

Abrasión sobre pinturas de demarcación vial para la evaluación de su performance

Abrasion on road marking paints for its performance assessment

Verónica Mechura¹, Hector Delbono¹,
Fernanda Martinez Micakoski² y Raul Martinuzzi³

¹ LEMaC – Centro de Investigaciones Viales, UTN FRLP –Berisso, Buenos Aires, Argentina.
e-mail: lemac@frlp.utn.edu.ar

² UTN Facultad Regional Trenque Lauquen – Trenque Lauquen, Buenos Aires, Argentina.

³ BECHA S.A. – Villa Gobernador Galvez, Santa Fe, Argentina.

RESUMEN

La señalización horizontal de un camino constituye un elemento básico para el correcto funcionamiento del sistema vial, debido a que proporciona la orientación direccional necesaria para continuar el recorrido, favoreciendo un trayecto ordenado y seguro. Se materializa mediante marcas viales que se pueden construir “in situ” mediante la aplicación directa sobre la calzada (sustrato) de un sistema de señalización vial horizontal constituido por un material base y materiales de post mezclado junto a las correspondientes instrucciones de aplicación. Los materiales base son las pinturas, termoplásticos y los plásticos en frío, de cuyas propiedades dependen los aspectos generales de comportamiento. Con el avance en el uso de las pinturas base acuosa se considera relevante una evaluación mediante el ensayo de “Abrasión por vía húmeda” o WTAT (de su sigla en inglés) para evaluar su comportamiento frente al efecto del agua. Para llevar a cabo el ensayo se comparan tres muestras de pintura acrílica base acuosa con una muestra de pintura base solvente aplicadas sobre chapas, en un espesor húmedo uniforme para todas. El equipo de abrasión consiste en un agitador mecánico recubierto en goma reforzada, la cual roza sobre una probeta sumergida en agua. El trabajo brinda conclusiones sobre la diferencia en el comportamiento de las pinturas y, a su vez, compara distintas condiciones de humedad y temperatura ambiente durante el curado o secado de la pintura acrílica base solvente y acuosa.

Palabras clave: Demarcación vial, Pinturas viales base acuosa, abrasión

ABSTRACT

The horizontal signaling of a road is a basic element for the right function of the road system, because it provides the necessary directional information to continue the journey, favoring an orderly and safe trip. It is materialized by road marks that can be built “in situ” through the direct application on the roadway (substrate) of a system of horizontal road signaling constituted by a base material and post materials mixed together following the corresponding application instructions. The base materials are the paints, thermoplastics and cold plastics, on whose properties the general aspects of performance depend. With the advance in the use of water based paints it is considered that the Water Abrasion Test (WTAT) can be relevant to assess their performance regarding the water effect. In order to perform the test three samples of water based acrylic are compared with a sample of solvent based paint applied on metal plates, with an uniform wet thickness for all of them. The abrasion test equipment consists of a mechanical agitator covered with reinforced rubber, which rubs a test sample immersed in water. This paper features conclusions on the different performance of paints and, at the same time, compares different conditions of environmental humidity and temperature while curing or drying of the acrylic paint, both water and solvent based.

Keywords: waterborne road marking paint, road markings, traffic paint, solventborne roadmarking paint, abrasion

1. INTRODUCCIÓN

Las marcas viales se pueden definir como un conjunto de líneas longitudinales y transversales, signos y símbolos en la superficie de los pavimentos. Representan una fracción importante de la señalización general del tránsito y no pueden ser reemplazadas por otros medios. MILLER [1] en sus estudios demostró que, en general, la presencia de solo líneas centrales y de borde puede reducir los accidentes en un 20%.

Las marcas viales se pueden construir “in situ” mediante la aplicación directa sobre la calzada (sustrato) de un sistema de señalización vial horizontal constituida por un material base y materiales de post mezclado junto a las correspondientes instrucciones de aplicación. Los materiales base son las pinturas, termoplásticos y los plásticos en frío, de cuyas propiedades dependen los aspectos generales de comportamiento; en el caso de los materiales de post mezclado, estos son las microesferas de vidrio (relacionadas con la retrorreflexión de las marcas viales), áridos antideslizantes (para aportar o regenerar, las propiedades antideslizantes de las marcas viales) y mezclas de los dos. En el caso de las instrucciones de aplicación pueden incluir la creación de una estructura que puede aportar propiedades especiales de visibilidad en condiciones de humedad o de lluvia y efectos sonoros y mecánicos.

