



FABRICACIÓN DE UNA PINTURA DE SEÑALÉTICA DE TRÁNSITO VEHICULAR A PARTIR DE UNA RESINA PLIOLITE (ESTIRENO ACRÍLICA) CON SISTEMA DE PIGMENTOS NANOPARTICULADOS DE ÓXIDO DE TITANIO (TiO₂), ÓXIDO DE ALUMINIO (Al₂O₃) Y ÓXIDO DE SILICIO (SiO₂)

Alfredo Leal-Chantong^{1*},

Marina C. Alvarado-Aguilar²,

Tony Coloma-Coloma³,

Francisco Naranjo Franco

¹Coordinador del Departamento de Investigador, docente - investigador, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil (UG)

²Docente - investigador, Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Guayaquil (UG),

³Docente - investigador, Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Guayaquil (UG)

Dirección: Guayaquil Ciudadela Universitaria Salvador Allende, (Av. Delta) y Av. Kennedy.
Teléfonos: (04) 228-7072, 228-7258, 222-8695, 228-4505

*alfanleal@hotmail.com.

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Alfredo Leal-Chantong, Marina C. Alvarado-Aguilar, Tony Coloma-Coloma y Francisco Naranjo Franco (2018): "Fabricación de una pintura de señalética de tránsito vehicular a partir de una resina pliolite (estireno acrílica) con sistema de pigmentos nanoparticulados de óxido de titanio (TiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido de silicio (SiO₂).", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (junio 2018). En línea: [//www.eumed.net/rev/caribe/2018/06/fabricacion-pintura-transito.html](http://www.eumed.net/rev/caribe/2018/06/fabricacion-pintura-transito.html)

RESUMEN

Las pinturas usadas en las diferentes señales de tránsito se encuentran expuestas al envejecimiento provocado por la exposición a las diferentes condiciones climáticas evitando que sean visibles o perceptibles para los conductores, Por este motivo en esta investigación se desarrolló una pintura para señalamiento de tráfico, a partir de la combinación de una resina emulsionada acrílica estirenada de segunda generación, con la combinación de pigmentos nanoparticulados de (TiO₂; Al₂O₃; SiO₂) y cargas micronizadas. Para desarrollar la pintura de tráfico se usó una dispersión de pigmentos o Sol Gel con Dióxido de Titanio y Silicato de Aluminio en una proporción en peso de 60:40 y para que se mezclen estos productos íntimamente se utilizó un agente dispersante de alto desempeño (DISPERBYK-2010), además de un agente reductor y formador de complejos como el Vinagre Blanco (ácido Acético diluido). La pintura presentó buena adherencia, dureza, resistencia a la abrasión, humedad, elasticidad.

Palabras clave: Sistema de Pigmentos, Pigmentos nanoparticulados, Resinas, Óxidos, Pinturas de tráfico, Recubrimientos.

MANUFACTURE OF A TRAFFIC SIGNAGE PAINT FROM A PLIOLITE® RESIN (ACRYLIC STYRENE) WITH A NANOPARTICULATE PIGMENT SYSTEM OF TITANIUM OXIDE (TiO₂), ALUMINUM OXIDE (Al₂O₃) AND SILICON OXIDE (SiO₂)

ABSTRACT

In this paper titling, was manufactured a Traffic aqueous Paint, formulated with a second-generation Styrene-Acrylic Binder, fast-dry, methano-free, with a low VOC Arkema (USA), plus the addition of a system dispersion 40% of nanoparticulated pigments (TiO₂-Al₂O₃ SiO₂), and micronized charges, obtained by means of the empirical and experimental method (Sol-gel). For was develop an aqueous dispersion Titanium Dioxide TIKKON TR-33, and a Calcined Kaolin JYCK 95 from Datong, using a gravimetric ratio of (60:40), with a BYK-2010 dispersant, and a (white vinegar) reducing agent in a pedestal drill provided by a stainless-steel disperser, using a rotating speed of (1200-1700) rpm for 1 hour. This dispersion was subjected to a drying temperature of (150-300) °C for 2 hours in an oven and afterwards was subjected to a calcination process at a temperature of 550 ° C in a muffle for two-hour. This system of nanoparticulated pigments were ground with zirconium pearls in wet, to disaggregate their units primaries. With these technological innovations was achieved to improve; the adhesion, hardness, the resistance to abrasion the humidity, the elasticity, the viscosity of the coating of aqueous traffic.

