



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES
ORGANISMO DE INVESTIGACIÓN JUDICIAL (OIJ)
PODER JUDICIAL, COSTA RICA

**PROCEDIMIENTO DE
OPERACIÓN NORMADO
ESPECIFICO**

P-DCF-ECT-FIS-34

**ANÁLISIS DE PINTURA POR
ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON
TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)**

VERSION: 05

Rige desde: 08/09/2022

PAGINA: 1 de **24**

Elaborado o modificado por: Lic. Max Méndez Sánchez Perito Judicial 2 Sección de Pericias Físicas	Revisado por Líder Técnico: Máster Yennory Saborío Chavarría Líder Técnico de Sección/Unidad de Análisis Químico de Residuos
Visto Bueno Encargado de Calidad: M.Sc. Luis Diego Méndez Torres Encargado de Calidad (sustituto), Sección de Pericias Físicas	Aprobado por: Licda. Kattia Saborío Chaverri Jefatura, Sección de Pericias Físicas

CONTROL DE CAMBIOS A LA DOCUMENTACIÓN

Versión	Fecha de Aprobación	Fecha de Revisión	Descripción del Cambio	SCD	Solicitado por
01	01/03/2011	01/12/2014	Versión Inicial del procedimiento	-	PFM
02	01/12/2014	03/10/2017	Cambio código Sección. Revisión y modificación del procedimiento, inclusión de nuevos puntos	-	KSch
03	03/10/2017	15/10/2021	Cambio de formato. Revisión y cambio en la redacción. Se incluye referencia. Se modifica materiales. Se incluyen nuevos puntos y notas.	15-17	KSch
04	15/10/2021	08/09/2022	Revisión y cambio en la redacción producto de la revisión periódica requerida por el Sistema de Gestión de la Calidad. Se incluyen nuevos puntos y notas. Sustitución de equipo.	026-21	KSC



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES
ORGANISMO DE INVESTIGACIÓN JUDICIAL (OIJ)
PODER JUDICIAL, COSTA RICA

**ANÁLISIS DE PINTURA POR
ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON
TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)**

**PROCEDIMIENTO DE
OPERACIÓN NORMADO
ESPECIFICO**

P-DCF-ECT-FIS-34

VERSION: 05

Rige desde: 08/09/2022

PAGINA: 2 de **24**

05	08/09/2022		Se elimina "micro" del nombre del PON y apartados internos. Revisión y cambios en la redacción, en particular por el uso del accesorio IRIS ATR. Inclusión de apartado 7.4 y criterio de aceptación o rechazo según informes de validación.	016-22	KSC
----	------------	--	---	--------	-----

**ESTE PROCEDIMIENTO ES UN DOCUMENTO CONFIDENCIAL
PARA USO INTERNO DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES
SE PROHÍBE CUALQUIER REPRODUCCIÓN QUE NO SEA PARA ESTE FIN**

La versión oficial digital es la que se mantiene en la ubicación que la Unidad de Gestión de Calidad defina. La versión oficial impresa es la que se encuentra en la Unidad de Gestión de Calidad. Cualquier otro documento impreso o digital será considerado como copia no controlada .

COPIA NO CONTROLADA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 3 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

1 Objetivo:

Determinar la composición química de la capa o capas de pintura que constituyen el acabado de un indicio, sea éste: un fragmento, vehículo, bicicleta, motocicleta, entre otros, mediante la aplicación de espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR).

2 Alcance:

Este PON le permite a un (una) analista con competencia certificada aplicar el análisis de recubrimientos de pintura presentes en un indicio, con el fin de determinar su composición química por FTIR. Se deberá proceder con este PON una vez concluido el Procedimiento para la observación al microscopio de pintura endurecida, excepto en casos de inspección de vehículos donde se disponga de la muestra recolectada en forma de capas individuales. Este análisis es indispensable cuando se cuenta con muestra de comparación, debido a que sus resultados permiten obtener más elementos asociativos o discriminantes entre la muestra recibida y la muestra de comparación. De no contar con muestra de comparación no es necesario realizar este análisis a las muestras recibidas, con excepción valorada del (de la) perito(a) para contar con un resultado que le permita identificar el tipo de material recibido en casos en que las características físicas y microscópicas no dan información suficiente.

La metodología se encuentra validada según el informe de validación 003-FIS-VAL-2022 y 004-FIS-VAL-2020 (revalidación del 014-FIS-VAL (2)-2014), los cuales demuestran la capacidad de interpretación química y clasificación de acuerdo con los esquemas de clasificación utilizados en la Unidad de QAR.

3 Referencias:

- Bartick, E. G. and Tungol, M. W. Infrared microscopy and its forensic applications. In: *Forensic Science Handbook* (Vol. 3). Saferstein, R. (ed.). Regents/Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993, pp. 196-252.
- Informes de validación 014-FIS-VAL-(2)-2014, 004-FIS-VAL-2020 y 003-FIS-VAL-2022.
- Procedimiento para el uso y manejo del espectrómetro Cary 660 con microscopio infrarrojo Cary 610 para análisis por ATR, versión vigente.
- Procedimiento para la observación al microscopio de pintura endurecida, versión vigente.
- Procedimiento para la inspección de vehículos y recolección de muestras, versión vigente.
- Ryland, S. G., 'Infrared Microspectroscopy of Forensic Paint Evidence', in *Practical Guide to Infrared Microspectroscopy*, Humecki, H. J. (Ed.), Marcel Dekker, New York, 1995, pp. 163-243.

4 Equipos y Materiales:

4.1 Equipos

- Espectrómetro infrarrojo FTIR Agilent Technologies, modelo Cary 660
- Estereoscopio similar o superior al modelo Motic EM 3103

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 4 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

- Microscopio infrarrojo FTIR Agilent Technologies, modelo Cary 610

4.2 Materiales

- Basurero para material punzocortante de 1 L de capacidad o similar
- [Bitácora de control de uso del equipo infrarrojo](#)
- Bitácora de control de uso del estereoscopio
- Cinta adhesiva transparente
- Esquema de clasificación de extendedores de uso automotriz (ver Anexo 01)
- Esquema de clasificación de resinas de pintura de uso automotriz (ver Anexo 02)
- Formulario de análisis de pinturas-fragmentos
- Formulario de análisis de pinturas-vehículos
- Formulario de pinturas – comparación (anexo)
- Gabacha
- Hojas de bisturí N° 11 de acero inoxidable, nuevas
- Hojas de bisturí N° 20 ó 22 de acero inoxidable, nuevas
- Mango para bisturí # 3
- Mango para bisturí # 4
- Papel óptico
- Papel toalla absorbente
- Pinzas de puntas finas de metal (previamente lavadas con agua desionizada y secadas inmediatamente con toalla de papel)
- Portaobjetos de vidrio, nuevos o reciclados
- Soporte de portaobjetos
- Trozos de cartulina de aproximadamente 15 x 8 cm de color claro y oscuro
- Uniforme de trabajo

5 Reactivos y Materiales de Referencia:

- Acetona grado reactivo
- Agua del grifo
- Etanol grado reactivo
- Isopropanol, calidad para análisis (IPA)
- Jabón para cristalería

6 Condiciones Ambientales:

- 6.1** Como personal técnico (a) encargado (a) de la ejecución del presente procedimiento, verifique el cumplimiento del control, monitoreo y registro de las condiciones

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 5 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

ambientales (temperatura y humedad) para el uso del equipo. Según lo indicado en el apartado 6 del "Procedimiento para el uso y manejo del espectrómetro Cary 660 con microscopio infrarrojo Cary 610 para análisis por ATR".