Debido a que cada uno de los materiales base presentan características bien diferenciadas, se dará una breve introducción de las principales diferencias de cada uno de los productos según el tipo de material como termoplásticos, pintura o plásticos en frío. [4, 5]

Cabe destacar que al hablar de termoplástico en el ámbito de “señalización vial” tiene un significado diferente en el contexto que se estudia en la química de los polímeros, ya que su nombre hace referencia a que requiere energía térmica para su procesamiento. En la formulación, intervienen resinas sintéticas tales como maleicas, fenólicas, alquídicas modificadas, etc.; también se emplean polímeros alifáticos de olefinas de cinco átomos de carbono obtenidas en la destilación del petróleo y resinas derivadas de la colofonia. Estas resinas son entremezcladas con pigmentos y cargas, así como microesferas de vidrio. Estos materiales están esencialmente libres de solventes y algunas resinas son de recursos renovables que según sea el caso, pueden ser de plantaciones de pinos o destilados del petróleo, pero la necesidad de calentarlos dos veces (fabricación y aplicación) aumenta significativamente el impacto ambiental. Estos materiales se clasifican según la forma de colocación en: termoplásticos aplicables por pulverización (Sprayplásticos), por extrusión o de altas presiones; pero en todos los casos es necesario, para la aplicación, recalentarlos a aproximadamente 200°C para fundirlos. Se pueden aplicar en espesores que van de 1,2 mm hasta 3 mm.

Los plásticos en frío consisten en un sistema de dos componentes donde los monómeros se mezclan con pigmentos y rellenos polimerizándose en la superficie del pavimento para formar la marca mediante el agregado de un iniciador de la reacción. BABIC et al. [2] comenta que si bien estos productos tienen un impacto ambiental mínimo en el momento de la aplicación y gozan de excelentes propiedades; para que se produzca dicha polimerización se requiere una alta precisión de dosificación, equipo especializado y en general, por la sensibilidad a la humedad y la temperatura, requiere formulaciones especiales y/o un acelerador o retardador según sea el caso. Uno de los principales riesgos de este tipo de pinturas son los monómeros que son inflamables y pueden sufrir una polimerización incontrolada, sumado a que el iniciador requiere estar etiquetado y un transporte especial.

Las pinturas son materiales muy utilizados a nivel mundial desde que se aplicaron por primera vez como línea central en 1911 en Michigan, EEUU. Todas las pinturas están compuestas por resinas (históricamente se han utilizado resinas de caucho clorado, y más recientemente se tienen mezclas acrílico-estirenadas, alquídicas-acrílicas o 100% acrílicas), pigmentos y cargas, solventes y numerosos aditivos. Según comenta BABIC et al. [2] como parte del movimiento mundial para limitar las emisiones de VOC (Compuesto Orgánico Volátil) y para minimizar los efectos en la salud humana y en segunda medida para buscar un mejor desempeño, las pinturas base solvente lentamente se están reemplazando por las pinturas base acuosa.

Las pinturas contemporáneas a base solvente contienen resinas acrílicas que se disuelven en solventes orgánicos y, en los países donde todavía está permitido, se utilizan solventes aromáticos a pesar de su peligrosidad para el medio ambiente y la salud humana debido a su menor precio, mejor control de secado y en general, mejor adherencia a superficies asfálticas. Después de la aplicación, en espesores de película húmeda no mayores a 600 µm, la evaporación del solvente hace que el polímero se solidifique y por lo tanto, se forma la película por un fenómeno físico. El solvente sirve solo para hacer que la pintura sea líquida y luego escapa a la atmósfera, según BABIC et al. [2] en el caso de una pintura para señalización vial con alto contenido de sólidos, el VOC alcanza los 400-500 g/l (aprox. 25%).