Keywords: Pigment System, Nanoparticulate Pigments, Resins, Oxides, Traffic Paints, Coatings.

1.-INTRODUCCIÓN

Las pinturas o resinas para recubrimiento de las diferentes superficies de metal, madera, plástico entre otros, se han estado utilizando en las últimas décadas para dar protección a las superficies que se encuentran expuestas a los cambios climáticos, sin embargo, en la última década su uso está en constante aumento por los cambios climáticos que se han venido presentando por el calentamiento global.

Los cambios climáticos provocados por el calentamiento global, tormentas solares, daños en la capa de ozono, hacen que las pinturas presenten signos de degradación en sus pigmentos o envejecimiento prematuro para lo cual estas pinturas presentan menor tiempo de vida útil. Por otra parte, El Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (Subsecretaría de Infraestructura del Transporte, 2012), ha solicitado a la Comisión de Tránsito del Ecuador, que sustituya las pinturas de tráfico a bases solventes y pigmentos con contenido de plomo, que son usados para el recubrimiento de las demarcaciones de calles y carretera, con pinturas a base de pigmentos orgánicos y cargas inertes.

Para el desarrollo de pinturas que puedan ser usadas para el señalamiento de tránsito en Ecuador están regularizadas bajo la normativa. (INEM, 2009), (Hernández Enríquez et al., 2008), con controles estrictos y diferentes parámetros establecidos, entre los principales parámetros tenemos: a) Viscosidad a 25°C entre los rangos de 70 – 85 unidades de Krebs o 0.881 – 1070 unidades Pa-s, b) El tiempo de secado al rodamiento no tiene que ser superior a 30 min, c) La adherencia entre 85 – 95 %, d) La resistencia a la abrasión por la caída de arena (25.4 µm) debe de ser menor a 100 µm.

A partir de la necesidad que existe en Ecuador de pinturas que sean amigables con el ambiente a base de pigmentos orgánicos y cargas inertes que puedan ser usadas en la demarcación de calles y carreteras. Por este motivo en el presente proyecto de investigación se desarrolló una pintura de tráfico acuosa libre de solventes y pigmento con plomo, en tamaño de nanopartículas que ofrece una elevada superficie específica y adecuada cristalinidad que mejora la eficiencia en el producto de estudio (Ouzzine, 2014), (G, J, & M, 2012) y que puede resistir a los diferentes factores ambientales cumpliendo con las normativas establecidas por INEN con la característica de ser amigable con el ambiente.

2.- PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Materiales y métodos

Para desarrollar la pintura de tráfico es necesario obtener una dispersión de pigmentos o Sol gel con dióxido de titanio y silicato de aluminio en una proporción en peso de 60:40.

2.2 Elaboración de sol-gel (c-1)

2.1.1. Estudios Científicos

El NP – TiO₂ (nanopartículas de dióxido de titanio) tiene gran importancia en los procesos tecnológicos y puede ser aplicado en diversos procesos industriales. Se han realizado diferentes métodos de obtención de NP – TiO₂. (Hernández Enríquez et al., 2008), presenta el método de síntesis de óxidos de titanio (TiO₂) a partir de la precipitación del tetracloruro de titanio (TiCl₄) con hidróxido de amonio (NH₄OH). En otro estudio se sintetiza NP – TiO₂ aplicando el método hidrotermal, que ofrece obtener varios tamaños de partículas (Flores Arroyo, 2015), (Mosquera, Rosas, Debut, & Guerrero, 2015), (Lucia, Cardona, Didier, & Ávila, 2010) muestra la sintetizaron nanopartículas de TiO₂ en fase anatasa mediante el método de sol-gel, utilizando oxisulfato de titanio como precursor. En base a los resultados de las referencias científicas consultadas, se orienta este trabajo a la síntesis de NP- TiO₂ en sol gel.