- 6.2** Para el análisis de pintura por espectroscopía infrarroja no se requiere de condiciones ambientales especiales. Solamente se debe tener el cuidado de no realizar el análisis cerca de corrientes de aire fuertes que pudiesen provocar la pérdida de los fragmentos de pintura a analizar, esto debido al pequeño tamaño de algunas muestras de pintura que se reciben. El sistema de aire acondicionado puede provocar estas corrientes por lo que, en caso de sentirse una corriente se debe cambiar la posición de la ventila respectiva de forma manual.
- 6.3** No se han identificado factores ambientales que comprometan la estabilidad de los fragmentos de pintura endurecida.

7 Procedimiento:

Nota 1: Para efectos de este PON, en aquellos casos donde los fragmentos provengan de la Sección de Patología Forense, ya habrían recibido el procedimiento de limpieza según lo indicado en el PON para la observación al microscopio de pintura endurecida.

Nota 2: Dado que la mayoría de los fragmentos de pintura recibidos tienen tamaños menores a 1 cm, éstos deben de manipularse con mucho cuidado para evitar su pérdida o deterioro. Generalmente un uso manual delicado es suficiente, utilizando presión manual, pinzas o bisturí según se requiera, pero bajo la premisa de no ejercer una presión excesiva que fracture los fragmentos. La experiencia del (de la) analista le permitirá definir cuándo una presión puede ser excesiva, porque todo dependerá de las características de cada indicio.

Nota 3: Las muestras de pintura constituyen indicios físicos no biodegradables y por lo tanto no se descomponen. Sin embargo, se pueden ver afectadas por derrames de solventes o ser fracturados si se les coloca cualquier tipo de utensilio o material pesado sobre éstos.

- 7.1** Proceda a colocarse la gabacha.
- 7.2** Selección, preparación y análisis de esquirlas de pintura por FTIR (Muestras más comunes de indicios recibidos):

Nota 4: Para el análisis de muestras de pintura aplica todo lo indicado en el "Procedimiento para el uso y manejo del espectrómetro Cary 660 con microscopio infrarrojo Cary 610 para análisis por ATR" sin embargo, a continuación se explica en detalle como proceder.

- 7.2.1** Traslade el o los indicios a analizar desde la Zona de seguridad intermedia con acceso controlado PEX-QAR en que se mantienen almacenados luego de ser analizados según el Procedimiento para la observación al microscopio de pintura endurecida, hasta el sector del equipo infrarrojo en el Cuarto de Instrumentos.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 6 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

- 7.2.2** Abra el sobre que contiene el indicio a analizar con cuidado de no perder algún fragmento. En los casos de muestras procedentes de la inspección de un vehículo, generalmente se cuenta con raspados de capas independientes los cuales usualmente no constituyen fragmentos tipo esquirla sino escamas de una sola capa; si este es el caso continúe con 7.3 ó 7.4.
- 7.2.3** Elija un fragmento o fragmentos que permitan este tipo de análisis. En el caso de esquirlas, el (la) analista decide cuál será el fragmento o fragmentos a estudiar, considerando en primera instancia el fragmento más grande o los que contengan el total de capas a analizar. Si el (la) analista no es el (la) perito(a) a cargo del caso y existe variabilidad de secuencias o características particulares de análisis, el (la) perito(a) deberá indicarle al analista sobre las mismas y lo que le interesa para la evacuación de la pericia y, de considerarlo necesario, tener elegidos los fragmentos de interés. Debido a que generalmente habrá un cantidad limitada de muestra (fragmentos menores a 1 cm²) las muestras se analizarán por micro-ATR; sin embargo, el (la) perito(a) debe decidir según su criterio la conveniencia de analizar una muestra por IRIS-ATR en lugar del micro-ATR. Esta conveniencia puede deberse a situaciones como por ejemplo no existir limitante en el tamaño de la muestra o a la necesidad de analizar en el ámbito total de 4000 – 400 cm⁻¹.
- 7.2.4** Revise en el apartado Análisis de capas respectivo, del Formulario de análisis de pinturas-fragmentos, la secuencia de capas detectada en la muestra elegida según 7.2.3, con el fin de conocer específicamente las capas a analizar. Cada caso tiene sus particularidades, pero el (la) perito(a) decide cuáles capas analizar cuando no sea posible o no sea necesario hacerlo con todas, esto por cuanto a veces un fragmento muy pequeño (por ejemplo inferior a 3 mm) no permitirá obtener la suficiente superficie limpia de cada capa, o bien que se trate de un caso de identificación donde se analiza sólo unas capas con el fin de lograr una interpretación y así no alterar mucho los fragmentos hasta contar con muestra de comparación; o en casos de comparación cuando ya se cuenta con suficientes análisis previos que permitan conocer la naturaleza del indicio y el espectro FTIR sólo está confirmando dicha interpretación.
- 7.2.5** Anote en la bitácora de control de uso del estereoscopio lo correspondiente al inicio de su uso.
- 7.2.6** Limpie con papel toalla ligeramente humedecido con alcohol isopropílico, el área de observación del estereoscopio y el área cercana al mismo, con el fin de asegurarse que no exista suciedad ni restos de pintura endurecida procedentes de otras fuentes diferentes a la muestra a analizar.
- 7.2.7** Coloque la muestra elegida sobre el área de observación, si se necesita puede utilizarse un portaobjetos limpio sobre esta área, un trozo de cartulina o un trozo de papel, sujetando los mismos con las prensas que posee el estereoscopio. De preferencia, aunque no imprescindible, el (la) analista puede colocar bajo el portaobjetos un trozo de cartulina que le permita visualizar mejor el fragmento y sus capas. Prepare portaobjetos limpios para ser utilizados en el análisis de las muestras. Cuando se dispone de portaobjetos reciclados o que han permanecido almacenados durante mucho tiempo y presentan manchas, deberá proceder a limpiarlos como se indica en el anexo 3.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 7 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