Antes de comenzar con las pinturas base acuosa, cabe aclarar que una propiedad a evaluar, casi exclusiva de ellas, es la resistencia al lavado. En estos casos, en general el tiempo que tarda en alcanzar resistencia al lavado es mayor al tiempo de secado y depende en gran medida del aglutinante, los aditivos utilizados y de

las condiciones climáticas; esta propiedad es crítica cuando hay riesgo de lluvia. Las primeras pinturas viales de base acuosa sufrían un secado lento y tenían una resistencia muy lenta al lavado; luego se agregaron aglomerantes de fraguado rápido que condujeron a insertarla al mercado. El proceso genérico para prepararla es más complejo que para las pinturas base solvente ya que se incorpora una amina cuidadosamente seleccionada y un alto pH aseguran que la resina no precipite en un medio acuoso; tras la aplicación se produce la caída del pH a medida que el amoníaco se evapora y el polímero se solidifica irreversiblemente, siendo este cambio fisicoquímico de estado la mayor diferencia con las pinturas base solvente. Según BABIC *et al.* [2] el contenido de VOC de una pintura base acuosa típica para señalización vial es inferior a 50 g/l (aprox. 2%) proveniente de los aditivos requeridos. En general, las pinturas base acuosa son compatibles con los pavimentos asfálticos y de hormigón, mostrando una sensibilidad sobre los recién construidos.

Según FARES [3] las marcas en el pavimento inadecuadas y mal mantenidas son consideradas como uno de los mayores factores que contribuyen a los accidentes automovilísticos. Como resultado, es esencial para aplicar la señalización sobre el pavimento, disponer del material adecuado para todas las condiciones climáticas con el fin de aumentar la seguridad pública y reducir los accidentes de los vehículos.

Al estudiar las normativas y especificaciones técnicas que establecen los requerimientos a cumplir por la señalización horizontal en nuestro país, se observa que la misma carece de evaluaciones que permitan conocer el comportamiento del recubrimiento en servicio. En las Norma IRAM [7], el ensayo de resistencia a la abrasión utiliza un equipo que evalúa el comportamiento de la película seca mediante la caída de un abrasivo; en las normativas europeas se plantean dos ensayos de abrasión según la naturaleza del material a ensayar y si contienen microesferas de vidrio premezcladas teniendo la opción de optar por el método de caída de un abrasivo o por el método Taber [9]. Utilizando este último método, BABIC *et al.* [2] en un estudio donde compara la resistencia a la abrasión de pinturas acrílicas base solvente y acuosa encontró un excelente comportamiento y una menor pérdida de peso por abrasión en las pinturas base acuosa comparadas con las base solvente; destacando que los tiempos medidos de resistencia al secado y al lavado fueron excelentes en condiciones favorables, pero que existe la advertencia del riesgo de lavado en caso de lluvia repentina en condiciones de baja temperatura y alta humedad. Por este motivo y por el avance en el uso de las pinturas base acuosa se considera relevante una evaluación mediante el ensayo, implementado en el LEMaC donde se desarrolla el presente trabajo, de "Abrasión por vía húmeda" o WTAT (de su sigla en inglés) en las pinturas base acuosa para evaluar su comportamiento frente al efecto del agua.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utiliza una pintura acrílica base solvente y se compara el comportamiento en el ensayo con tres pinturas acrílicas base acuosa comercialmente disponibles. En el anexo 1, se brinda el análisis de las diferentes pinturas mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) que permite conocer en forma cualitativa la composición de la pintura.

Se utilizan cuatro pinturas para el ensayo de abrasión por vía húmeda en color blanco que, de ahora en más denominaremos:

SLU: Pintura con solventes de rápido secado, basada en resinas acrílicas especiales. Es utilizada en el mercado para demarcar calles, avenidas, rutas y autopistas. Según las especificaciones técnicas del fabricante, la pintura sin el agregado de microesferas presenta un contenido de no volátiles en volumen de 51% y una densidad de 1,44 g/cm³. De acuerdo a la información volcada en el FTIR (Anexo 1) se infiere que la misma está conformada con resina acrílica estirenada.

