then
        Range("AJ" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AK3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AK3:AK" & FINAL), Range("AK" & Fila)) > 1 Then
        Range("AK" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
```

```

FINAL = Range("AL3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AL3:AL" & FINAL), Range("AL" & Fila)) > 1 Then
    Range("AL" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AM3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AM3:AM" & FINAL), Range("AM" & Fila)) > 1 Then
    Range("AM" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AN3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AN3:AN" & FINAL), Range("AN" & Fila)) > 1 Then
    Range("AN" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AO3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AO3:AO" & FINAL), Range("AO" & Fila)) > 1 Then
    Range("AO" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AP3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AP3:AP" & FINAL), Range("AP" & Fila)) > 1 Then
    Range("AP" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AQ3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AQ3:AQ" & FINAL), Range("AQ" & Fila)) > 1 Then
    Range("AQ" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AR3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AR3:AR" & FINAL), Range("AR" & Fila)) > 1 Then
    Range("AR" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AS3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AS3:AS" & FINAL), Range("AS" & Fila)) > 1 Then
    Range("AS" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AT3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AT3:AT" & FINAL), Range("AT" & Fila)) > 1 Then
    Range("AT" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AU3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AU3:AU" & FINAL), Range("AU" & Fila)) > 1 Then
    Range("AU" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If

```

```

End If
Next Fila
FINAL = Range("AV3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AV3:AV" & FINAL), Range("AV" & Fila)) > 1 Then
Range("AV" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AW3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AW3:AW" & FINAL), Range("AW" & Fila)) > 1 Then
Range("AW" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AX3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AX3:AX" & FINAL), Range("AX" & Fila)) > 1 Then
Range("AX" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AY3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AY3:AY" & FINAL), Range("AY" & Fila)) > 1 Then
Range("AY" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AZ3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AZ3:AZ" & FINAL), Range("AZ" & Fila)) > 1 Then
Range("AZ" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
c = 0
a = 0
Range("AD3").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
nr = Selection.Rows.Count
nc = Selection.Columns.Count
ReDim D(nr, nc) As Variant
For i = 1 To nr
For j = 2 To nc
If Selection.Cells(i, j).Interior.ColorIndex = 35 Then
c = c + 1
End If
Next j
If c > 21 Then
Selection.Cells(i, 1).Interior.ColorIndex = 35
a = a + 1
End If
c = 0
Next i
If a > 1 Then
MsgBox ("PROBABLEMENTE SE ENCONTRARON PERFILES QUE COINCIDEN, VE AL CUADRO DE COINCIDENCIAS LOS
EXPEDIENTES APARECERÁN AHÍ!") & ("SE ENCONTRARON PERFILES QUE COINCIDEN, VE AL CUADRO DE COINCIDENCIAS EL
EXPEDIENTE APARECERÁ EN COLOR VERDE!")
End If
For i = 1 To nr

```

```

If Selection.Cells(i, 1).Interior.ColorIndex <> 35 Then
Selection.Cells(i, 1) = ""
'Selection.Cells(i, j + 1) = ""
Selection.Cells(i, 1).Interior.Color = vbWhite
'Selection.Cells(i, 1) = 1
Selection.Cells(i, 2) = ""
Selection.Cells(i, 2).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 3) = ""
Selection.Cells(i, 3).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 4) = ""
Selection.Cells(i, 4).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 5) = ""
Selection.Cells(i, 5).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 6) = ""
Selection.Cells(i, 6).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 7) = ""
Selection.Cells(i, 7).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 8) = ""
Selection.Cells(i, 8).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 9) = ""
Selection.Cells(i, 9).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 10) = ""
Selection.Cells(i, 10).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 11) = ""
Selection.Cells(i, 11).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 12) = ""
Selection.Cells(i, 12).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 13) = ""
Selection.Cells(i, 13).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 14) = ""
Selection.Cells(i, 14).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 15) = ""
Selection.Cells(i, 15).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 16) = ""
Selection.Cells(i, 16).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 17) = ""
Selection.Cells(i, 17).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 18) = ""
Selection.Cells(i, 18).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 19) = ""
Selection.Cells(i, 19).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 20) = ""
Selection.Cells(i, 20).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 21) = ""
Selection.Cells(i, 21).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 22) = ""
Selection.Cells(i, 22).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 23) = ""
Selection.Cells(i, 23).Interior.Color = vbWhite
'End If
End If
Next i

For i = 1 To nr
'For j = 1 To nc
If Selection.Cells(i, 1) = 1 Then
Selection.Cells(i, 1) = ""
End If

```