- 7.2.8** Encienda el estereoscopio y aumente la intensidad de luz al máximo por medio de su regulador.
- 7.2.9** Seleccione el aumento que considere apropiado para visualizar y trabajar la muestra, generalmente con 20X se logra un área apropiada de trabajo.
- 7.2.10** Prepare una hoja de bisturí para el análisis de las muestras (ver 11.1). Es criterio del (de la) analista, según la destreza adquirida, utilizar una hoja nueva o reutilizar una hoja que considere limpia y con filo, el usarla directamente sin mango o el proceder a colocarla en un mango.
- 7.2.11** Ajuste con la perilla de enfoque hasta lograr una imagen nítida del fragmento, en caso de no estar en posición de enfoque.
- 7.2.12** Sujete el fragmento elegido con ayuda de pinzas, dejando un espacio central en que se realizará el raspado de capas. En el caso de un fragmento muy grande (varios centímetros) las pinzas podrían delimitar el área de raspado del mismo. Para análisis por micro-ATR, cada fragmento a analizar puede desde este momento ser fijado con cinta adhesiva transparente a un portaobjetos, a criterio del analista.
- 7.2.13** Proceda a raspar un conjunto de capas a analizar en el espacio central descrito en 7.2.12, con el uso del bisturí preparado en 7.2.10. El total de capas a analizar de cada lado en que se coloque el fragmento o fragmentos a analizar depende de lo estudiado según 7.2.4, de tal forma que no se debilite y fracture el fragmento. De acuerdo con la destreza del (de la) analista y el tamaño de los fragmentos se logrará obtener superficies limpias de capas, hasta los límites físicos de tamaño y manipulación en aquellos fragmentos inferiores a 3 mm. Si la muestra lo permite y el análisis se va a realizar con el IRIS-ATR (ver 7.2.3), de cada capa a analizar deberá obtener una superficie limpia de al menos 2 mm² y quedar expuesta sobre el resto de capas, de tal forma que al colocar el fragmento sobre el cristal del IRIS-ATR se logre analizar exactamente el sector elegido.
- 7.2.14** Proceda a limpiar cada capa expuesta asegurando con ello que cada una quede lo más limpia posible de la capa superior que tenía antes del raspado; utilizando para ello una hoja de bisturí nueva o una limpia que mantenga su filo (Nº20, 22 o 11) esto como procedimiento adicional de limpieza de las superficies expuestas obtenidas en 7.2.13. De igual forma en este paso se separa toda escama que todavía permanezca en forma dispersa. Puede también utilizar un trozo limpio de papel óptico como medio final de limpieza de escamas. Entre cada raspado de capas debe asegurarse que el bisturí, la pinza y el mismo fragmento no contengan escamas de las otras capas, por ello se debe estar limpiando con el uso de papel toalla. Después de raspar algunas capas es posible que la hoja de bisturí pierda el filo y por tanto deba proceder a utilizar una nueva hoja. Cuando suceda, deseche en su cobertor la hoja ya usada y colóquela en el basurero para material punzocortante (ver 11.1).
- 7.2.15** Proceda a fijar con cinta adhesiva transparente el fragmento a analizar sobre un portaobjetos, en caso de no haberlo hecho (ver 7.2.12) y de acuerdo con el criterio del

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 8 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

analista. Luego coloque esto sobre el soporte de portaobjetos y de esta forma el fragmento estará listo para su lectura. Esto aplica específicamente para análisis por micro-ATR.

7.2.16 Proceda con los apartados respectivos del "Procedimiento para el uso y manejo del espectrómetro Cary 660 con microscopio infrarrojo Cary 610 para análisis por ATR", para la obtención de los espectros correspondientes a las capas de las áreas preparadas del fragmento seleccionado:

7.2.16.1 Anote en la bitácora de control de uso del equipo infrarrojo lo correspondiente al inicio de su uso.

7.2.16.2 Prepare el equipo.

7.2.16.3 Proceda con la lectura.

7.2.16.4 Procese e imprima digitalmente los espectros como archivos PDF. Es típico realizar la impresión digital de dos espectros en una hoja en orientación horizontal lo cual permite observar y analizar dos muestras a la vez y de un tamaño no excesivo. Para la interpretación de los espectros es imprescindible la impresión con la posición de los picos.

7.2.17 Repita de 7.2.6 a 7.2.16, hasta obtener espectros de todas las capas a analizar. Por tanto, el colocar el o los fragmentos de cada indicio deberá repetirse tantas veces como sea necesario hasta obtener los espectros de todas las capas que se desea analizar.

7.2.18 Retire completamente el fragmento analizado y devuélvalo a su envoltorio.

7.2.19 Repita los puntos de 7.2.2 a 7.2.18 si existen otros indicios.

7.2.20 Apague el estereoscopio y anote en la bitácora de control de uso del estereoscopio lo correspondiente al final de su uso.

7.2.21 Proceda con el apagado de la computadora del equipo infrarrojo y anote en la bitácora de control de uso del equipo infrarrojo lo correspondiente al final de su uso.

7.2.22 Revise que todos los indicios analizados se encuentren en los sobres que los contenían y proceda a trasladarlos a la Zona de seguridad intermedia con acceso controlado (PEX y QAR), donde permanecerán almacenados en espera de su posible devolución o para pasar a ser testigos. Para cada indicio del tipo analizado en este apartado, se procederá siempre a almacenar como testigo el total o una parte de la muestra.

7.2.23 Si lo que procede es la devolución, en casos de indicios muy voluminosos o piezas automotrices, traslade el indicio o indicios respectivos a la Bodega de indicios analizados para su respectiva devolución, con ayuda del software de traslado de objetos.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 9 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

7.2.24 Si lo que procede es almacenar como testigo, proceda con el traslado a la persona encargada de custodiar y almacenar los testigos en la bodega de Indicios Analizados de la Sección, con ayuda del software de traslado de objetos.

Nota 5: Las muestras testigo de cada uno de los indicios (considerando que ya les fueron aplicados todos los análisis requeridos y posibles), permanecerán en custodia del laboratorio por un espacio de 10 años, luego se procederá con su destrucción.

7.3 Selección, preparación y análisis de escamas de capas de pintura por FTIR usando el micro ATR (Muestras típicas recolectadas en la inspección de vehículos):

Nota 6: Para el análisis de escamas de capas individuales de pintura aplica todo lo indicado en el "Procedimiento para el uso y manejo del espectrometro Cary 660 con microscopio infrarrojo Cary 610 para análisis por ATR", usando el micro-ATR, sin embargo, a continuación se explica en detalle como proceder.

7.3.1 Traslade el o los indicios a analizar desde la Zona de seguridad intermedia con acceso controlado (PEX y QAR) en que se mantienen almacenados, hasta el sector del equipo infrarrojo en el Cuarto de Instrumentos. Para este tipo de muestras generalmente se cuenta con sobres de manila para cada sector específico de un vehículo; dentro de cada sobre hay trozos de papel independientes, cada uno con escamas de una capa en particular.

