



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**Bases de diseño para la fabricación de
un antiespumante con bajos VOC para
recubrimientos**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

P R E S E N T A:

CARLOS ENRIQUE COLINDRES SÁENZ

ASESORA:

I.Q. MARÍA ELENA QUIROZ MACÍAS

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U.N.A.M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis**

Bases de diseño para la fabricación de un antiespumante con bajos VOC para recubrimientos

Que presenta el pasante: **Carlos Enrique Colindres Sáenz**

Con número de cuenta: **308176405** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería Química**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de Agosto de 2019.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.Q. Carlos Orozco Hernández	
VOCAL	I.Q. María Elena Quiroz Macías	
SECRETARIO	M.C. Ana María Soto Bautista	
1er. SUPLENTE	M.E. María Teresa Ylizaliturri Gómez Palacio	
2do. SUPLENTE	I.Q. Guillermo Martínez Morua	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

“Saber que sabemos lo que sabemos
y saber que no sabemos lo que no sabemos,
ese es el verdadero conocimiento.”

Nicolás Copérnico

AGRADECIMIENTOS

“Desde los sueños pendientes y los fracasos cumplidos,
la memoria y el olvido dan fe de vida.”

Joan Manuel Serrat

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por haberme abierto sus puertas y darme la oportunidad de estudiar esta hermosa carrera; gracias también a los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos y su apoyo día con día.

Agradezco a mi asesora de tesis la I.Q. María Elena Quiroz Macías por haber aceptado dirigir este trabajo, por su disponibilidad y paciencia para guiarme.

A mis sinodales I.Q. Carlos Orozco, M.C. Ana María Soto, I.Q. Guillermo Martínez y M.E. María Teresa Ylizaliturri por sus observaciones y su valioso tiempo.

A mis padres Pedro Colindres González y Laura Sáenz Valle a quienes dedico mis logros y en especial este, por brindarme su apoyo y dirigirse siempre con amor y dedicación.

A mis hermanos Edgar Alberto Colindres Sáenz y Pedro Erick Colindres Sáenz por ser parte de mi vida, por permitirme aprender de ella a su lado y por todas las emociones en este proceso.

Agradezco a mi colega y amigo Edgar Ríos Santana por el tiempo invertido y su ayuda desinteresada, por darme una mano cuando siempre la necesité y por su considerable aportación a esta tesis. Te agradezco no solo por tu apoyo, sino por todos los buenos momentos.

A mi también colega Jonathan Manuel Roque Galván por su invaluable ayuda durante todos estos años, por ofrecer siempre lo mejor de ti, gracias por los esfuerzos y por mantener siempre viva la amistad.

Carlos Enrique Colindres Sáenz

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	III
OBJETIVOS.....	VI
Capítulo 1. Recubrimientos.....	1
1.1 Definición.....	1
1.2 Clasificación.....	3
1.3 Concentración de pigmentos en volumen (PVC).....	4
1.4 Métodos de aplicación.....	6
Capítulo 2. Aditivos.....	8
2.1 Definiciones.....	8
2.2 Clasificación.....	9
2.2.1 Agentes espesantes.....	9
2.2.2 Aditivos humectantes.....	12
2.2.3 Aditivos dispersantes.....	12
2.2.4 Aditivos antiespumantes.....	13
2.2.5 Aditivos promotores de adherencia.....	14
2.2.6 Modificadores de superficie.....	15
2.2.7 Agentes nivelantes.....	16
2.2.8 Aditivos con actividad catalítica.....	17
2.2.9 Aditivos especiales.....	18
Capítulo 3. Antiespumantes.....	19
3.1 Espuma en pinturas.....	19
3.2 Control de espuma.....	21
3.3 Formulación de antiespumantes.....	24
3.4 Métodos de medición de espuma y desespumado.....	28
Capítulo 4. Aspectos regulatorios.....	30
4.1 Compuestos orgánicos volátiles (VOC).....	30
4.1.1 Clasificación de los disolventes.....	31
4.1.2 Contaminación y riesgos a la salud por uso de VOC.....	32

4.2 Compuestos Alquilfenol Etoxilados (APEO).....	33
4.2.1 Contaminación y riesgos a la salud por uso de APEO.....	34
4.3 Regulación de VOC y APEO en el mundo.....	34
4.4 Regulación en México	36
4.4.1 Normatividad sobre el impacto ambiental de pinturas y recubrimientos.....	37
4.4.2 Normatividad especificaciones y métodos de prueba pinturas y recubrimientos	38
4.4.3 Normatividad de pinturas y recubrimientos en la industria de la construcción: especificaciones y métodos de prueba	40
Capítulo 5. Bases de diseño y propuesta de formulación.....	42
5.1 Criterios de selección de componentes del antiespumante	42
5.1.1 Antiespumantes 100% activos y en emulsión.....	42
5.1.2 Antiespumantes orgánicos o de silicona	44
5.2 Especificación de materias primas.....	46
5.3 Proveedores.....	50
5.4 Especificación del producto final.....	51
5.5 Métodos de prueba.....	52
CONCLUSIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	61
Anexo 1. Catálogos de aceites minerales.....	61
Anexo 2. Catálogos de biocidas.....	65
Anexo 3. Catálogos de ceras	68
Anexo 4. Catálogos de dispersantes	70
Anexo 5. Catálogos de fluidos de silicona.....	72
Anexo 6. Catálogo de espesantes.....	75

INTRODUCCIÓN

La industria de pinturas y recubrimientos en México es una de las ramas más productivas, versátiles y tecnificadas del país. Esta industria engloba la fabricación de pinturas, barnices, lacas, selladores, esmaltes, impermeabilizantes, tintas y otros recubrimientos.

De acuerdo con datos de la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas AC (ANAFAPYT), México es el segundo mayor productor de pintura en Latinoamérica después de Brasil. En 2015 produjo 930 millones de litros de los distintos recubrimientos, en tanto que el valor del mercado de este sector es de aproximadamente 48 mil millones de pesos.

Las expectativas para esta industria son favorables. De acuerdo al estudio “Un perfil de la industria mexicana de pinturas”, el consumo total de pinturas y recubrimientos en México llegó a 870 mil toneladas métricas en 2013 y está previsto que aumente a más de 1 287 000 toneladas métricas para 2018. Esto equivale a una tasa de crecimiento anual promedio de 2.9% (ANAFAPYT, 2017).