La inclusión de nanopartículas en las pinturas acuosas se ha logrado un avance tecnológico, ya que actualmente 68 tipos de nanopartículas se aplican a estos prototipos de pinturas, debido a la acción superficial iónica de la nano parte se ha logrado obtener mayor resistencia y flexibilidad de las pinturas más tiempo de vida al envejecimiento por acción fotoluminosa y lluviosa, mayor capacidad del control microbiano en especial a las esporas de hongos presentes en interiores de edificios que se fundamenta en una buena interacción. Por lo tanto, se destacan los siguientes componentes: de óxido de titanio (TiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido de silicio (SiO₂). (Carboninspired, n.d.), (Aragon Huarca, 2014). Trabajos con nano compuestos de sílice de metal noble derivados de sol-gel que son muy útiles y han adquirido mucho más interés en la investigación y aplicación en muchas experimentaciones. (Zhijun Ma, Yuwei Jiang, Huisi Xiao, Bofan Jiang, Hao Zhang, Mingying Peng, Guoping Dong, Xiang Yuc, 2017), (Rodríguez et al., 2011) Debido a que su costo es bajo, tiene mayor conductividad y estabilidad química.

En este trabajo se utiliza los nanos compuestos de sílice de metal noble derivados de sol-gel que son muy útiles y han adquirido mucho más interés en la investigación y aplicación en muchas experimentaciones. (Zhijun Ma, Yuwei Jiang, Huisi Xiao, Bofan Jiang, Hao Zhang, Mingying Peng, Guoping Dong, Xiang Yuc, 2017), (Silvia Maioco, Claudia Vera, Natan Rajchenberg, 2013), debido a que su costo es bajo, tiene mayor conductividad y estabilidad química. (Alonso, 2013).

El Sol gel se elaboró disolviendo 1.3 g de bactericida IPEL BP-503, 21.45 g de propilen glicol, 45 g de dispersante BYK-2010. (Data, 2014) Para evitar la formación de espuma en la mezcla se adiciono 4.3 g de BYK-022 (Data, 2012), por otra parte, se adiciono como agente reductor 4.3 g de vinagre blanco. Por último, se adiciono 180.05 gr de dióxido de titanio TIKKON TR-33 (Pacific, n.d.) y 120 g de caolín calcinado JYCK 95 (COATING, 2012) (silicato de aluminio) en agitación constante a 350 rpm hasta que la solución este homogénea (Fig. 1, Tabla 1). Se pre-dispensa por 30 min la solución Sol-Gel para luego ponerla en agitación constante a 1500 rpm durante 1 h, hasta lograr 7.0 NS mediante un grindómetro, dejando dispersar. Al término de la dispersión se adiciono 2.15 g de espesante celulósico bermocoll (BERMOCOLL, n.d.) EBM-5500 de Akzo Nobel en agitación constante hasta su disolución completa. Para ayudar a la activación del espesante reológico, se incorporó 2.75 g de Disacoat ALK-300 (DISACOAT ALK 300, 2016) a la solución Sol-Gel para luego ser almacenada a 25°C y su posterior caracterización (Fig. 1, Tabla 1).