7.3.2 Anote en la bitácora de control de uso del estereoscopio lo correspondiente al inicio de su uso.

7.3.3 Limpie con papel toalla ligeramente humedecido con alcohol isopropílico el área de observación del estereoscopio y el área cercana al mismo, con el fin de asegurarse que no exista suciedad ni restos de pintura endurecida procedentes de otras fuentes diferentes a la muestra a analizar.

7.3.4 Proceda a preparar el soporte de portaobjetos con un portaobjetos limpio colocado sobre éste y unido con cinta adhesiva en sus extremos. La limpieza del portaobjetos se realiza frotando suavemente su superficie con papel toalla humedecido con isopropanol.

7.3.5 Coloque el soporte preparado en 7.3.4 sobre el área de observación del estereoscopio.

7.3.6 Encienda el estereoscopio y aumente la intensidad de luz al máximo por medio de su regulador.

7.3.7 Seleccione el aumento que considere apropiado para visualizar y trabajar la muestra, generalmente con 20X se logra un área apropiada de trabajo.

7.3.8 Ajuste con la perilla de enfoque hasta lograr una imagen nítida si no está en posición de enfoque.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 10 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

- 7.3.9** Elija un primer sector a analizar y abra el sobre de manila que contiene las muestras de raspados de capas individuales procedentes de ese sector.
- 7.3.10** Revise en el respectivo apartado de Desgaste Sucesivo de capas del Formulario de análisis de pinturas-vehículos, la secuencia de capas detectada en el sector a analizar según 7.3.9, con el fin de conocer específicamente las capas a analizar y cotejarlas físicamente. Cada caso tiene sus particularidades, pero el(la) perito(a) decide cuáles capas analizar, en concordancia con su planteamiento del caso, ver el Procedimiento para la inspección de vehículos y recolección de muestras. Si el (la) analista no es el(la) perito(a) a cargo del caso y existen características particulares de análisis, el(la) perito(a) deberá indicarle al analista sobre las mismas y lo que le interesa para la evacuación de la pericia.
- 7.3.11** Coloque un pequeño grupo de escamas de cada capa individual (debe seleccionar escamas lo más limpias posible y a veces con una es suficiente) en el portaobjetos que se encuentra bajo el área de observación del estereoscopio.
- 7.3.12** Proceda con los apartados respectivos del "Procedimiento para el uso y manejo del espectrómetro Cary 660 con microscopio infrarrojo Cary 610 para análisis por ATR", para la obtención del espectro correspondiente a la capa colocada sobre el portaobjetos:
- 7.3.12.1** Anote en la bitácora de control de uso del equipo infrarrojo lo correspondiente al inicio de su uso.
- 7.3.12.2** Prepare el equipo.
- 7.3.12.3** Proceda con la lectura. Ante la posibilidad de que en la punta del micro-ATR quede adherida una escama, se debe limpiar la misma entre las lecturas; para esto utilice un trozo de papel óptico frotando suavemente sobre la punta.
- 7.3.12.4** Procese e imprima digitalmente los espectros como archivos PDF. Es típico realizar la impresión digital de dos espectros en una hoja en orientación vertical lo cual permite observar y analizar dos muestras a la vez y de un tamaño no excesivo. Para la interpretación de los espectros es imprescindible la impresión con la posición de los picos.
- 7.3.13** Retire de la platina del microscopio infrarrojo el soporte con el portaobjetos que contiene las escamas. En caso de que no se cuente con más muestra de cada capa, deberá devolver cada escama al trozo de papel blanco de donde proviene; de lo contrario, puede desechar esas escamas como basura convencional y limpiar el portaobjetos con papel óptico humedecido con isopropanol. Luego debe colocar de nuevo el soporte con el portaobjetos sobre el área de observación del estereoscopio.
- 7.3.14** Repita de 7.3.11 a 7.3.13, hasta completar las capas muestreadas del sector en análisis. Es posible que de acuerdo con la habilidad desarrollada por el (la) analista pueda colocar varias escamas de capas independientes sobre el portaobjetos al realizar 7.3.11, desde la primera vez.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 11 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

- 7.3.15** Repita de 7.3.9 a 7.3.14, para el análisis de cada uno de los otros sectores del vehículo analizado, en que se recolectaron muestras de capas.
- 7.3.16** Apague el estereoscopio y anote en la bitácora de control de uso del estereoscopio lo correspondiente al final de su uso.
- 7.3.17** Proceda con el apagado de la computadora del equipo infrarrojo y anote en la bitácora de control de uso del equipo infrarrojo lo correspondiente al final de su uso.
- 7.3.18** Revise que todos los indicios analizados se encuentren en los sobres que los contenían y proceda a trasladarlos a la Zona de seguridad intermedia con acceso controlado (PEX y QAR), para pasar a ser testigos, luego de lo cual se deberán trasladar a la Bodega de indicios analizados, con ayuda del software de traslado de objetos, donde permanecerán en custodia del laboratorio por un espacio de 10 años, luego se procederá con su destrucción (Nota 5).
- 7.4** Selección, preparación y análisis de escamas de capas de pintura por FTIR usando el IRIS-ATR (Muestras típicas recolectadas en la inspección de vehículos):
- Nota 7: Para el análisis de escamas de capas individuales de pintura aplica todo lo indicado en el "Procedimiento para el uso y manejo del espectrómetro Cary 660 con microscopio infrarrojo Cary 610 para análisis por ATR", usando el IRIS-ATR, sin embargo, a continuación se explica en detalle como proceder.
- 7.4.1** Traslade el o los indicios a analizar desde la Zona de seguridad intermedia con acceso controlado (PEX y QAR) en que se mantienen almacenados, hasta el sector del equipo infrarrojo en el Cuarto de Instrumentos. Para este tipo de muestras generalmente se cuenta con sobres de manila para cada sector específico de un vehículo; dentro de cada sobre hay trozos de papel independientes, cada uno con escamas de una capa en particular.
- 7.4.2** Elija un primer sector a analizar y abra el sobre de manila que contiene las muestras de raspados de capas individuales procedentes de ese sector.
- 7.4.3** Revise en el respectivo apartado de Desgaste Sucesivo de capas del Formulario de análisis de pinturas-vehículos, la secuencia de capas detectada en el sector a analizar según 7.4.2, con el fin de conocer específicamente las capas a analizar y cotejarlas físicamente. Cada caso tiene sus particularidades, pero el(la) perito(a) decide cuáles capas analizar, en concordancia con su planteamiento del caso, ver el Procedimiento para la inspección de vehículos y recolección de muestras. Si el (la) analista no es el(la) perito(a) a cargo del caso y existen características particulares de análisis, el(la) perito(a) deberá indicarle al analista sobre las mismas y lo que le interesa para la evacuación de la pericia.
- 7.4.4** Proceda con los apartados respectivos del "Procedimiento para el uso y manejo del espectrómetro Cary 660 con microscopio infrarrojo Cary 610 para análisis por ATR",