Los principales componentes de las pinturas y recubrimientos son:

- Aglutinantes
- Pigmentos y cargas
- Disolventes
- Aditivos

El aglutinante determina la mayoría de las propiedades primarias de la película de pintura seca, tales como adherencia, diversas propiedades ópticas y mecánicas, así como la resistencia frente a condiciones de exposición específicas (Giudice y Pereyra, 2009).

Los otros componentes sólidos de la pintura, tales como los pigmentos y las cargas, se fijan en la matriz aglutinante. La selección del pigmento determina no sólo el color, sino que también es responsable de otras propiedades tales como la opacidad y la resistencia de la pintura a la corrosión. La principal contribución de los extendedores o cargas es reducir los costos de materia prima de la formulación de pintura, aunque también tienen influencia en otras propiedades de la pintura (Alonso, 2016).

El papel del disolvente o diluyente es permitir el procesamiento de los componentes sólidos o altamente viscosos de la pintura durante la fabricación, la aplicación y la formación de película.

Por último, los aditivos son componentes auxiliares que se utilizan en la formulación de recubrimientos y se añaden típicamente en pequeñas cantidades para conseguir ciertas propiedades deseadas durante la producción, almacenamiento, aplicación o exposición del recubrimiento. Aunque los aditivos constituyen una pequeña proporción de formulaciones de las pinturas, se calcula que su consumo total en México es superior a 64 mil toneladas métricas anuales (ANAFAPYT, 2017).

Hay una gran variedad de aditivos y se clasifican según su función en: agentes espesantes, humectantes, dispersantes y antiespumantes, promotores de adherencia, modificadores de superficie, aditivos catalíticamente activos, aditivos de efectos especiales, etc. (Bieleman, 2000).

Durante la producción y aplicación de las pinturas, la aparición de espuma es un efecto secundario indeseado que provoca el aumento del tiempo de producción y mayores costos. La espuma se forma al quedar atrapadas burbujas de aire producidas durante las diversas fases de la fabricación y el uso de la pintura como el bombeo, la agitación, la dispersión y la aplicación.

Si las burbujas estallan durante el secado de la película de pintura, la espuma conduce a defectos de superficie no deseados en los materiales de pintura acuosos, tales como cráteres o agujeros de alfiler. Aunque la tendencia a la estabilización de la espuma puede ser limitada durante la formulación a través de una selección de componentes adecuados, la única manera realmente efectiva de evitar tales defectos es la adición de agentes antiespumantes y agentes inhibidores en la formulación (Garret, 2013).

Actualmente, el mercado de recubrimientos exige que el antiespumante añadido tenga las siguientes propiedades (Calvo, 2009):

- Libre de disolventes.
- Libre de emulsificantes alquil fenol etoxilados (APEO).
- Adecuado para el espumado previo y posterior.
- Efectividad incluso en cantidades de aplicación mínimas.
- Aplicación sin fallos incluso en sistemas complejos.
- Evite la formación de microespuma y macroespuma.

Durante la fabricación de pinturas de secado al aire para uso doméstico, se usan diferentes materias primas que contienen compuestos orgánicos volátiles (VOC, por sus siglas en inglés), los cuales se evaporan durante la aplicación y sufren reacciones fotoquímicas atmosféricas que afectan al ambiente y la salud de las personas, por lo que es necesario

establecer límites máximos permisibles de esos componentes, regulados por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente con el fin de prevenir y controlar la contaminación ambiental de carácter obligatorio para los fabricantes e importadores de pinturas.

En el presente trabajo de tesis se establecerán las bases de diseño para producir un antiespumante competitivo con bajo contenido de VOC que permita cumplir con la normatividad vigente, para lo cual se recolectó información bibliográfica sobre la formulación de recubrimientos y los aditivos más utilizados en ellos, así como sus regulaciones técnicas y económicas para proponer un producto final de calidad.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Establecer las bases de diseño para el desarrollo de un antiespumante con bajo contenido en Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC), bajo costo y de fabricación nacional.

Objetivos particulares

- Identificar las variables críticas para el desarrollo de una formulación tentativa de un antiespumante de bajo costo.
- Proponer una formulación de arranque para un antiespumante de alto desempeño en sistemas base agua.

Capítulo 1. Recubrimientos

Cuando abrimos los ojos lo primero que vemos es pintura. Desde la cama, el techo, los muebles y otros objetos están pintados. En la cocina, el refrigerador, el lavavajillas, la lavadora, la escalera, las barandillas y las paredes. Salimos a la calle y observamos coches, autobuses, farolas, rótulos, las líneas de la carretera, etc. La industria de las pinturas y recubrimientos es una de las ramas industriales más importantes en México y en el mundo, ha estado en continuo desarrollo para mejorar las propiedades de las pinturas y para disminuir el impacto ambiental durante su fabricación y aplicación.

1.1 Definición

Se puede definir un recubrimiento líquido como “una mezcla heterogénea de componentes que, una vez aplicada y seca, se transforma en una película continua de espesor más o menos uniforme, sin pegajosidad al tacto y con las características para la que ha sido diseñada” (Alonso, 2016). Los componentes de la pintura varían en gran medida según su función, del tipo de acabado que se requiera y de las condiciones de aplicación y secado.

Los recubrimientos son materiales que, al momento de ser aplicados sobre una superficie embellecen y protegen al impedir que elementos extraños entren en contacto con la misma. Cuando se aplican se encuentran en estado líquido, para luego transformarse en películas sólidas y continuas. Los recubrimientos incluyen pinturas, barnices y lacas, que pueden ser aplicados tanto a unidades o equipos móviles como a superficies estacionarias (Giudice y Pereyra, 2009).

Los principales componentes de los que se encuentran hechos los recubrimientos son:

- **Ligante o resina:** son productos cuya misión es mantener unidas las partículas sólidas, pigmentos y cargas, una vez que esté seca la pintura. Las resinas confieren a las pinturas las propiedades que definen a los diferentes tipos de productos según su resistencia química, dureza, elasticidad, adherencia, viscosidad, secado, etc. Pueden ser acrílica, vinílica, poliéster, poliuretano, epoxi, etc. El formador de película debe necesariamente encontrarse en estado líquido al aplicar el recubrimiento y ello se logra agregando un elemento solvente; el conjunto resina-disolvente se denomina “vehículo” (Müller y Poth, 2011).
- **Cargas, extendedores o fillers:** son elementos, generalmente de naturaleza inorgánica, que son opacos cuando están secos pero se vuelven traslúcidos cuando son humedecidos. Estos componentes aportan cuerpo, materia sólida, además de

proporcionar espesor de capa, opacidad, viscosidad y propiedades reológicas a la pintura. Otra cuestión importante son los índices de refracción de la carga y la resina utilizada: cuanto mayor sea la diferencia entre ambos índices, mayor es el poder cubriente de la carga (Alonso, 2016).