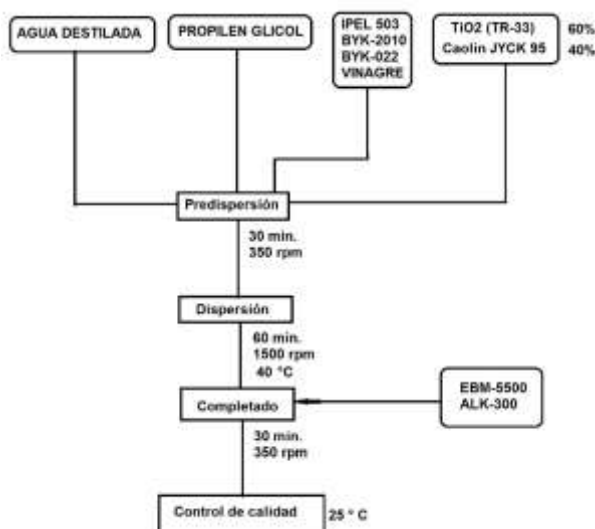


Figura 1. Diagrama del proceso de fabricación de la Sol-Gel (C-1)

Tabla 1. Formulación del concentrado Sol-Gel (C-1)

<i>Materia Prima</i>	<i>No</i>	<i>Peso (g)</i>	<i>%</i>	<i>% Sol/peso</i>
Agua Destilada	1	118,7	23,74	
IPEL BP-503	2	1,30	0,26	
Propilen GLYCOL	3	21,45	4,29	
DISPERBYK 2010	4	45,00	9,00	3,60
Antiespumante Byk-022	6	4,30	0,86	0,86
Vinagre Blanco	7	4,30	0,86	0,86
Dioxido de Titanio TR-33	8	180,05	36,01	36,01
Caolin Calcinado JYCK 95	9	120,00	24,00	24,00
BERMOCOLL EBM -5500	10	2,15	0,43	0,43
DISACOAT ALK-300	11	2,75	0,55	0,55
Total		500,0	100,0	66,31

2.3 Caracterización del Sol-Gel, secado y calcinado para la obtención de nanopartículas.

El Sol-Gel almacenada a 25°C se analizó las características de apariencia, viscosidad, color, HEGMAN, pH, sedimentación, peso por galón, S.G (grado de viscosidad).

Luego de caracterizar la Sol-Gel se realizó el proceso de secado en una estufa eléctrica poniendo 400.06 g de Sol-Gel a 150 °C por 1 hora, posteriormente fue sometido a 300 °C por 1 h para eliminar los compuestos volátiles presentes en el gel, después del proceso de secado se dejó reposar a 25 °C. Los residuos sólidos del proceso de secado fueron sometidos a la calcinación en la mufla a 550 °C durante 2 h, para eliminar toda la materia orgánica y obtener la cristalización del sistema nanoparticulado (Fig. 2).

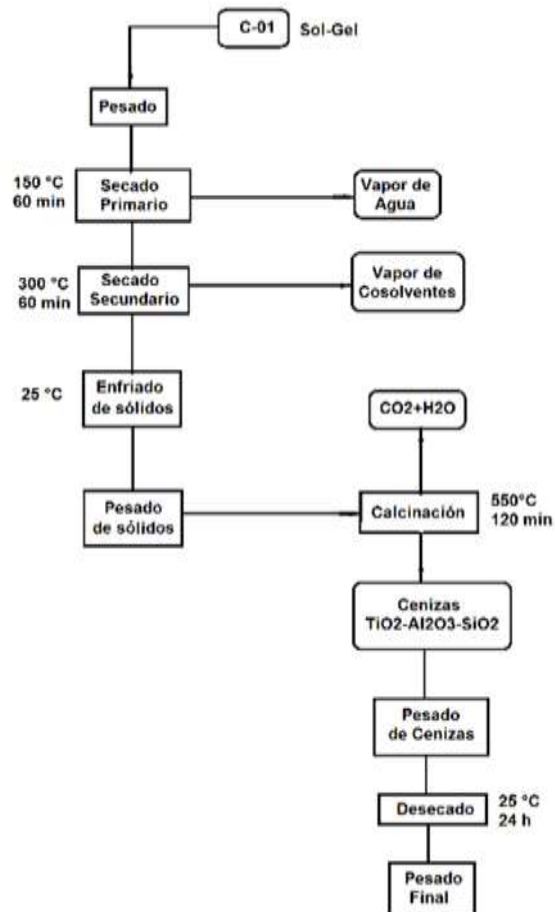


Figura 2. Diagrama del proceso de secado y calcinado de Sol-Gel (C-1)

2.4.- Elaboración y caracterización del concentrado acuoso de nanopartículas TiO_2 ; Al_2O_3 ; SiO_2 (C-2).