ALU: Pintura acrílica acuosa. Se utiliza para señalización de carreteras y otras aplicaciones especiales. No se encontró mayor información técnica del producto pudiendo solo deducirse de su ficha de seguridad que presenta una densidad de 1,70g/cm³ y que el contenido de no volátiles en volumen es del orden del 60%. De acuerdo a la información volcada en el FTIR (Anexo 1) se infiere que la misma está conformada con resina acrílica estirenada.

AF05: Pintura acrílica acuosa. Se utiliza para señalización en vías interurbanas. Según las especificaciones del fabricante presenta un contenido de sólidos de 79,5% con una densidad relativa de 1,73 g/cm³

De acuerdo a la información volcada en el FTIR (Anexo 1) se infiere que la misma está conformada con resina acrílica.

AF01: Pintura acrílica acuosa. Se utiliza para señalización en vías interurbanas. Según las especificaciones del fabricante presenta un contenido de sólidos de 80,5% con una densidad relativa de 1,77 g/cm³. De acuerdo a la información volcada en el FTIR (Anexo 1) se infiere que la misma está conformada con resina acrílica [6].

Para llevar a cabo el ensayo se utilizan como sustrato chapas lisas de dimensiones 30 cm x 30 cm con un recorte en una esquina adaptada al equipo de ensayo. Sobre las mismas, se pinta con un aplicador de forma de obtener un espesor uniforme del orden de 600 μm en húmedo, realizándose mediciones con el método del peine en zonas que no serán ensayadas.

Antes de ensayar las probetas, se mide el espesor seco mediante un equipo disponible en el laboratorio para medir espesor sobre materiales ferrosos con una precisión de $\pm 0,05$ mm. Para ello se busca medir en cuatro puntos comunes en todas las muestras y luego se realiza un promedio de los valores con el fin de comparar el espesor seco con el húmedo.

El equipo de abrasión utilizado es un agitador mecánico, modelo Hobart N-50 utilizado para lechadas asfálticas según la norma ASTM D3910-90[8]. Dicho equipo consiste en una máquina de abrasión con un eje vertical de ensayo con un doble movimiento, de rotación y circular de traslación. El extremo inferior del eje vertical contiene un cabezal con una manguera de goma reforzada que roza sobre la probeta sumergida en agua hasta la finalización del ensayo.

El valor a considerar antes y después del ensayo es el peso de la pintura para calcular la diferencia del mismo luego del ensayo; al igual que en el ensayo de WTAT sobre lechadas asfálticas se multiplica por un factor para convertir la pérdida de peso considerando el área de desgaste correspondiente. Para ello es necesario considerar los valores del equipo utilizado, Modelo N-50, cuya área desgastada es de $0,287\text{ft}^2$; considerando el cociente $1/\text{área}$ desgastada llegamos a $3,48\text{ft}^{-2}$, o como trabajaremos en el SI (sistema métrico) el valor equivalente de $37,5\text{m}^{-2}$.

Una vez obtenidos los datos iniciales, se procede a realizar el ensayo dejando previamente en reposo la muestra sumergida en agua durante media hora, ejecutando el ensayo durante 20 minutos. Las probetas ensayadas se dejan secar en posición vertical por 24 horas y al día siguiente se procede a repetir las mediciones iniciales. La pérdida de peso por abrasión (en g/m^2), según lo comentado previamente, se calcula de la siguiente forma:

$$A = (P_a - P_d) \times 37,5 \quad (1)$$

Donde:

P_a = Peso de pintura antes de realizar el ensayo determinado como diferencia del peso de chapa pintada antes del ensayo con el peso de la chapa, en g.

P_d = Peso de pintura 24 hs posteriores del ensayo determinado con respecto al peso de la chapa, en g.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se observan los resultados de pérdida de peso por abrasión de las distintas muestras SLU, ALU, AF05 y AF01 en condiciones semejantes de curado en cuanto a temperatura y humedad.