Cabe distinguir entre cargas propiamente dichas y los extendedores (*extenders*): las primeras aportan materia sólida a la pintura mientras que los segundos mejoran el rendimiento de los pigmentos cubrientes. Además, las cargas son en general de geometría esférica, mientras que los *extenders* son de estructura laminar (Calvo, 2009).

- Pigmentos: son compuestos orgánicos e inorgánicos cuya función es proporcionar a la pintura color y poder cubriente. Los pigmentos son opacos tanto en seco como en húmedo. Un pigmento muy empleado es el dióxido de titanio de gran poder cubriente y alta solidez a la degradación ambiental en comparación con otros pigmentos blancos históricamente empleados (Forrest, 2009).
- Disolventes: se utilizan para solubilizar las resinas y regular la velocidad de evaporación. La utilización de disolventes que no disuelven al ligante es frecuente en la formulación de pinturas y se les denomina *co-solvente*. Las dos características más importantes de los disolventes son su poder solvente (índice Kauri-Butanol) y velocidad de evaporación (curva de evaporación) (Flick, 1999).

Los disolventes más comunes suelen ser el agua, alcoholes, cetonas, ésteres, aromáticos y otros productos de naturaleza orgánica que proporcionan a la pintura manejabilidad y aplicabilidad, además de variar sus propiedades como son viscosidad, consistencia, tiempos de secado, etc.

- Aditivos: son productos que se dosifican en pequeñas cantidades para facilitar el proceso de fabricación de la pintura, brindar propiedades concretas a la película de pintura seca, crear las condiciones adecuadas para que el secado se produzca de forma correcta y para estabilizar la pintura en el periodo de almacenamiento. Hay una gran variedad de aditivos y se clasifican según su función en (Alonso, 2016):
 - Agentes espesantes, que se utilizan para conseguir una consistencia determinada.
 - Agentes humectantes y dispersantes, cuya función es facilitar el mojado de pigmentos y cargas para su posterior dispersión y estabilización.
 - Agentes antiespumantes, para la eliminación de espuma.
 - Promotores de adhesión, que facilitan la unión sustrato-película.

- Modificadores de superficie, para la eliminación de defectos superficiales.
- Aditivos catalíticamente activos, secantes y catalizadores.
- Aditivos de efectos especiales, texturizado, sedosidad o efecto martillado.

Finalmente, el sustrato es la superficie sobre la cual se aplican los recubrimientos para controlar su deterioro y tiene una influencia directa sobre la vida útil del recubrimiento según sus propiedades mecánicas, físicas y químicas. Entre ellos podemos mencionar el acero, hormigón, revoques y ladrillos, aluminio, acero galvanizado, madera, etc.

1.2 Clasificación

Las pinturas se pueden clasificar de diversas formas en función de la aplicación a la que van a ser destinadas.

- **Pintura Industrial:** se trata de pinturas de naturaleza muy variada que se deben aplicar en condiciones específicas según la instalación, ya sea por su tipo de aplicación y secado, así como por las características finales que se exijan. Dentro de este campo pueden citarse como ejemplos el pintado de envases, de electrodomésticos, el *coil coating* o pintado de bandas metálicas en continuo, etc. (Calvo, 2009).
- **Pinturas arquitectónicas:** producto utilizado para tapar el poro del sustrato y proporcionar una superficie de absorción uniforme.
- **Pinturas epóxicas:** son productos de dos componentes que deben mezclarse antes de su uso; según el curante que se use, la película puede ser más o menos resistente al agua, a la temperatura, a los álcalis y ácido, a los solventes, abrasión, etc.
- **Pinturas de Poliuretano:** excelentes cualidades de resistencia química y a la abrasión, además de alto brillo. Se usan en todas aquellas aplicaciones donde se requiere resistencia y estética.
- **Pinturas en emulsión:** en este grupo la resina se encuentra emulsionada en agua en forma de pequeñas gotas. En la medida que se va evaporando el agua, estas gotas de resina se van uniendo por un fenómeno llamado coalescencia, formando la película seca.
- **Pinturas en polvo:** están constituidas por resinas reactivas entre sí que ya están mezcladas con los pigmentos. Este cuerpo resinoso se muele hasta polvo y permite ser aplicado sobre la superficie por medios electrostáticos o por lecho fluidizado.

Una vez aplicado el polvo sobre la pieza, ésta se introduce en un horno donde se completa la reacción (Utech, 2002).

- Pinturas anticondesantes: habitualmente son utilizadas en la cara interna de planchas de acero galvanizado para techos o en aquellos lugares en que es necesario evitar el goteo de humedad condensada. La pintura evita eficazmente el goteo mientras no se sature, absorbiendo el orden de un litro de agua por cada metro cuadrado de superficie (Abarca, 2003).
- Pintura de tráfico: son utilizadas para demarcar vías de circulación en calles y carreteras, generalmente en color blanco y amarillo para cruces peatonales. Se trata de pinturas de buena resistencia a la abrasión de los neumáticos; algunos tipos estas pinturas contienen microesferas de vidrio para mejorar la visibilidad nocturna.
- Pinturas antifuego: son pinturas no combustibles que poseen además la cualidad de retardar la combustión de la pieza pintada, basándose en el principio de la absorción y bloqueo del oxígeno. Otro tipo de pintura antifuego se basa en el principio de intumescencia, es decir, el pigmento en presencia del calor se hincha, formando una capa de escoria aislante que retarda la combustión (Hughes, Mol, Zheludkevich y Buchheit, 2016).
- Pinturas amartilladas: el amartillado es otro efecto decorativo especial que se logra agregando algunos aditivos a pinturas de aluminio. El acabado tiene la apariencia de haber sido martillado de forma uniforme.
- Pinturas sanitizantes: para hospitales, quirófanos, laboratorios, industrias alimenticias, etc. Son pinturas que llevan incorporado en la resina un poderoso bacteriostato que sirve para inhibir el crecimiento de los microorganismos y es inocuo para el ser humano (Zhang, 2011).
- Pinturas antiincrustantes: se trata de pinturas a las que se les ha incorporado una fuente tóxica que permite evitar el crecimiento de algas y musgo en la parte sumergida del casco de embarcaciones o cualquier pieza que esté en contacto con agua de forma regular (Hellio y Yebra, 2009).