A partir de las cenizas obtenidas del Sol-Gel se procedió a elaborar el concentrado acuoso, para esto se disolvió en 155.73 g de agua destilada 0.87 g de bactericida IPEL BP-503, 14.50 g del dispersante Kemecal, 2.90 g de antiespumante siliconado BYK-022 a agitación constante de 350 rpm. Una vez homogenizada la mezcla se adiciono 116 g de las cenizas del sistema nanoparticulado (Sol-Gel) en agitación constante de 350 rpm, una vez mezclado se dejó dispensar por 30 minutos. Posteriormente se adiciono 300 g de perlas de circonio, en el sistema de molienda en húmedo a una velocidad de 800 rpm por 4 h. Por último, se filtró la mezcla y se dejó enfriar a temperatura ambiente para medir los parámetros característicos (Fig. 3, Tabla 2).

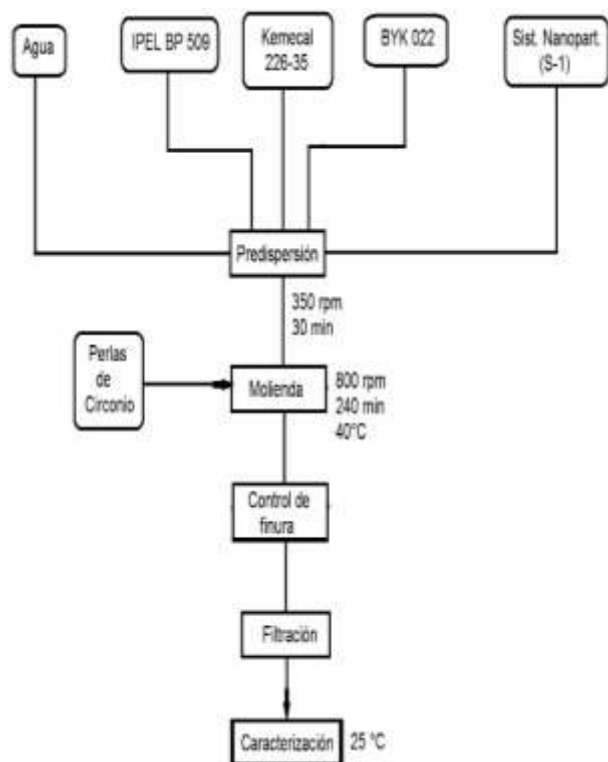


Figura 3. Diagrama del proceso de fabricación del concentrado acuoso de nanopartículas (C-2)

Tabla 2. Formulación del concentrado acuoso del sistema nanoparticulado.

<i>Materia Prima</i>	<i>No.</i>	<i>Peso (g)</i>	<i>%</i>	<i>% Sol</i>
Agua	1	155,73	53,70	
IPEL BP-503	2	0,87	0,30	
Kemecal	3	14,50	5,00	1,75
Antiespumante byk-022	4	2,90	1,00	1,00
Sistema nano (tio2-al2o3-sio2)	5	116,00	40,00	40,00
Total		290,00	100,00	42,75