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 12 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

para la obtención del espectro correspondiente al análisis de cada capa a analizar por IRIS-ATR:

- 7.4.4.1** Anote en la bitácora de control de uso del equipo infrarrojo lo correspondiente al inicio de su uso.
- 7.4.4.2** Prepare el equipo.
- 7.4.4.3** Proceda con la lectura. Ante la posibilidad de que en el cristal o la punta de la prensa del IRIS-ATR quede adherida una escama, se debe limpiar la misma entre las lecturas; para esto utilice un trozo de papel óptico frotando suavemente sobre el cristal y el pistón.
- 7.4.4.4** Procese e imprima digitalmente los espectros como archivos PDF. Es típico realizar la impresión digital de dos espectros en una hoja en orientación vertical lo cual permite observar y analizar dos muestras a la vez y de un tamaño no excesivo. Para la interpretación de los espectros es imprescindible la impresión con la posición de los picos.
- 7.4.5** Repita 7.4.4 hasta completar las capas del sector en análisis.
- 7.4.6** Repita de 7.4.2 a 7.4.5, para el análisis de cada uno de los otros sectores del vehículo analizado, en que se recolectaron muestras de capas.
- 7.4.7** Proceda con el apagado de la computadora del equipo infrarrojo y anote en la bitácora de control de uso del equipo infrarrojo lo correspondiente al final de su uso.
- 7.4.8** Revise que todos los indicios analizados se encuentren en los sobres que los contenían y proceda a trasladarlos a la Zona de seguridad intermedia con acceso controlado (PEX y QAR), para pasar a ser testigos, luego de lo cual se deberán trasladar a la Bodega de indicios analizados, con ayuda del software de traslado de objetos, donde permanecerán en custodia del laboratorio por un espacio de 10 años, luego se procederá con su destrucción (Nota 5).
- 7.5** Interpretación de los espectros FTIR obtenidos:
- Nota 8: Esta parte del procedimiento la realiza un(a) perito(a) con competencia técnica certificada.
- 7.5.1** Abra los espectros digitales a interpretar, así como los esquemas de clasificación de resinas (ver Anexo 02) y extendedores (ver Anexo 01) con que cuenta la Sección de Pericias Físicas.
- 7.5.2** Siga el orden del esquema para determinar la presencia o ausencia de picos o bandas de absorción que permitan deducir qué tipo de resina y modificadores están presentes en el espectro, para esto utilice el espectro a interpretar y el esquema de clasificación de resinas de pintura automotriz (Ver Anexo 02). Debe a la vez cumplir con el criterio de aceptación 1 indicado en el apartado 8. Utilice un color para resaltar el conjunto de

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 13 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

picos de una resina en particular y luego a un lado del espectro haga una pequeña línea o círculo con ese color y a su derecha edite el tipo de resina a que corresponde.

- 7.5.3** Siga el orden del esquema para determinar la presencia o ausencia de picos o bandas de absorción, que permitan deducir qué tipo de extendedores están presentes en el espectro, para esto utilice el espectro a interpretar y el esquema de clasificación de extendedores de pintura automotriz (Ver Anexo 01). Utilice otro color para resaltar el conjunto de picos de un extendedor en particular y luego a un lado del espectro haga una pequeña línea o círculo con ese color y a su derecha edite el tipo de extendedor a que corresponde.
- 7.5.4** Edite en la parte inferior del espectro el nombre completo de la interpretación realizada, iniciando por el tipo de resina, luego los modificadores y finalmente los extendedores, esto con la información obtenida en 7.5.2 y 7.5.3. Por ejemplo: "Esmalte acrílico – uretano (tipo nueva generación) modificado con estireno, con sulfato de bario como extendedor." O bien, por medio del sistema de abreviaturas para análisis FTIR incluidos en los formularios para análisis por pinturas.
- 7.5.5** Repita de 7.5.2. a 7.5.4 para cada uno de los espectros a interpretar. Para resaltar los picos en los espectros, correspondientes a otras resinas o extendedores, deberá utilizar otros colores. Si se trata de la misma resina o extendedor utilice el mismo color.
- 7.5.6** Anote todos los resultados de interpretación obtenidos en los respectivos sectores de los cuadros correspondientes del apartado - Análisis de capas, del Formulario de análisis de pinturas-fragmentos, ó bien del apartado -Desgaste sucesivo de capas, del Formulario de análisis de pinturas-vehículos, siguiendo en cada caso las indicaciones incluidas en dicho formulario.
- 7.5.7** Para el análisis comparativo de resultados, utilice el apartado 5.2.5. del Formulario de análisis de pinturas-fragmentos o el Formulario de pinturas – comparación (anexo) en el caso de análisis de vehículos, para resumir los resultados obtenidos tanto de la inspección al microscopio como el análisis por ~~micro~~-espectroscopía infrarroja con transformada de fourier.

8 Criterios de Aceptación o Rechazo de Resultados:

No.	Criterio de Aceptación	Valor Límite	Corrección Aplicable
1	Que las muestras analizadas presenten frecuencias de vibración específicas para la interpretación del tipo de resina o resinas que la componen, así como de los posibles extendedores, dentro de los rangos esperados en los espectros FTIR con ATR según	Ver ámbito de señales características, para 6 diferentes tipos de resinas de uso automotriz más comunes, en anexo 4.	Ante la ausencia de bandas específicas y características, siguiendo el esquema de clasificación para resinas, deberá concluirse como "Resina no clasificable".

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 14 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

	<p>los esquemas de clasificación de extendedores de uso automotriz y de resinas de pintura de uso automotriz (ver Anexos Número 01 y 02). La interpretación del total de resinas posibles de interpretar (10 tipos de pintura automotriz y 6 tipos de pintura arquitectónica), así como de los extendedores (9 tipos), se considera aceptable al estar presentes las frecuencias de vibración específicas según dichos anexos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la validación realizada con 6 de los tipos de pintura más comunes recibidos con lo cual se demostró que la técnica de interpretación es aceptable.</p>		
2	<p>Intensidad de transmitancia mínima.</p>	<p>8% (con relación señal/ruido = 5/1 en la banda menos intensa).</p>	<p>Los espectros de infrarrojo se caracterizan por generar un patrón de bandas característico, donde el ruido generalmente no sobresale sobre su línea base y permite la búsqueda en bibliotecas sin generar mayores dificultades a los algoritmos de comparación. Se establece como un criterio mínimo de aceptación de un espectro infrarrojo obtenido por este equipo, aquel que aunque alcance una intensidad de transmitancia de tan solo 8%, la relación señal a ruido con su banda menos intensa no sea menor a 5/1. En caso de que el espectro no cumpla lo anterior se debe rechazar y repetir con una cantidad de muestra mayor (por ejemplo aumentar la abertura).</p>