1.3 Concentración de pigmentos en volumen (PVC)

Se define como la concentración de pigmentos en volumen (PVC, por sus siglas en inglés) a la cantidad de pigmento en la película de pintura seca. Este valor se expresa como

porcentaje o en unidades de volumen de la concentración de pigmento, cargas y aditivos (Tracton, 2006). La ecuación que se utiliza para calcular el PVC, tomando en cuenta que todas las partículas de pigmento tienen la misma medida y son de geometría esférica, es la siguiente:

$$PVC = \frac{\text{Volumen de pigmento} + \text{cargas} + \text{aditivos}}{\text{Volumen de pigmento} + \text{cargas} + \text{aditivos} + \text{resina}} \times 100$$

Las propiedades del recubrimiento pueden variar significativamente según sea el valor del PVC, por ejemplo:

- PVC = 0: significa que no hay pigmento, en consecuencia, una pintura con PVC = 0 es un *barniz*.
- PVC = 20%: significa que el 20% en volumen de la capa de pintura es pigmento, es decir, tienen las cualidades de la resina en cuanto a impermeabilidad, brillo, resistencia al medio, etc. Una pintura con valor de PVC hasta 20% se denominan *esmaltes*.
- PVC = 40%: significa que el 40% del volumen de la capa de pintura está constituido por pigmento. En consecuencia, hay menos brillo, menos resistencia al medio y más porosidad por efecto del contenido de pigmento. Una pintura dentro de este rango de PVC se denomina *intermedios* o *body coats*. Por ejemplo, los anticorrosivos se formulan con un PVC = 35% para lograr que la permeabilidad incipiente permita el acceso del agua hacia los pigmentos inhibidores.
- PVC = 60%: son pinturas opacas, porosas y permeables por cuanto el 60% del volumen de la película está constituido por pigmento.
- PVC crítico: es el valor característico para cada resina en la cual se pierde la continuidad de la película.
- PVC = 100%: significa que deja de existir pintura y es solamente polvo o pigmento ya que no tiene resina.

Otro parámetro importante es la concentración crítica de pigmento en volumen (PVCC, por sus siglas en inglés) que es la concentración a la que las características del recubrimiento cambian de forma drástica si se sigue aumentando la cantidad de pigmento. Se produce un aumento de la porosidad de la película de pintura, aumento de la absorción de agua, pérdida de efecto barrera frente a contaminantes exteriores, además de pérdida de resistencia al

frote húmedo, así como disminución de brillo y poder cubriente tanto en seco como en húmedo, entre otros efectos (Calvo, 2009).

Se debe tener en cuenta el PVCC en la formulación de pinturas tanto para interiores como para exteriores. En el primer caso porque la resistencia al frote en húmedo es una cualidad muy importante para considerar una pintura lavable o no. En el segundo caso, las pinturas para exteriores deben aportar a la película seca una barrera capaz de impedir transmisión húmeda y de gases procedentes del entorno ambiental hasta el sustrato.

El PVCC varía en función del grado de dispersión del sistema pigmentario: cuando aumenta el grado de dispersión aumenta también el PVCC debido a que el volumen de huecos es menor. En segundo lugar, el tipo de resina o ligante puede variar también el PVCC. Ambos motivos crean la necesidad de determinar este parámetro para cada sistema pigmentario y para cada ligante (Alonso, 2016).

1.4 Métodos de aplicación

Existen diversas maneras de aplicar los recubrimientos sobre las superficies a proteger, entre las que se encuentran las siguientes:

- **Aplicación a brocha:** las brochas redondas u ovaladas tienen su aplicación principalmente en superficies planas. Una brocha de calidad consiste básicamente en una cantidad de pelos (cerdas, pelo animal o fibra sintética) pegados dentro de una camisa de hojalata. Dentro de las fibras sintéticas el filamento más utilizado es nylon, el cual funciona bien para pinturas base agua ya que es bastante resistente comparado con las cerdas naturales, aunque no es adecuado para solventes fuertes pues las fibras pierden su elasticidad. Otros filamentos que han dado buenos resultados son los de poliéster, además se han ensayado mezclas de cerdas naturales y sintéticas para combinar las cualidades de cada una (Abarca, 2013).
- **Aplicación a rodillo:** los rodillos son excelentes para grandes áreas planas y no requieren de mucha calificación en la mano de obra, como lo requeriría, por ejemplo, una aplicación a pistola. Absorben mucha más pintura que una brocha y permiten una aplicación entre 2 a 4 veces más rápida y requieren el uso de bandejas con un canto estrujador y son más difíciles para limpiar que una brocha.
- **Aplicación por mitones:** son herramientas ideales para pintar superficies de formas complicadas, tales como pasamanos, cañerías, rieles, etc., cuando no puede utilizarse un equipo de pulverización o cuando el tamaño de la obra no lo justifica.

Consiste de un guante de chiporro con o sin pulgar. Se hunde en la pintura y se aplica tal cual sobre la superficie en forma pareja.

- **Aplicación con pistola:** es uno de los métodos más rápidos para aplicar pintura. Se necesita el suministro de aire comprimido para que se pueda pulverizar el producto sobre la superficie a pintar. El aplicador debe utilizar ropa protectora y máscara para evitar la respiración de la neblina de pintura.
- **Aplicación por inmersión:** en este proceso la pieza que debe pintarse se sumerge directamente en un baño de pintura, de donde debe extraerse luego a una velocidad controlada y muy lenta (10-20 cm/min) a fin de que el espesor excesivo pueda escurrir y no producir acumulaciones y goteos (Abarca, 2003).
- **Aplicación por cortina:** procedimiento empleado en máquinas especiales para el pintado en serie de superficies planas o prácticamente planas. La máquina está compuesta por un sistema transportador de velocidad variable sobre el cual se encuentra un cabezal que emite una cortina de pintura. Las piezas tales como partes de muebles, placas etc., son pasadas a través de esta cortina con el sistema transportador, quedando cubiertas de una capa pareja y sin poros.
- **Aplicación por chorreado:** existen estructuras complicadas o maquinarias de difícil pintado o de un tamaño tal que no permiten una manipulación sencilla, como son rejillas, transformadores u otras superficies de formas complicadas. Para el pintado de estos elementos la superficie se cubre con un chorro de pintura, alimentado desde un estanque por medio de una bomba a una manguera. El acabado no es perfecto y tampoco interesa ya que el mayor énfasis está en la protección obtenida.
- **Aplicación por tamboreo:** este procedimiento se emplea cuando es necesario pintar gran cantidad de piezas pequeñas como botones, perlas de fantasía, etc. El proceso utiliza un recipiente en forma de calabaza que gira sobre un eje de 45°C de la horizontal, a una velocidad tal que las piezas cascadeen en el interior. Cada cierto tiempo una pistola dispara pintura al interior, alternándose con aire caliente, de modo que al cabo de un cierto tiempo todas las piezas están pintadas y secas. El procedimiento es similar al usado por la industria farmacéutica para la elaboración de píldoras y en fábricas de dulces (Utech, 2002).