```

'Next j
Next i
'Dejar sin espacios en Blaco la MATRIZ
Call Empieza1

'Blanco todo de nuevo
For i = 1 To nr
  For j = 1 To nc
    Selection.Cells(i, j).Interior.Color = vbWhite
  Next j
Next i

Call comparar

Call comparar
End If

'Borrar BA3
Range("BA3").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
With Selection.Interior
  .PatternColorIndex = xlAutomatic
  .ThemeColor = xlThemeColorDark1
  .TintAndShade = 0
  .PatternTintAndShade = 0
End With
Selection.ClearContents

Range("AD3").Select
End Sub
Sub FINALFINAL()
Dim i As Integer, j As Integer, c As Integer, a As Integer, nc As Variant, nr As Variant
Dim D(), Fila As Long, FINAL As Long
c = 0
a = 0
Range("AD3").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
nr = Selection.Rows.Count
nc = Selection.Columns.Count
ReDim D(nr, nc) As Variant

'Range("BA3").Select
'FINAL = Range("BA3").End(xlDown).Row
'For Fila = 1 To FINAL
  'If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("BA3:BA" & FINAL), Range("BA" & Fila)) > 1 Then
  'Range("BA" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  ' End If
'Next Fila

For i = 1 To nr
  For j = 2 To nc
    If Selection.Cells(i, j).Interior.ColorIndex = 35 Then
      c = c + 1
    End If
  Next j
  If c > 21 Then

```

```

        Selection.Cells(i, 1).Interior.ColorIndex = 35
        a = a + 1
    End If
    c = 0
Next i
    If a > 1 Then
        MsgBox ("LA BASE DE DATOS SE ENCUENTRA ANALIZANDO LOS HAPLOTIPOS") ("SE ENCONTRARON PERFILES QUE COINCIDEN, VE AL CUADRO DE COINCIDENCIAS EL EXPEDIENTE APARECERÁ EN COLOR VERDE!")
    End If
    Call FINAL3
End Sub
Sub Clean()
'CleanALL'
    Range("X2").Select
    Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
    With Selection.Interior
        .PatternColorIndex = xlAutomatic
        .ThemeColor = xlThemeColorDark1
        .TintAndShade = 0
        .PatternTintAndShade = 0
    End With
    Selection.ClearContents

    Range("BA3").Select
    Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
    With Selection.Interior
        .PatternColorIndex = xlAutomatic
        .ThemeColor = xlThemeColorDark1
        .TintAndShade = 0
        .PatternTintAndShade = 0
    End With
    Selection.ClearContents

End Sub
Sub PrimerFiltro()
Dim i As Integer, j As Integer, c As Integer, a As Integer, nc As Variant, nr As Variant
Dim D()
c = 0
a = 0
Range("A2").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
nr = Selection.Rows.Count
nc = Selection.Columns.Count

ReDim D(nr, nc) As Variant
For i = 1 To nr
    For j = 2 To nc
        If Selection.Cells(i, j).Interior.ColorIndex = 35 Then
            c = c + 1
        End If
    Next j
    If c > 20 Then
        Selection.Cells(i, 24).Interior.ColorIndex = 35
        a = a + 1
    End If
    c = 0
Next i

```

```

' If a > 1 Then

'End If
'Call FINAL3
End Sub
Sub Empieza1()
Dim i As Integer, j As Integer, c As Integer, nc As Variant, nr As Variant, FINAL As Long, Fila As Long, Colu As Long,
COLUMNNA As Long, a As Integer
Dim D(), Z As Integer
nr = Selection.Rows.Count
nc = Selection.Columns.Count
ReDim D(nr, nc) As Variant

For i = 1 To nr
    If Selection.Cells(i, 1).Interior.ColorIndex = 35 Then
        Z = Z + 1
    End If
    For j = 1 To nc
        D(i, j) = Selection.Cells(i, j)
        If Selection.Cells(i, 1).Interior.ColorIndex = 35 And Cells(3, 30) = "" Then
            Cells(2 + Z, 29 + j) = D(i, j)
            Selection.Cells(i, j) = ""
        Else
            Call Empiezafila2
        End If
        Exit Sub
        'Cells(3 + Z, 29 + j) = D(i, j)
        'Selection.Cells(i, j) = ""
    Next j
Next i
End Sub
Sub Empiezafila2()
Dim i As Integer, j As Integer, c As Integer, nc As Variant, nr As Variant, FINAL As Long, Fila As Long, Colu As Long,
COLUMNNA As Long, a As Integer
Dim D(), Z As Integer
nr = Selection.Rows.Count
nc = Selection.Columns.Count
ReDim D(nr, nc) As Variant
For i = 2 To nr
    If Selection.Cells(i, 1).Interior.ColorIndex = 35 Then
        Z = Z + 1
    End If
    For j = 1 To nc
        D(i, j) = Selection.Cells(i, j)
        If Selection.Cells(i, 1).Interior.ColorIndex = 35 Then
            Cells(3 + Z, 29 + j) = D(i, j)
            Selection.Cells(i, j) = ""
        End If
    Next j
Next i
End Sub
Sub comparar()
Dim i As Integer, j As Integer, c As Integer, nc As Variant, nr As Variant, FINAL As Long, Fila As Long, Colu As Long,
COLUMNNA As Long, a As Integer
Dim D(), Z As Integer