Fuente: A. Leal, M. Alvarado

2.5. Elaboración de pintura de tráfico acuosa

Para elaborar la pintura de tráfico acuosa se mezcló 160 g de resina Encort DT-250 (BACTERICIDA, 2012) con 1.5 g de bactericida IPEL 503 (BACTERICIDA, 2012) a agitación de 350 – 500 rpm. Luego se adiciono 0.7 g de antiespumante siliconado BYK-022 (Data, 2012), 2.5 g de dispersante KEMECAL 226-35 (Data, 2014) una vez disuelto el antiespumante y el dispersante se adiciono 84.25 g del sistema concentrado nanoparticulado (C-2), 30 g de dióxido de titanio Tikkon TR-33 (Pacific, n.d.) y 211.5 g de OMYACARB 5 (Carbonate, n.d.), luego de la incorporación de todos los ingredientes se aseguró el envase para aumentar la velocidad del agitar a 1500 – 1700 rpm durante 30 min. Luego de concluir la agitación se añadió 7 g de Texanol (Sheet, 2017) 1.05 g de antiespumante BYK-022(Data, 2012) y 1.5 g de alcalinizante ALK-300(DISACOAT ALK 300, 2016) de Disamtex (DISACOAT ALK 300, 2016) en agitación de 350 rpm durante 10 min, después del tiempo de agitación se dejó enfriar a 25 °C para realizar los análisis de control de calidad (Fig. 4, Tabla 3).

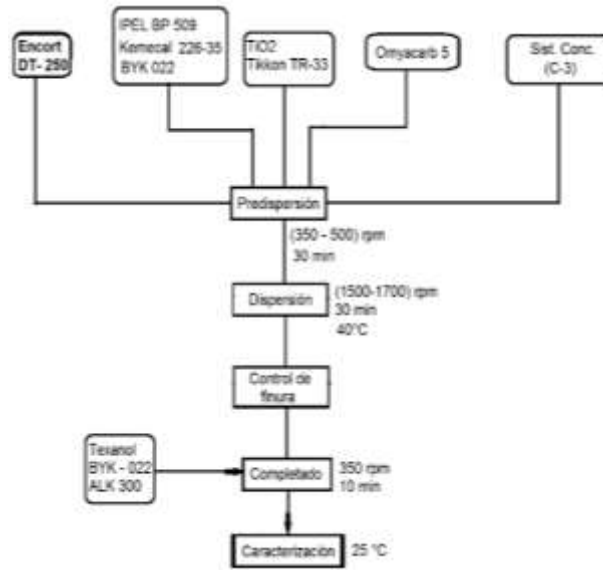


Figura 4. Diagrama del proceso de fabricación de una pintura de tráfico acuosa.

Tabla 3. Formulación de la pintura de tráfico acuosa blanca.

<i>Materia prima</i>	<i>no.</i>	<i>peso (g)</i>	<i>%</i>	<i>% sol.</i>	<i>d (kg/g)</i>	<i>v(g)</i>
ENCORT DT-250	1	160,00	32,00	16,00	3,63	44,08
IPEL BP-503	2	1,50	0,30		4,01	0,37
Antiespumante BYK 022	3	0,70	0,14	0,14	3,57	0,20
KEMECAL 226-35	4	2,50	0,50	0,18	4,66	0,54
Concentrado de (C-3) (TiO ₂ -Al ₂ O ₃ -SiO ₂)	5	84,25	16,85	7,25	5,36	15,72
TIKKON TR-33	6	30,00	6,00	6,00	15,27	1,96
OMYACARB 5	7	211,50	42,30	42,30	10,08	20,98
Texanol	8	7,00	1,40		3,53	1,98
Antiespumante BYK 022	9	1,05	0,21	0,21	3,57	0,29
ALK-300 (DISAMTEX)	10	1,50	0,30	0,30	3,31	0,45
Total		500,00	100,00	72,38		86,58

Fuente: T. Coloma, F. Naranjo

3.- RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1.- Figuras y Tablas

3.2 Resultados y Discusión

3.2.1.-Secado y calcinado del Sol-Gel

El Sol-Gel al ser secado a 150 °C durante 1 h presento perdida de agua de 2.4 % teniendo un peso de 390.33 g, sin embargo, al someter el Sol-Gel a 300°C durante 1 h se observó que la perdida de humedad

aumento presentando 66 % del Sol-Gel, en ambos procesos de secado se observó que el Sol-Gel presento una coloración cremosa (Tabla 4). Por último, al someter el Sol-Gel seco al proceso calcinado se obtuvo 174.26 g (43.6%) de 400-05 de Sol-Gel inicial con color Blanco mostrando una buena calcinación del material (Tabla 4).