Capítulo 2. Aditivos

Aun cuando la resina determina la mayoría de las características de la película seca de un recubrimiento, los aditivos comprenden una parte extremadamente importante en la cadena de suministro de materias primas para la formulación de pinturas y recubrimientos. En muchas ocasiones, la calidad del recubrimiento está fuertemente influenciada por la cantidad y el tipo de aditivos utilizados durante su formulación.

Aunque los aditivos constituyen una pequeña proporción en formulaciones de pintura, se calcula que el consumo total de aditivos es superior a 64 mil toneladas métricas anuales en México. Específicamente, el consumo de antiespumantes en la fabricación de recubrimientos en el sector arquitectónico fue de 16 mil toneladas métricas, equivale a USD 7 000 000 de la producción en México durante el 2016 (ANAFAPYT, 2017), lo que nos indica que es un mercado de gran valor capaz de impulsar el desarrollo económico en el país cuando se crean aditivos de buena calidad que sean competitivos tanto a nivel nacional como internacional.

En este capítulo trataremos los principales tipos de aditivos y los efectos que estos causan en los diferentes sistemas de recubrimientos y cómo aprovechar sus ventajas para la obtención de las mejores propiedades.

2.1 Definiciones

No es sencillo dar una definición exacta de aditivo para recubrimientos ya que estos comprenden una amplia gama de materiales. Sin embargo, utilizaremos dos de las definiciones más aceptadas:

“Un aditivo para recubrimiento es cualquier sustancia que cuando se agrega en pequeñas cantidades a un recubrimiento mejora o modifica ciertas características del recubrimiento terminado o bien, durante su fabricación, almacenamiento o transporte” (Calvo, 2009).

“Los aditivos son sustancias agregadas en pequeñas cantidades que modifican o mejoran las propiedades de la pintura líquida (por ejemplo, la viscosidad) y/o del recubrimiento sólido (por ejemplo, el brillo)” (Giudice y Pereyra, 2009).

Los aditivos están dirigidos a modificar las propiedades fisicoquímicas de los recubrimientos, entre las que destacan el tamaño de partícula de los polímeros, la dispersión y la estabilización coloidal, la tensión superficial, la presión de vapor, la solubilidad y la estabilidad química (Gooch, 2002).

2.2 Clasificación

Existen una gran cantidad de aditivos para todos los sistemas de recubrimientos y se clasifican de acuerdo a su función en:

- Agentes espesantes.
- Aditivos humectantes.
- Aditivos dispersantes.
- Aditivos antiespumantes.
- Aditivos promotores de adherencia.
- Modificadores de superficie.
- Agentes nivelantes.
- Aditivos con actividad catalítica.
- Aditivos especiales

2.2.1 Agentes espesantes

Los agentes espesantes son aditivos que modifican las propiedades reológicas de los recubrimientos a través del incremento de la viscosidad. Dichas propiedades impactan en la fabricación, el almacenamiento y por supuesto en su correcta aplicación (Davison y Lane, 2003).

Durante la fabricación algunas veces es necesario agregar algún espesante para alcanzar las condiciones adecuadas durante la molienda. En la etapa de almacenamiento es necesario tener la viscosidad adecuada para prevenir la sedimentación de cargas y pigmentos, o para reducir el riesgo de derrames. Otra de las aplicaciones importantes de estos materiales es durante la aplicación de los recubrimientos, ya que la viscosidad adecuada previene los escurrimientos, mejora el flujo, favorece la nivelación y la formación de la película.

Todos los sistemas líquidos tienen perfiles reológicos que describen su comportamiento a diferentes velocidades de corte, y estos son descritos mediante curvas de viscosidad (Figura 2.1). En el flujo newtoniano, la viscosidad es constante independientemente de la velocidad de corte. En sistemas pseudoplásticos, la viscosidad disminuye conforme aumenta la velocidad de corte, mientras que un sistema plástico se comporta como un cuerpo elástico, a una temperatura y presión determinada (Bieleman, 2000).

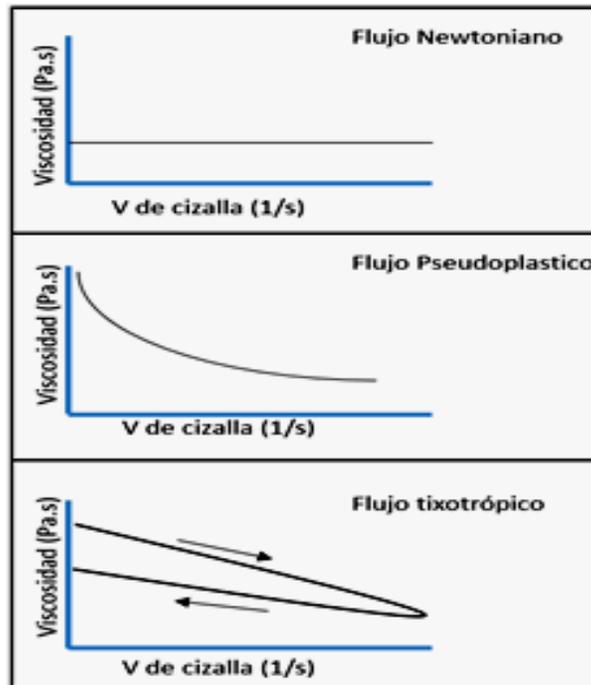


Figura 2.1. Curvas de flujo (Bieleman, 2000).

Finalmente, en un sistema tixotrópico cuando se aumenta la fuerza de corte se abate la viscosidad; la diferencia respecto a un comportamiento pseudoplástico es que el sistema tixotrópico depende del tiempo. En un sistema tixotrópico real, el tiempo que tarda el reacomodo de las partículas tixotrópicas es el tiempo que tardará el sistema en recuperar su viscosidad original.