FINAL = Range("AE3").End(xlDown).Row

```

```

For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AE3:AE" & FINAL), Range("AE" & Fila)) > 1 Then
    Range("AE" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AF3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AF3:AF" & FINAL), Range("AF" & Fila)) > 1 Then
    Range("AF" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AG3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AG3:AG" & FINAL), Range("AG" & Fila)) > 1 Then
    Range("AG" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AH3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AH3:AH" & FINAL), Range("AH" & Fila)) > 1 Then
    Range("AH" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AI3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AI3:AI" & FINAL), Range("AI" & Fila)) > 1 Then
    Range("AI" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AJ3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AJ3:AJ" & FINAL), Range("AJ" & Fila)) > 1 Then
    Range("AJ" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AK3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AK3:AK" & FINAL), Range("AK" & Fila)) > 1 Then
    Range("AK" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AL3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AL3:AL" & FINAL), Range("AL" & Fila)) > 1 Then
    Range("AL" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AM3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AM3:AM" & FINAL), Range("AM" & Fila)) > 1 Then
    Range("AM" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If
Next Fila
FINAL = Range("AN3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
  If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AN3:AN" & FINAL), Range("AN" & Fila)) > 1 Then
    Range("AN" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
  End If

```

```

Next Fila
FINAL = Range("AO3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AO3:AO" & FINAL), Range("AO" & Fila)) > 1 Then
        Range("AO" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AP3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AP3:AP" & FINAL), Range("AP" & Fila)) > 1 Then
        Range("AP" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AQ3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AQ3:AQ" & FINAL), Range("AQ" & Fila)) > 1 Then
        Range("AQ" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AR3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AR3:AR" & FINAL), Range("AR" & Fila)) > 1 Then
        Range("AR" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AS3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AS3:AS" & FINAL), Range("AS" & Fila)) > 1 Then
        Range("AS" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AT3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AT3:AT" & FINAL), Range("AT" & Fila)) > 1 Then
        Range("AT" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AU3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AU3:AU" & FINAL), Range("AU" & Fila)) > 1 Then
        Range("AU" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AV3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AV3:AV" & FINAL), Range("AV" & Fila)) > 1 Then
        Range("AV" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AW3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AW3:AW" & FINAL), Range("AW" & Fila)) > 1 Then
        Range("AW" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
    End If
Next Fila
FINAL = Range("AX3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
    If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AX3:AX" & FINAL), Range("AX" & Fila)) > 1 Then

```

```

Range("AX" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AY3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AY3:AY" & FINAL), Range("AY" & Fila)) > 1 Then
Range("AY" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
FINAL = Range("AZ3").End(xlDown).Row
For Fila = 1 To FINAL
If Application.WorksheetFunction.CountIf(Range("AZ3:AZ" & FINAL), Range("AZ" & Fila)) > 1 Then
Range("AZ" & Fila).Interior.ColorIndex = 35
End If
Next Fila
c = 0
a = 0
Range("AD3").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
nr = Selection.Rows.Count
nc = Selection.Columns.Count
ReDim D(nr, nc) As Variant
For i = 1 To nr
For j = 2 To nc
If Selection.Cells(i, j).Interior.ColorIndex = 35 Then
c = c + 1
End If
Next j
If c > 21 Then
Selection.Cells(i, 1).Interior.ColorIndex = 35
a = a + 1
End If
c = 0
Next i
If a > 1 Then
MsgBox ("SE ENCONTRARON HAPLOTIPOS QUE COINCIDEN, VE AL CUADRO DE COINCIDENCIAS LOS EXPEDIENTES
APARECERÁN AHÍ!") ("SE ENCONTRARON PERFILES QUE COINCIDEN, VE AL CUADRO DE COINCIDENCIAS EL EXPEDIENTE
APARECERÁ EN COLOR VERDE!")
End If
For i = 1 To nr
If Selection.Cells(i, 1).Interior.ColorIndex <> 35 Then
Selection.Cells(i, 1) = ""
'Selection.Cells(i, j + 1) = ""
Selection.Cells(i, 1).Interior.Color = vbWhite
'Selection.Cells(i, 1) = 1
Selection.Cells(i, 2) = ""
Selection.Cells(i, 2).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 3) = ""
Selection.Cells(i, 3).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 4) = ""
Selection.Cells(i, 4).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 5) = ""
Selection.Cells(i, 5).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 6) = ""
Selection.Cells(i, 6).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 7) = ""
Selection.Cells(i, 7).Interior.Color = vbWhite

```