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 15 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

3	Intensidad de transmitancia máximo.	Picos con forma definida (no achatados)	Cuando un espectro alcanza intensidades de transmitancia que abarcan casi completo el ámbito de 0 a 100%, se debe considerar si el espectro está bien resuelto (bandas separadas por arriba de su resolución espectral y con intensidades que generen picos no achatados). En caso de que el espectro no esté bien resuelto se considera que está saturado y por tanto el espectro se debe rechazar y repetir con una cantidad de muestra menor (por ejemplo disminuir la abertura).
----------	-------------------------------------	---	--

Nota 9: Los espectros obtenidos al aplicar este procedimiento se rechazan o aceptan de acuerdo con los criterios indicados. La interpretación química y su clasificación se basan en los esquemas de clasificación utilizados en la Unidad de QAR. Si al aplicar los esquemas no se logra una clasificación el(la) perito(a) puede indicar "Resina no clasificable", pero el espectro no se rechaza porque contiene la información molecular de los componentes en esa muestra, que de igual forma da información para una posible comparación.

9 Cálculos y evaluación de la incertidumbre:

La ejecución de este procedimiento no requiere cálculos ni evaluación de la incertidumbre.

10 Reporte de Análisis y Resultados:

Reporte como encargado del caso, todos los resultados obtenidos, en el apartado "RESULTADOS Y CONCLUSIONES" del Dictamen Pericial. El conjunto de resultados contribuye junto con otros análisis a la interpretación respectiva.

10.1 Después de interpretar los espectros FTIR de todas las muestras analizadas de un caso, complete la columna de "Identificación de capas por FTIR" del cuadro descrito como ejemplo en 10.2 del apartado de Reporte de Análisis y Resultados del PON para la observación al microscopio de pintura endurecida. Tal como se indica en ese apartado, este cuadro de ejemplo tendrá la conformación que se muestra a continuación en el CUADRO I.

"Del análisis de capas de los fragmentos que constituyen el objeto **Nº 1** y **I** descritos, se obtuvo los siguientes resultados:

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 16 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

CUADRO I. Secuencias de capas detectadas en los fragmentos que constituyen los objetos **N° 1** y **I.**

INDICIO ANALIZADO	SECUENCIA DE CAPAS (*)	ESPESOR DE CAPAS (mm)	IDENTIFICACION DE CAPAS POR FTIR
1.	1. Blanco 2. Gris 3. Transparente 4. Blanco 5. Transparente 6. Blanco 7. Gris	1. 0,09 2. 0,00 - 0,01 3. 0,02 4. 0,19 5. 0,06 6. 0,04 7. 0,01	1) Esmalte acrílico - uretano (tipo nueva generación). 2) Laca nitrocelulosa con talco como extendedor. 3) Esmalte acrílico - uretano (tipo nueva generación), modificado con estireno. 4) Esmalte acrílico - uretano (tipo nueva generación), modificado con estireno. 5) Esmalte acrílico - uretano (tipo nueva generación), modificado con estireno. 6) Esmalte alquídico. 7). Laca acrílica con talco como extendedor.
I.	1. Blanco 2. Gris 3. Transparente 4. Blanco 5. Transparente 6. Blanco 7. Gris	1. 0,09 - 0,10 2. 0,00 - 0,01 3. 0,02 - 0,05 4. 0,14 - 0,20 5. 0,06 - 0,07 6. 0,04 7. 0,01 - 0,03	1) Esmalte acrílico - uretano (tipo nueva generación). 2) Laca nitrocelulosa con talco como extendedor. 3) Esmalte acrílico - uretano (tipo nueva generación), modificado con estireno. 4) Esmalte acrílico - uretano (tipo nueva generación), modificado con estireno. 5) Esmalte acrílico - uretano (tipo nueva generación), modificado con estireno. 6) Esmalte alquídico. 7). Laca acrílica con talco como extendedor.

(*) Secuencia de la capa más externa a la más interna."

Con relación a las capas analizadas:

- 1°, 3°, 4°, 5° y 7° capa de objeto **N°1** y **2**: resinas empleadas tanto en acabados originales de fábrica, así como para realizar retoques.
- 2° y 6° capa de objetos **N°1** y **2**: resinas utilizadas típicamente para realizar retoques."

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 17 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

10.2 Ese resultado contribuye a generar en el Dictamen Pericial una interpretación de la siguiente forma:

“Interpretación:

Los fragmentos que constituyen los objetos Nº 1 y I presentan características físicas, químicas y microscópicas de una pintura automotriz con acabado blanco satinado sin hojuelas decorativas. La secuencia indica que los fragmentos provienen de una superficie que ha recibido al menos tres retoques reproduciendo un mismo acabado blanco; la apariencia, irregularidad en los espesores y el grosor de algunas de las capas indica que se trata de retoques de baja calidad.”

11 Medidas de Seguridad y Salud Ocupacional:

11.1 La manipulación de hojas de bisturí durante el raspado de capas o la manipulación de escamas y esquirlas, exige concentración y destreza. Por lo tanto no se debe descuidar esta labor ni dejar las hojas en cualquier lugar. Todas las hojas usadas deberán embalsarse en sus cobertores para luego ser depositadas en el basurero para material punzocortantes en el laboratorio.

11.2 Los portaobjetos son materiales de vidrio delicados, por lo que deben manipularse con cuidado para evitar quebrarlos, lo que podría ocasionar alguna cortadura.

11.3 La utilización de guantes no es necesaria en este análisis dado que los fragmentos de pintura han sido previamente lavados (ver detalle en el Procedimiento para la observación al microscopio de pintura endurecida) y además, el empleo de los mismos dificulta la manipulación de los fragmentos.

12 Simbología:

%	Símbolo de porcentaje
20X	Factor de aumento del lente.
ATR	Reflectancia total atenuada
cm	Símbolo de centímetros
cm ⁻¹	Símbolo de centímetro recíproco
cm ²	Símbolo de centímetro cuadrado
DCF	Departamento de Ciencias Forenses
ECT	Específico, Calidad, Técnico
FIS	Sección de Pericias Físicas
FTIR	Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier
L	Símbolo de litro
mm	Símbolo de milímetros
P	Procedimiento
PDF	Formato de documento portatíl
PON	Procedimiento de Operación Normado
QAR	Unidad de Análisis Químico de Residuos
SCD	Solicitud de cambio documental
VAL	Validación

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 18 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

13 Terminología:

Acabado: Capa de recubrimiento con pigmentos (color) y/o hojuelas decorativas, cuyo propósito primordial es dar color a una superficie.

Escama: Fragmento de pintura endurecido, caracterizado por la presencia de pocas capas de pintura (generalmente una) y no experimenta fractura al deformarla.

Espectro: Representación gráfica de la absorción de radiación en función de la longitud de onda.