El mecanismo de funcionamiento de estos materiales es que en su estado seco hay pilas de partículas con forma de platos que cuando se dispersan no se vuelven a apilar y se mantienen separadas por fuerzas de Van der Waals o por puentes de hidrógeno, formando de esta manera una estructura tridimensional que termina convertida en un gel, como se muestra en la figura 2.2.

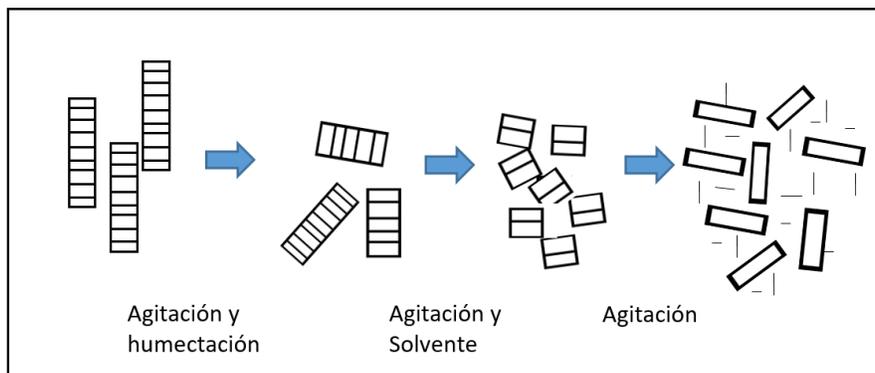


Figura 2.2 Proceso de formación de un gel (Bieleman, 2000).

En el área de los recubrimientos, el tipo de espesantes más utilizados por sus características son los tixotrópicos. En la figura 2.3 se puede observar una clasificación de este grupo de aditivos, en la que podemos encontrar dos grandes familias químicas: las orgánicas y las inorgánicas.

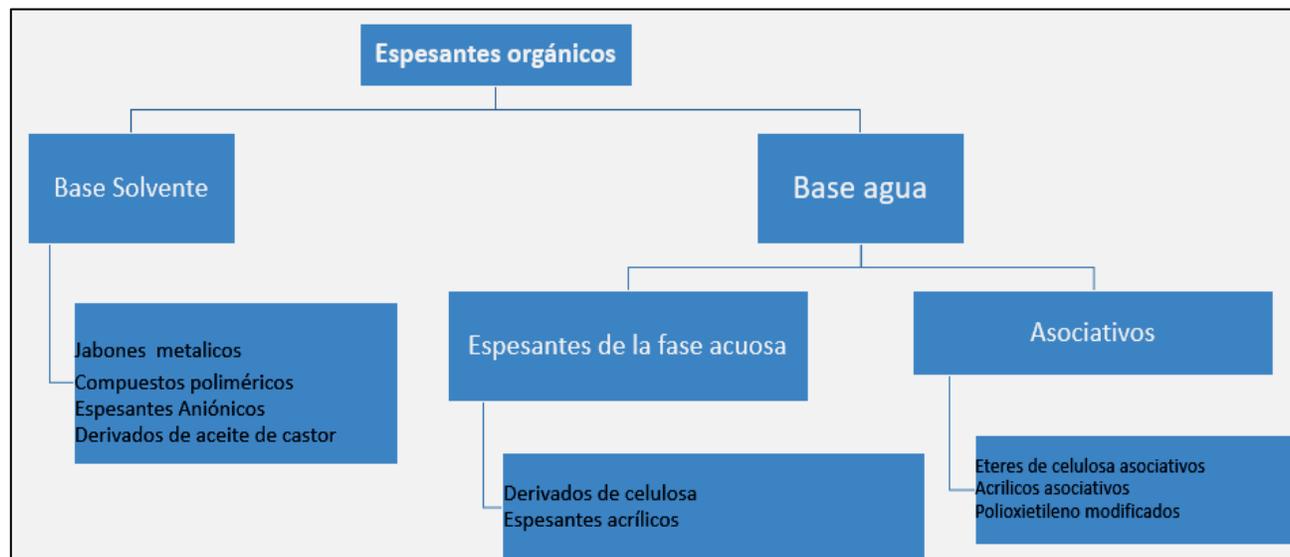


Figura 2.3 Clasificación de espesantes orgánicos (Bieleman, 2000).

Entre los inorgánicos encontramos algunas arcillas como el silicato de aluminio, óxido de magnesio o algunas bentonitas; estos agentes se utilizan en pinturas y recubrimientos base solvente. Los compuestos orgánicos para espesar en base solvente son los derivados de aceite de castor, jabones metálicos como estearato de aluminio o espesantes acrílicos (Tracton, 2006).

Respecto a los tixotrópicos orgánicos, pueden ser utilizados tanto en base agua como base disolvente. Para los sistemas base agua existen 3 grandes familias: derivados de almidón, derivados celulósicos y espesantes acrílicos. Los derivados de almidones tienen mayor uso en pinturas base agua de altos PVC ya que ambos sistemas son de bajo costo.

Conforme se mejora la química del recubrimiento base agua se pueden utilizar emulsiones acrílicas de fácil incorporación por su estado líquido, aunque no son estables a los cambios de pH como los derivados de la celulosa. Éstos últimos poseen un doble sistema de espesamiento de los materiales: el primero es que, dado que son polisacáridos cargados, pueden formar puentes de hidrógeno entre ellos y el segundo, cuando alcanzan una concentración crítica, sus cadenas se traslapan y entrelazan (Laden, 1997).

2.2.2 Aditivos humectantes

Los aditivos humectantes favorecen la humectación del pigmento y del sustrato, lo que tiene como resultado una mejor adherencia y nivelación de la película seca (Pocius, 2012). Son sustancias anfifílicas de bajo peso molecular, en donde cada molécula tiene una parte hidrofóbica así como una parte hidrofílica.

La parte hidrofóbica pueden ser cadenas hidrocarbonadas, siliconadas o fluoradas, todas ellas reductoras de tensión superficial o interfacial. Usualmente, los agentes humectantes se clasifican de acuerdo a la carga de sus grupos hidrofílicos de la siguiente manera: aniónicos, catiónicos, anfóteros o no iónicos (Müller y Poth, 2011).

Cuando se usan recubrimientos base agua, en la interface recubrimiento-aire el agente humectante orienta su parte hidrofílica hacia el agua y la parte hidrofóbica al aire (Figura 2.4), de tal forma que la superficie del recubrimiento no queda cubierta por moléculas de agua con alta tensión superficial (72.8 dina/cm), sino con cadenas hidrocarbonadas de baja tensión superficial (30 dina/cm) (Myers, 1988).