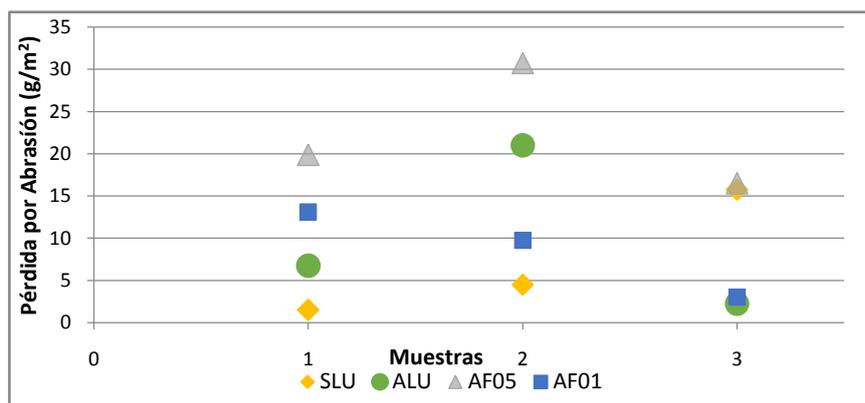


Figura 1: Pérdida de peso por abrasión de las muestras de pintura en condiciones semejantes de humedad y temperatura ambiente

En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos, en distintas condiciones de humedad y temperatura, de las muestras con pintura base solvente SLU y base acuosa ALU provenientes de la misma empresa. Éstas presentan características semejantes de contenido de sólidos en volumen y según el FTIR realizado ambas estarían conformadas con resinas acrílicas estirenadas.

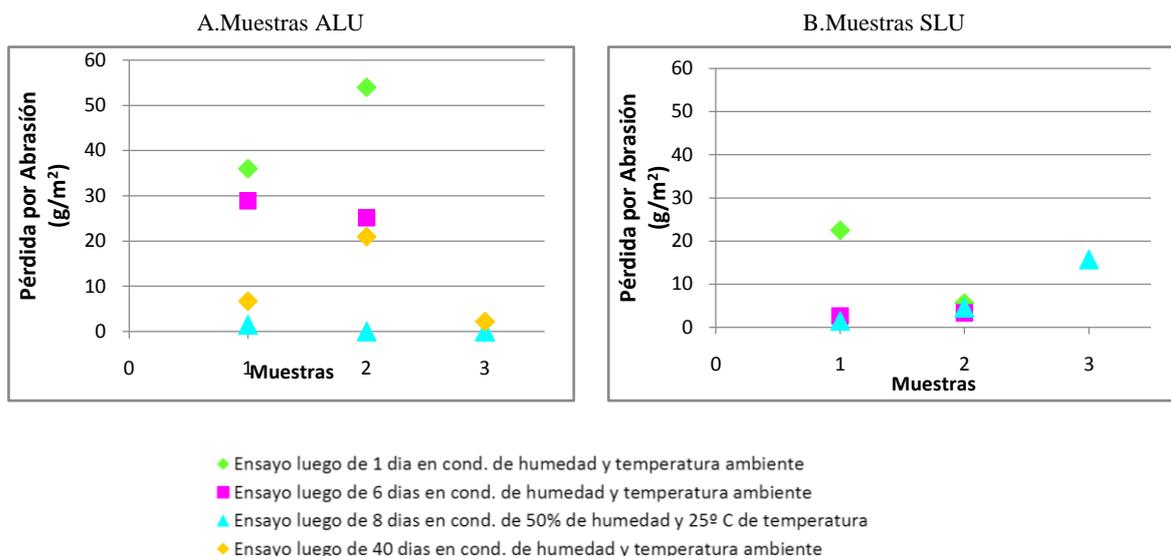


Figura 2: Pérdida de peso por abrasión en distintas condiciones de humedad y temperatura ambiente para su curado

De la comparación de los espesores húmedos y secos previos al ensayo, se observó que la pintura ALU tuvo una disminución del espesor del 35 %, las pinturas AF01 y AF05 tuvieron pérdidas del orden del 17 % y la pintura SLU de 53%.

En el aspecto visual de las pinturas se encontró una diferencia en el comportamiento de las pinturas acuosas con mayor contenido de sólidos donde se produjeron fisuras una vez que secaron. La Figura 3 muestra dos imágenes tomadas en las mismas condiciones de iluminación de cada una de las muestras.