Esquirla: Fragmento de pintura endurecido, caracterizado por la presencia de varias capas de pintura y que experimenta fractura al deformarla.

Extendedor: Pigmento sin capacidad de cubrimiento usado en pinturas para ajustar propiedades físicas, tales como volumen, viscosidad, brillo, etc.

Hojuelas decorativas: Partículas que se mezclan dentro de las capas de acabado con el fin de producir efectos en la reflexión del color. Existen cuatro tipos: aluminio, cobre – bronce, perlescente o perlado y pigmento de interferencia. Son las que producen los llamados "acabados metálicos", "acabados perlados" y "acabados metálicos-perlados".

IRIS-ATR: Herramienta o accesorio que se coloca en la cámara de muestra de un espectrómetro infrarrojo y que permite realizar el proceso de contacto directo para análisis en infrarrojo por reflectancia total atenuada.

Micro-ATR: Herramienta o dispositivo que se coloca bajo el objetivo del microscopio infrarrojo y que permite realizar el proceso de contacto directo para análisis en infrarrojo por micro-reflectancia total atenuada.

Perlescente o perlado: Efecto óptico de reflexión y refracción de la luz sobre la superficie de un vehículo debido a la presencia de hojuelas con brillo perlado en el acabado externo, lo que ocasiona variaciones en la tonalidad del color, dependiendo de la incidencia de la luz sobre la superficie.

Pintura: Recubrimiento que posee color. Es un pigmento en suspensión en un vehículo (ejemplo aceite de linaza o barniz), que al depositarse sobre un objeto sólido se endurece, recubriéndolo y dándole una coloración característica.

Reflexión: Técnica de análisis por espectroscopia infrarroja en la cual la muestra es colocada en una superficie en que incide el haz infrarrojo, de tal forma que parte de esta radiación es absorbida por la muestra y otra parte es reflejada para llegar al detector.

Vehículo: Medio de transporte de personas o cosas. Para efectos de este PON incluye automóviles, camiones, motos, cuadraciclós, bicicletas, lanchas, avionetas, etc.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 19 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

14

15 Anexos

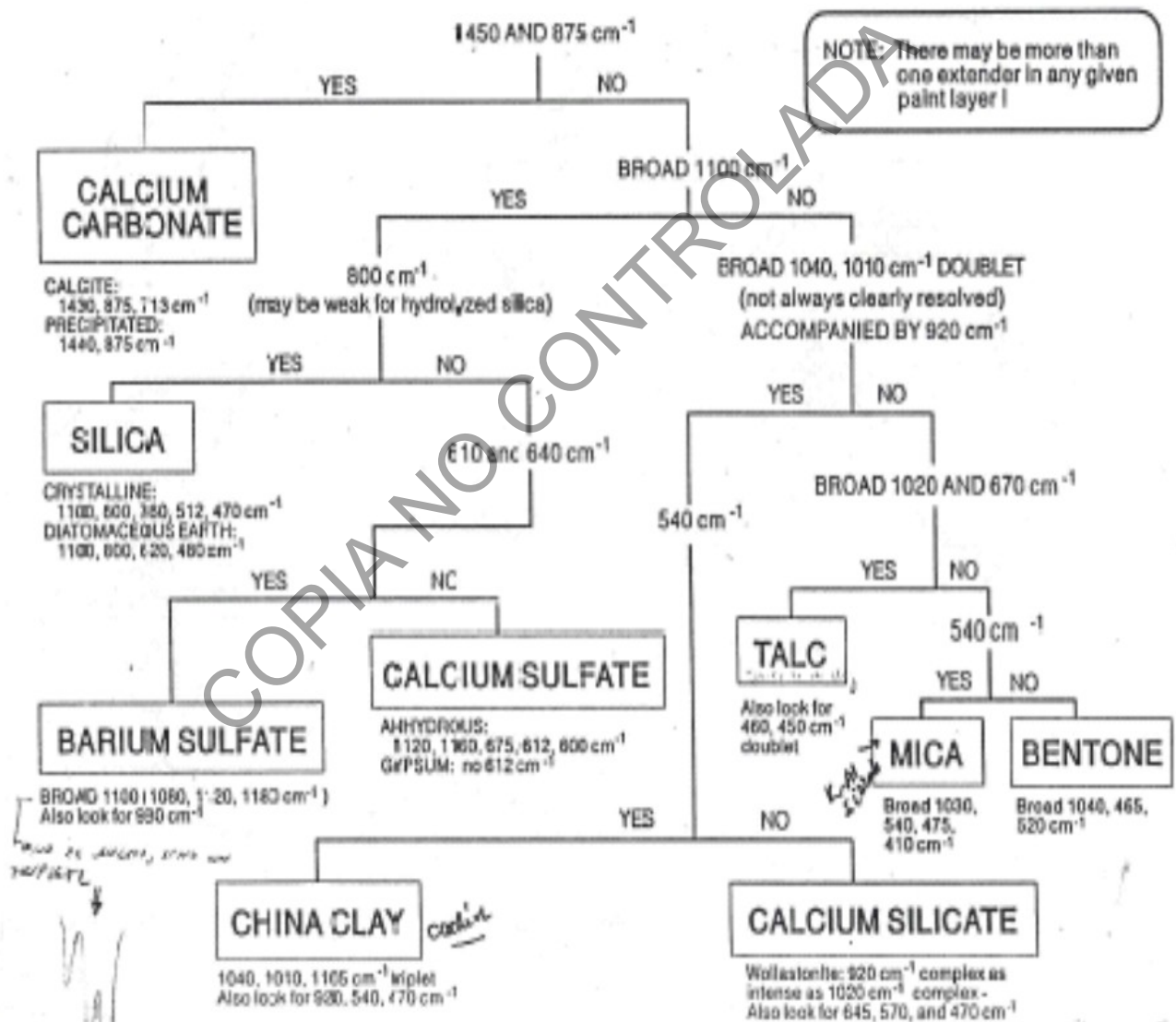
No. de Anexo	Nombre del Anexo
01	Esquema de clasificación de extendedores de uso automotriz
02	Esquema de clasificación de resinas de pintura de uso automotriz
03	Limpieza de portaobjetos
04	Ámbito de señales características, para 6 diferentes tipos de resinas de uso automotriz más comunes.