Tabla 4. Secado y calcinado de la Sol-Gel.

		Peso (g)	400,05
<i>Sol-Gel (C-1) inicial</i>		<i>color</i>	<i>Blanco</i>
Secado	150 °C - 1h	Peso (g)	390,33 (97,6 %)
		color	Crema
Secado	300 °C - 1h	Peso (g)	264,04 (66,0 %)
		color	Crema
Calcinado	550 °C - 2h	Peso (g)	174,26 (43,6 %)
		color	Blanco

Fuente: T. Coloma, F. Naranjo

3.2.2.-Caracterización del Sol-Gel y el concentrado acuoso de nanopartículas TiO_2 ; Al_2O_3 ; SiO_2 (C-2)

El Sol-Gel presenta apariencia viscosa con valor de viscosidad de 32690 con color blanco y un pH alcalino de 9.74 (Tabla 5). Por otra parte, el concentrado acuoso de nanopartículas presenta apariencia líquida con viscosidad de 24 con color cremoso y un pH alcalino de 8.56 (Tabla 5).

Tabla 5.

concentrado Sol-Gel de nanopartículas.

<i>Parámetros de Caracterización</i>	<i>Sol-Gel (C-1)</i>	<i>Concentrado Acuoso (C-2)</i>
Apariencia	viscosa	líquida
Viscosidad, (cp)	3.269	24
Color	blanco	cremoso
Hegman (ns)	7,5	8
Tamaño de partícula (um)		0,1
pH	9,74	8,56
Sedimentación	ninguno	ligera
Peso por galón (kg/gal)	6,74	5,36
s.g. (grado de viscosidad)	1,78	1,42

Caracterización del y concentrado acuoso

Fuente: T. Coloma, F. Naranjo

3.2.3.-Caracterización de pintura de tráfico acuosa

Las características de la pintura de tráfico acuosa desarrollada en la presente investigación cumple con los criterios establecido en la norma (INEM, 2009). El índice de viscosidad de la pintura acuosa se encuentra dentro de los rangos establecidos presentando 630 en unidades de Pa-s y 71 en las unidades de Krebs, por otra parte, en el parámetro de tiempo de secado al rodamiento, la pintura se seca a los 19 minutos estando dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 1042:2009. ("Kronos ® 2300," n.d.). Uno de

los parámetros determinantes es la adherencia de la pintura la cual se debe de ser 85-95 %, en el caso de la pintura desarrollada en la presente investigación se determinó que la adherencia es de 99 %. Finalmente, la resistencia a la abrasión en la pintura de tráfico acuosa fue de superior a la observada en la STD (estándar) (Tabla 6).

Tabla 6. pintura acuosa y STD	<i>Parámetros</i>	<i>STD</i>	<i>Pintura acuosa</i>	Características de la (estándar)
	Apariencia	viscosa	fluida	
	Viscosidad (cp)	5160	630	
	Viscosidad (Krebs)	112,8	71	
	Hegman (NS)	4,5	7,0	
	Color	blanco	blanco	
	pH	12,60	10,47	
	Sedimentación	no hay	no hay	
	Cubrimiento	STD	Lig > STD	
	Peso por galón (Kg/gal) US	6,06	6,06	
	Gravedad específica	1,61	1,60	
	Dureza	STD	> A STD	
	Adherencia	97%	99%	
	Flexibilidad	STD	= A STD	
	Lavabilidad o abrasión húmeda	STD	>STD	
	Tiempo de secado (min)	20	19	

Fuente: T. Coloma, F. Naranjo

4.- CONCLUSIONES

La pintura de tráfico acuosa presento mejores características que la pintura estándar, que se utiliza normalmente, obteniendo un pH estable, sus propiedades físicas presentan mayor elasticidad, resistencia y adherencia lo cual se obtiene un mayor tiempo de vida útil comparado con las pinturas estándares que se deterioran más rápidamente.