```

Selection.Cells(i, 8) = ""
Selection.Cells(i, 8).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 9) = ""
Selection.Cells(i, 9).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 10) = ""
Selection.Cells(i, 10).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 11) = ""
Selection.Cells(i, 11).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 12) = ""
Selection.Cells(i, 12).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 13) = ""
Selection.Cells(i, 13).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 14) = ""
Selection.Cells(i, 14).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 15) = ""
Selection.Cells(i, 15).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 16) = ""
Selection.Cells(i, 16).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 17) = ""
Selection.Cells(i, 17).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 18) = ""
Selection.Cells(i, 18).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 19) = ""
Selection.Cells(i, 19).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 20) = ""
Selection.Cells(i, 20).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 21) = ""
Selection.Cells(i, 21).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 22) = ""
Selection.Cells(i, 22).Interior.Color = vbWhite
Selection.Cells(i, 23) = ""
Selection.Cells(i, 23).Interior.Color = vbWhite
'End If
End If
Next i

Z = 0

For i = 1 To nr
  If Selection.Cells(i, 1).Interior.ColorIndex = 35 Then 'Or Cells(3, 30) = ""
    Z = Z + 1
  End If
  For j = 1 To nc
    D(i, j) = Selection.Cells(i, j)
    If Selection.Cells(i, 1).Interior.ColorIndex = 35 Then
      Cells(2 + Z, 29 + j) = D(i, j)
      Selection.Cells(i, j) = ""
    End If
  Next j
Next i

For i = 1 To nr
  For j = 1 To nc
    Selection.Cells(i, j).Interior.Color = vbWhite
  Next j
Next i

End Sub

```

Código del formulario

```
Option Explicit
Private Sub CommandButton3_Click()
Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton4_Click()
TextBox1 = ""
TextBox2 = ""
TextBox3 = ""
TextBox4 = ""
TextBox5 = ""
TextBox6 = ""
TextBox7 = ""
TextBox8 = ""
TextBox9 = ""
TextBox10 = ""
TextBox11 = ""
TextBox12 = ""
TextBox13 = ""
TextBox14 = ""
TextBox15 = ""
TextBox16 = ""
TextBox17 = ""
TextBox18 = ""
TextBox19 = ""
TextBox20 = ""
TextBox21 = ""
TextBox22 = ""
TextBox23 = ""
'TextBox24 = ""
'Me.OptionButton4.Value = True
TextBox23.SetFocus
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()
Dim nfil As Integer
Range("A1").Activate
If TextBox23 = "" Then
GoTo VACIO
End If
If TextBox1 = "" Then
GoTo VACIO
End If
If TextBox2 = "" Then
GoTo VACIO
End If
If TextBox3 = "" Then
GoTo VACIO
End If
If TextBox4 = "" Then
GoTo VACIO
End If
If TextBox5 = "" Then
GoTo VACIO
End If
If TextBox6 = "" Then
```

```

    GoTo VACIO
End If
If TextBox7 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox8 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox9 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox10 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox11 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox12 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox13 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox14 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox15 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox16 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox17 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox18 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox19 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox20 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox21 = "" Then
    GoTo VACIO
End If
If TextBox22 = "" Then
    GoTo VACIO
End If

```

```

nfil = ActiveCell.CurrentRegion.Rows.Count
ActiveCell.Offset(nfil, 0) = TextBox23.Text
ActiveCell.Offset(nfil, 1) = TextBox1.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 2) = TextBox2.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 3) = TextBox3.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 4) = TextBox4.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 5) = TextBox5.Value

```

```
ActiveCell.Offset(nfil, 6) = TextBox6.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 7) = TextBox7.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 8) = TextBox8.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 9) = TextBox9.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 10) = TextBox10.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 11) = TextBox11.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 12) = TextBox12.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 13) = TextBox13.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 14) = TextBox14.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 15) = TextBox15.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 16) = TextBox16.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 17) = TextBox17.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 18) = TextBox18.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 19) = TextBox19.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 20) = TextBox20.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 21) = TextBox21.Value
ActiveCell.Offset(nfil, 22) = TextBox22.Value
Exit Sub
VACIO: MsgBox ("Alguna celda esta vacia")
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Click()
```

```
End Sub
```