COPIA NO CONTROLADA

ANEXO NÚMERO 01

Esquema de clasificación de extendedores de uso automotriz

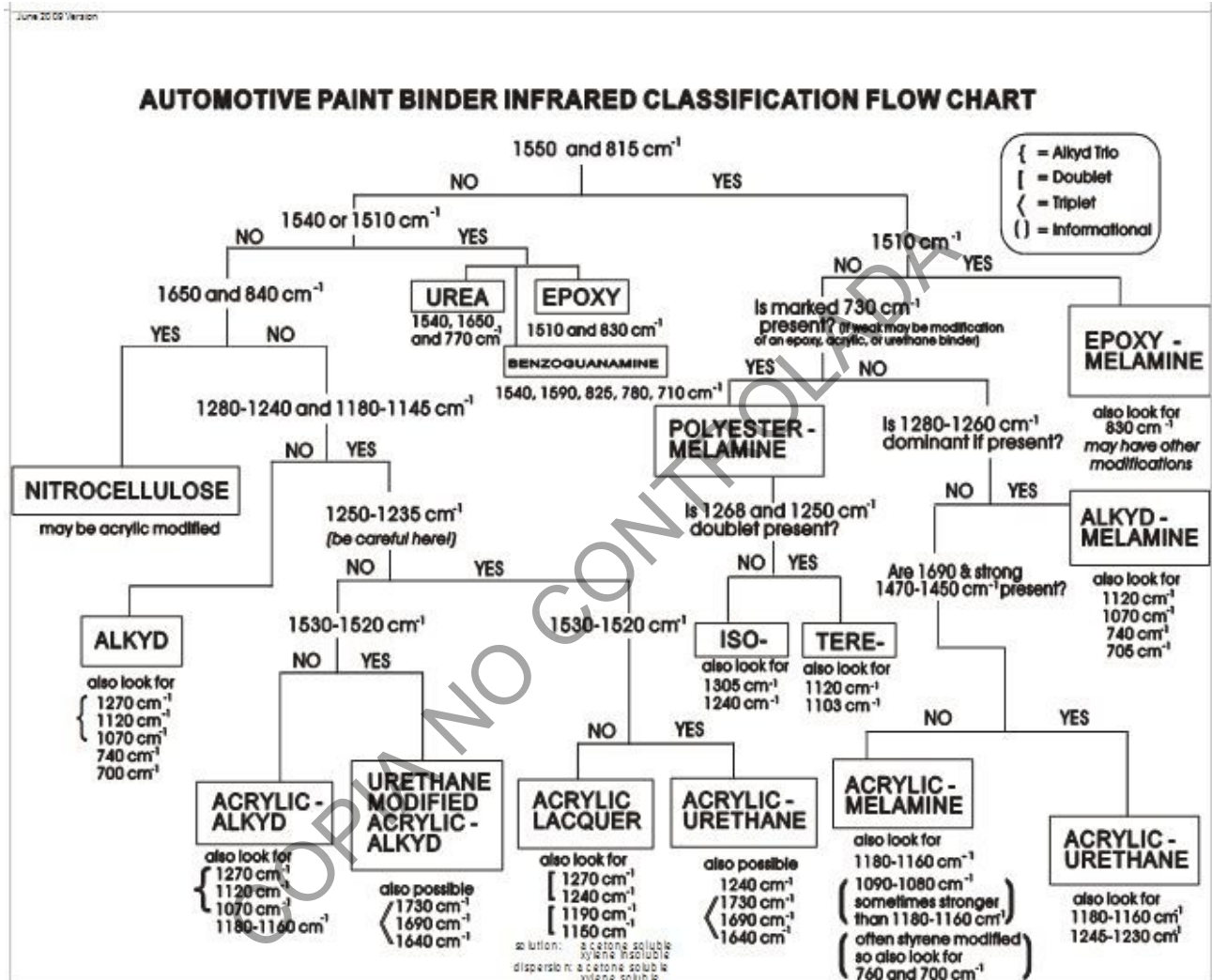
PAINT EXTENDER INFRARED CLASSIFICATION FLOW CHART



Tomado de: 7.2. Ryland, S. G., 'Infrared Microspectroscopy of Forensic Paint Evidence', in Practical Guide to Infrared Microspectroscopy, Humecki, H. J. (Ed.), Marcel Dekker, New York, 1995, pp. 163-243.

ANEXO NÚMERO 02

Esquema de clasificación de resinas de pintura de uso automotriz



Tomado de: 7.2. Ryland, S. G., 'Infrared Microspectroscopy of Forensic Paint Evidence', in Practical Guide to Infrared Microspectroscopy, Humecki, H. J. (Ed.), Marcel Dekker, New York, 1995, pp. 163-243.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 22 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

ANEXO NÚMERO 03

Limpieza de portaobjetos.

- 1.** Seleccione el grupo de portaobjetos a limpiar.
- 2.** Lave cada portaobjeto con jabón para cristalería y agua del grifo.
- 3.** Seque cada portaobjeto con papel toalla.
- 4.** Lave nuevamente cada portaobjeto aplicando etanol. Luego de 5 minutos proceda con el secado con papel toalla.
- 5.** Lave finalmente cada portaobjeto aplicando acetona. Luego de 5 minutos proceda con el secado con papel toalla.
- 6.** Coloque todos los portaobjetos limpios dentro de un pliego de papel toalla donde permanecerán hasta ser utilizados.

COPIA NO CONTROLADA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 23 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

ANEXO NÚMERO 04

Ámbito de señales características, para 6 diferentes tipos de resinas de uso automotriz más comunes.

Cuadro 4.1. Ámbito de señales características obtenido por análisis con micro-ATR para 6 diferentes tipos de resinas de uso automotriz.

Tipo de resina o mezcla de resinas	Ámbito de frecuencias características / cm^{-1}
Esmalte melamina – acrílico	805 – 818 1544 – 1552 1126 – 1183
Esmalte acrílico – uretano	1677 – 1691 1517 – 1534 1452 – 1462 1228 – 1244 1125 – 1162
Laca nitrocelulosa	1635 – 1654 1273 – 1280 819 – 852
Laca acrílica	1227 – 1246 1137 – 1150 737 – 755
Esmalte epóxico	1503 – 1508 823 – 827 1603 – 1608 1179 – 1181
Esmalte alquídico	1210 – 1290 1107 – 1126 1062 – 1071

Tomado de: Informe de validación 004-FIS-VAL-2020.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 05	PAGINA: 24 de 24
ANÁLISIS DE PINTURA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	P-DCF-ECT-FIS-34	

Cuadro 4.2. Ámbito de señales características obtenido por análisis con IRIS-ATR para 6 diferentes tipos de resinas de uso automotriz.

Tipo de resina o mezcla de resinas	Ámbito de frecuencias características / cm⁻¹
Esmalte melamina – acrílico	812 – 816 1541 – 1551 1139 – 1173
Esmalte acrílico – uretano	1682 – 1693 1525 – 1539 1444 – 1469 1225 – 1245 1121 – 1173
Laca nitrocelulosa	1640 – 1651 1274 – 1281 829 – 846
Laca acrílica	1233 – 1244 1130 – 1165 743 – 752
Esmalte epóxico	1505 – 1508 825 – 828 1602 – 1608 1176 – 1183
Esmalte alquídico	1243 – 1285 1111 – 1125 1057 – 1078

Tomado de: Informe de validación 003-FIS-VAL-2022.