Muestra A4 – Pintura AF-05



2. Muestra A7 – Pintura AF-01

Figura 3: Probetas con fisuras luego del secado.

4. DISCUSIÓN

Se observa que las muestras base solvente SLU y acuosa ALU en estos casos han tenido un mejor comportamiento, pero no se debe dejar de lado que las mismas tienen un menor contenido de sólidos y luego del secado su espesor de húmedo a seco se redujo en el orden de un 35% en el caso de la muestra ALU y alrededor del 50% en el caso de SLU. A su vez, con la posibilidad de realizar distintas condiciones de curado en estos casos, se observa que en las muestras de SLU los valores de pérdida por abrasión tuvieron un límite de 22,5 g/m² en la peor condición. En cambio en las muestras ALU, dejando la probeta en condiciones de humedad y temperatura ambiente y ensayándola al día de aplicada la pintura se obtuvo un valor límite de 54 g/m². Con respecto a las otras muestras observamos que la muestra A7, correspondiente a la pintura AF01, la cual evidenció las fisuras mostradas en la Figura 4, es la que obtuvo un mayor valor de pérdida de peso por abrasión pero que, de todos modos tiene valores por debajo del máximo valor de 22,5 g/m² comentado para SLU; en cambio la muestra AF05 es la que demostró valores más elevados en comparación con las demás muestras en condiciones similares, cabe destacar que la misma presentó microfisuras luego de secada pero de menor tamaño que el caso de la muestra con pintura AF01.

5. CONCLUSIONES

En estas primeras experiencias podemos observar que el valor de la pérdida de peso por abrasión por vía húmeda depende de las condiciones de temperatura y humedad de curado de las muestras. Se observa que en el período de 40 días los valores de la pérdida de peso por abrasión disminuyen a un valor cercano a la condición de curado en condiciones ideales (Temp. 25°C, Humedad: 50%) siendo la condición en la que se tiene el mejor comportamiento de la muestra. En base a lo observado es necesario continuar con el ensayo con distintos periodos de curado y observar dicha variación en cada una de las muestras.

6. AGRADECIMIENTOS

A la empresa Becha por el aporte de las pinturas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] MILLER, T., “Benefit–cost analysis of lane marking”, *Transportation Research Record*, n. 1334, pp. 38-45, 1992.
- [2] BABIC, D., BURGHARDT, T., BABIC, D., “Application and characteristics of waterborne road marking paint”, *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, v. 5, n. 2, pp. 150-169, Jun. 2015.
- [3] FARES, H., SHAHATA, K., ELWAKIL, E., EWEDA, A., ZAYED, T., ABDELRAHMAN, M., BASHÁ, I., “Modelling the performance of pavement marking in cold weather conditions”, *Structure and Infrastructure Engineering*, v. 8, n. 11, pp. 1067-1079, Agosto2010.
- [4] MINISTERIO DE FOMENTO, “*Guía para el proyecto y ejecución de obras de señalización horizontal*”, 1 ed., España, Centro de Publicaciones Secretaria general Técnica Ministerio de Fomento, 2012.
- [5] COVES GARCIA J., “*Análisis de la Visibilidad y la Resistencia al Deslizamiento de las Marcas Viales Retroreflectantes en Carretera Convencional*”, Tesis D.Sc., Universidad de Alicante, España, 2016.
- [6] STUART, Barbara. “*Infrared spectroscopy*”. Kirk - Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 2005.
- [7] NORMA IRAM 1210:1992 “*Pintura de demarcación vial*”; IRAM 1221:1992 “*Pintura reflectante para demarcación de pavimentos*”.
- [8] Norma ASTM D 3910:1998 “*Standard Practices for Design, Testing, and Construction of Slurry Seal*”
- [9] UNE 135203:2010 “*Equipamiento para la señalización vial. Ensayos de abrasión en laboratorio*”, *Parte 1: Determinación de la resistencia a la abrasión mediante el método Taber; Parte 2: Determinación de la resistencia a la abrasión mediante el método de caída de un abrasivo.*