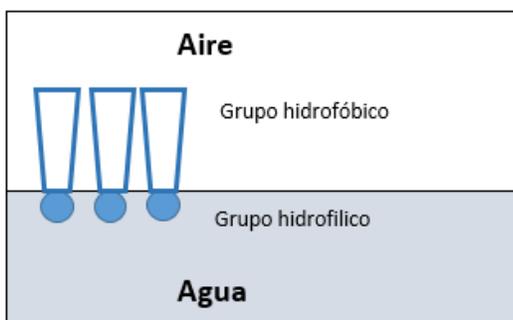


Figura 2.4 Estructura de un humectante (Myers, 1988).

Los humectantes sobredosificados pueden tener reacciones negativas en la formulación, como aumentar la hidrofobicidad del recubrimiento, modificando la solubilidad de los componentes, además de estabilizar la espuma formada durante el proceso de fabricación.

2.2.3 Aditivos dispersantes

Los aditivos dispersantes son oligómeros o polímeros que se adsorben a las cargas y pigmentos, estabilizando la dispersión de los mismos en la resina para evitar la floculación o flotación de los pigmentos, así como la separación por diferencia de polaridad, densidad o solubilidad. Además, mejoran la reología en el sistema, el desarrollo de color o de transparencia según sea caso (Gooch, 2002). Los agentes dispersantes funcionan principalmente por dos mecanismos: estabilización electrostática y estabilización estérica.

La estabilización electrostática es aquella en donde oligómeros polianiónicos se adsorben sobre pigmentos inorgánicos o extenders gracias a las cargas superficiales de estas partículas sólidas. Los agentes aniónicos y catiónicos se rechazan para mantener la estabilidad de la dispersión y normalmente se utilizan en sistemas base agua (Giudice y Pereyra, 2009).

Algunos de los ejemplos clásicos de dispersantes aniónicos son las sales de sodio o amonio, y hay otros menos comunes como los alquil sulfato, sulfosuccianatos, hexametastato de sodio, así como sulfatos y fosfatos de óxido de etileno (Flick, 1999). Existen también casos de dispersantes catiónicos como el cloruro de lauril trimetil amonio, los cuales, a diferencia de los dispersantes aniónicos, estos encuentran su principal aplicación en bitumen o en emulsiones para recubrimientos asfálticos para carreteras (Tracton, 2006).

Por otro lado, la estabilización estérica se logra con la adsorción del dispersante en el pigmento, creando una barrera de energía alrededor de cada partícula, previniendo su tendencia natural a reaglomerarse debido a las fuerzas de atracción de Van der Waals. Los dispersantes estéricos más usados en sistemas base agua han sido históricamente los nonilfenol etoxilados y su versión menos biodegradable, los octilfenol etoxilados. Sin embargo, debido a su toxicidad y a su baja biodegradabilidad, se ha prohibido el uso de estos compuestos alquil fenol etoxilados (Diario Oficial de la Unión Europea, 2003).

2.2.4 Aditivos antiespumantes

Los látex base agua para la preparación de pinturas usualmente se fabrican por polimerización en emulsión, el cual es un proceso que necesita la presencia de gotas de un monómero emulsionado en un medio acuoso, un tensoactivo micelar y un iniciador soluble en agua (Garret, 2013). Es así que la presencia de los surfactantes es inherente en la fabricación de pinturas, desde la preparación del látex y para la estabilización de otros componentes. Sin embargo, una consecuencia inevitable de la presencia de surfactantes en la formulación es la generación y estabilización de espuma, por lo que se vuelve necesario el uso de un antiespumante.

Los agentes de control de espuma se dividen en antiespumantes, desespumantes y desairantes. Los antiespumantes son agentes que se adicionan al sistema para evitar la formación y estabilización de espuma y se agrega en las etapas iniciales del proceso, desde la polimerización o durante la molienda, mientras que los desespumantes se encargan de eliminar la espuma formada durante el proceso de fabricación o llenado. Finalmente, los desairantes sirven para eliminar el aire atrapado en el seno del recubrimiento durante la aplicación del mismo, particularmente en aquellos de altas viscosidades (Abdolahi, Moosavian y Vatani, 2005).

Un antiespumante típico está compuesto por una mezcla de un aceite y partículas hidrofóbicas. Los aceites más utilizados pueden ser aceites minerales, aceites de silicona, alcoholes grasos, ácidos grasos, alquil aminas, alquil amidas, tributil fosfato TBP, entre otros. Las partículas sólidas pueden ser inorgánicas como sílicas, dióxido de titanio u orgánicas como el estearato de magnesio, poliamidas o polipropileno (Abdolahi, Moosavian y Vatani, 2005). Se profundizará el mecanismo de acción de los antiespumantes en el siguiente capítulo.

2.2.5 Aditivos promotores de adherencia

En la aplicación de recubrimientos es fundamental la buena adhesión sobre distintos sustratos para que éstos puedan cumplir cabalmente con su función de decorar y proteger. La adherencia es la resistencia de un recubrimiento a la separación del sustrato cuando se aplica un esfuerzo mecánico sobre él (Pocius, 2012).

Cuando un recubrimiento no tiene suficiente adherencia una de las formas más prácticas de mejorarla es mediante la adición de un promotor de adherencia, que es el nombre genérico para todas aquellas sustancias que al ser agregadas a un recubrimiento mejoren la fuerza de adherencia entre este y el sustrato.

El modo de acción de los promotores de adherencia se fundamenta, en primer lugar, en la formación de enlaces químicos entre el sustrato y el recubrimiento, y en segundo, en la humectación de la superficie del sustrato, o bien, en la formación de una capa intermedia entre el sustrato y el recubrimiento. Algunos promotores de adherencia se pueden utilizar como aditivos y otros como un pretratamiento o *primer* (Pocius, 2012).

La química de los promotores de adherencia es muy diversa e incluye silanos, titanatos, zirconatos, amidas, fosfatos y polímeros modificados. Los silanos, titanatos y zirconatos funcionan de forma parecida, ya que tienen 3 sustituyentes orgánicos en forma de grupos alcoxi que, una vez hidrolizados, formarán un enlace con el sustrato, mientras que el cuarto sustituyente se une a la resina para mejorar la adhesión (Figura 2.5).