El método más viable para la obtención de materiales cerámicos manométricos fue la del proceso Sol-Gel (Calcinación). Usando el vinagre blanco.

La temperatura de calcinación de 550 °C en la mufla, en conjunto con la adición del vinagre blanco (ácido Acético diluido), y la molienda con perlas de circonio en húmedo fueron los factores fundamentales para la obtención de las nano partículas.

5.- REFERENCIAS

- Alonso, J. V. (2013). PINTURAS , BARNICES y AFINES : Composición , Formulación y Caracterización, 43.
- Aragon Huarca, R. N. (2014). Evaluación técnica del dióxido de titanio para el uso de pinturas y recubrimientos. *Ingeniería Química*.
- BACTERICIDA. (2012). Bactericida.
- BERMOCOLL. (n.d.). BERMOCOLL® EBM 5500.
- Carbonate, C. (n.d.). OMYACARB® 520 - FL Calcium Carbonate.
- Carboninspired. (n.d.). *Las nanopartículas revolucionan el mundo de las pinturas*.

- COATING, C. K. F. (2012). GB-CK95.
- Data, P. (2012). Byk-022, (10).
- Data, P. (2014). Disperbyk-2010, (2).
- DISACOAT ALK 300. (2016). DISACOAT ALK 300 / EX.
- Flores Arroyo, S. (2015). Síntesis de nanopartículas de óxido de titanio por método hidrotermal.
- G, O. M., J, C. G., & M, G. L. (2012). Synthesis of titanium oxide nanoparticles by plasma. *Superficies Y Vacío*, 25(1), 56–59.
- Hernández Enríquez, J. M., García Serrano, L. A., Zeifert Soares, B. H., García Alamilla, R., Zermeño Resendiz, B. B., Del Angel Sánchez, T., & Cueto Hernández, A. (2008). Síntesis y Caracterización de Nanopartículas de N-TiO₂ – Anatasa. *Superficies Y Vacío*, 21(4), 1–5.
- INEM. (2009). *NTE INEN 1042: Pinturas para señalamiento de tráfico. Requisitos* (Vol. 2506). Quito.
- Kronos ® 2300. (n.d.).
- Lucia, G., Cardona, O., Didier, A., & Ávila, P. (2010). Síntesis y Caracterización de películas nanoporosas de Al₂O₃. *Superficies Y Vacío*, 23(2), 1–5.
- Mosquera, E., Rosas, N., Debut, A., & Guerrero, V. H. (2015). Síntesis y caracterización de nanopartículas de dióxido de titanio obtenidas por el método de sol-gel. *Revista Politécnica*, 36(3), 7.
- Ouzzine, M. (2014). Nanopartículas de TiO₂ para la oxidación fotocatalítica de propeno en fase gas a baja concentración., 193.
- Pacific, A. (n.d.). Description : TiKON TR-33.
- Rodríguez, J., Vargas, M., Mosquera, P., Camargo, R., Ortigón, Y., & Ochoa, Y. (2011). Nanopartículas de tio₂, fase anatasa, sintetizadas por métodos químicos. *Ingeniería Y Desarrollo*, 29(2), 186–201.
- Sheet, S. D. (2017). Eastman Texanol (TM) Ester Alcohol Eastman Texanol (TM) Ester Alcohol, 1–10.
- Silvia Maioco, Claudia Vera, Natan Rajchenberg, R. A. (2013). Síntesis de óxidos conductores transparentes de óxido de zinc dopado con aluminio por coprecipitación química. *Avances En Ciencias E Ingeniería*, 4(4), 7–13.
- Subsecretaría de Infraestructura del Transporte. (2012). *NEVI-12-MTOP. Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador* (Vol. Volumen 2A). Quito.
- Zhijun Ma, Yuwei Jiang, Huisi Xiao, Bofan Jiang, Hao Zhang, Mingying Peng, Guoping Dong, Xiang Yuc, J. Y. (2017). Sol-gel preparation of Ag-silica nanocomposite with high electrical conductivity. *Elsevier*, 436. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.12.101>