ANEXO 1. ESPECTROSCOPIA INFRARROJA POR TRANSFORMADA DE FOURIER

Se realiza el ensayo de Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) con objeto de identificar y analizar la composición de las pinturas utilizadas en el trabajo. Ésta, es una técnica basada en las vibraciones de los átomos de una molécula. Un espectro infrarrojo se obtiene al pasar la radiación infrarroja a través de una muestra y determinar qué fracción de la radiación incidente se absorbe en una energía particular. La energía en la que aparece cualquier pico en un espectro de absorción corresponde a la frecuencia de una vibración de una parte de una molécula simple. Las bandas del espectro FTIR obtenido son características de determinados grupos funcionales y su estudio permite identificar la especie química de que se trata.

Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier de las muestras

En la Figura A1 se presentan los espectros para las pinturas SLU, ALU, FA01 y FA05.

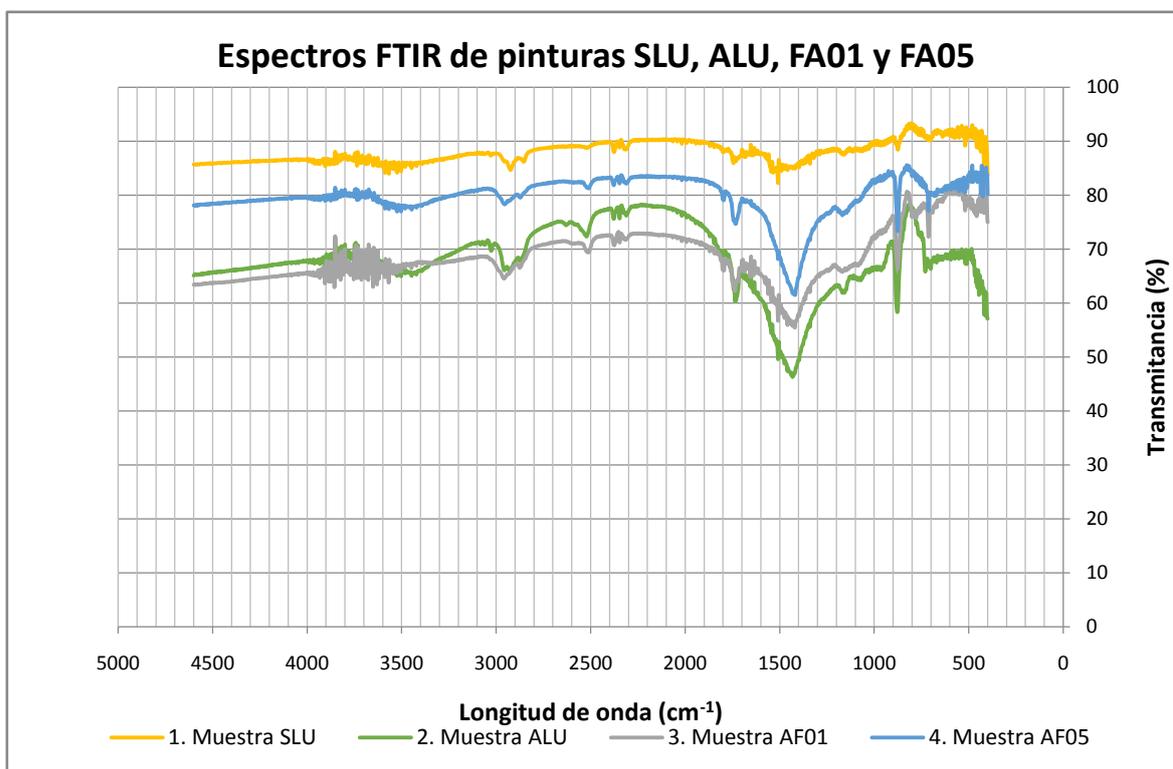


Figura A1. Espectro FTIR de las muestras utilizadas

En esta Figura A1, se observa que las pinturas FA01 y FA05 tienen picos que indican que es una resina acrílica en cambio las pinturas SLU y ALU tienen picos en la zona superior a 3000 cm⁻¹ indicando que tiene estireno en su composición conformando una resina acrílica estirenada.