Una diferencia significativa entre los silanos y los zirconatos es que los primeros son sensibles a los cambios de pH, acelerando o desacelerando la hidrólisis de los grupos alcoxi, mientras que los zirconatos son estables durante estos cambios. Los silanos, además de mejorar adherencia, también mejoran la resistencia química, resistencia a la corrosión y al agua (Owen y Dvornic, 2012). Este grupo de aditivos es especialmente efectivo para mejorar la adherencia entre sustratos inorgánicos como vidrio, metal y minerales con resinas orgánicas termoplásticas y termoflexibles.

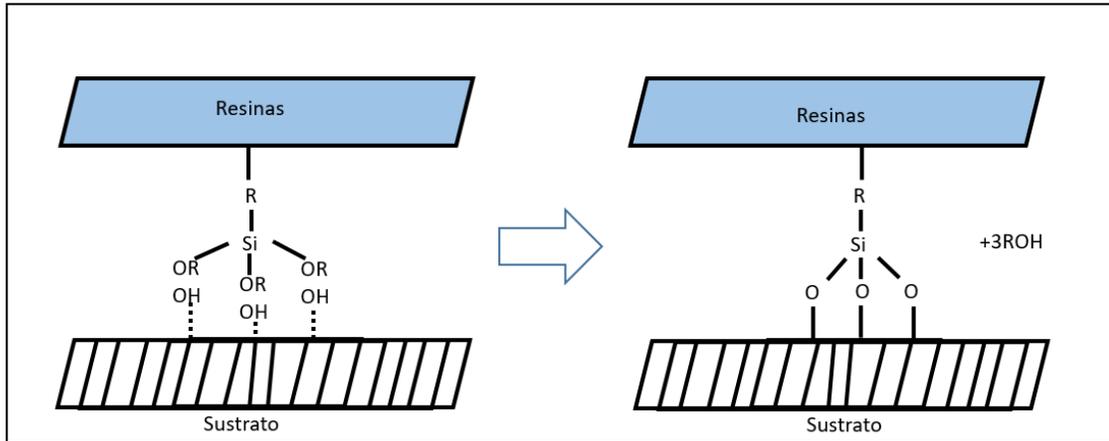


Figura 2.5 Anclaje de un silano sobre un sustrato (Owen y Dvornic, 2012).

Otras familias de promotores de adherencia son las poliolefinas cloradas, las cuales son particularmente útiles para mejorar la adherencia sobre otras poliolefinas no tratadas y usualmente se emplean a manera de *primer*. También se encuentran los poliésteres para *can/coil coatings*, promotores basados en sucrosa para mejorar la adherencia en plásticos, madera y metal o fosfatos para mejorar la adherencia entre capas de recubrimientos multicapa (Knudsen y Forsgren, 2006).

2.2.6 Modificadores de superficie

Los modificadores de superficie se subdividen en dos grupos: aditivos deslizantes y aditivos mateantes. En el primer grupo podemos encontrar aditivos que mejoran propiedades como la resistencia al rayado y la resistencia a la abrasión, mientras que en el segundo grupo encontramos los aditivos que modifican el brillo, que aunque depende fundamentalmente de la resina y las partículas sólidas dispersas, se puede reducir a través de la adición de agentes mateantes (Tracton, 2006).

La resistencia al rayado se define como la dificultad de un recubrimiento a ser dañado por un esfuerzo mecánico y, si bien, los aditivos deslizantes no mejoran la dureza de la película, reducen el coeficiente de fricción evitando que la superficie se dañe cuando es sujeta a la abrasión por algún agente externo. Los principales materiales que se utilizan como aditivos para dar desliz y resistencia al rayado son poldimetisiloxanos y ceras (Giudice y Pereyra, 2009).

Las ceras dan resistencia al rayado justo por su capacidad de reducir el coeficiente de fricción de la superficie del recubrimiento y por la disminución de puntos de contacto debido a formaciones de crestas de cera en la superficie que evita que el agente abrasivo dañe al recubrimiento. Las ceras se pueden clasificar por su origen en ceras animales

(ácidos grasos y cera de abeja) y ceras vegetales de hojas, troncos o de frutos. Otras clasificaciones son las ceras minerales como parafinas, ceras microcristalinas que forman una capa protectora de aceite lubricante y ceras sintéticas como ceras de polietileno y polipropileno (Tracton, 2006).

Por su parte, las siliconas modificadas son agentes surfactantes que tienden a migrar a la superficie del recubrimiento. Las modificaciones orgánicas se incluyen para mejorar la compatibilidad con la película y, por tanto, los sustituyentes metilo de las siliconas se orientan a la interfase aire-recubrimiento, reduciendo de esta manera el coeficiente de fricción, esto aunado a su baja tensión superficial permiten que se observe un efecto antirayado bastante considerable desde concentraciones del orden de 0.01 % p/p (Clarson, Owen, Smith y Van Dyke, 2010).

Por último, los agentes mateantes son partículas sólidas que vuelven irregular la superficie del recubrimiento provocando una reflexión difusa de la luz, lo que disminuye la cantidad de brillo superficial. Los agentes mateantes de menor costo son las cargas, sin embargo, aumentar la cantidad de cargas en el sistema podría afectar otras propiedades del mismo. Para evitar esto se pueden adicionar aditivos diseñados especialmente para este fin, tales como sílicas, ceras, minerales naturales y polímeros modificados, los cuales no afectan las propiedades reológicas de los recubrimientos pues se agregan en cantidades pequeñas (Easton, 2009).

2.2.7 Agentes nivelantes

La mayoría de los métodos de aplicación dejan defectos en la película ya depositada debido a la fuerza aplicada para transferir la pintura al sustrato ya sea mediante aspersion, con rodillo o brocha. Otra razón para la generación de defectos superficiales y mala nivelación es el gradiente de tensión superficial durante el secado y las diferentes volatilidades de los componentes en la fórmula del recubrimiento.

Los aditivos nivelantes están diseñados para minimizar los defectos de superficie como cráteres, *pinholes* y apariencia de cáscara de naranja. El mecanismo de funcionamiento de estos materiales es básicamente su capacidad para modificar la tensión superficial y la reología del recubrimiento. La baja tensión superficial es la fuerza motriz del proceso de nivelación de un recubrimiento, mientras que la alta viscosidad es el factor que se opone a la correcta nivelación (Alonso, 2016).

Existen tres tipos de aditivos nivelantes, los cuales son (Calvo, 2009):

- Poliméricos: son polímeros orgánicos de mediano peso molecular que disminuyen los gradientes de tensión superficial locales, gracias a una ligera incompatibilidad

con otros componentes de la fórmula, creando una superficie más homogénea. Ejemplos de estos son los poliacrilatos.

- Siliconas: las siliconas reducen la tensión superficial de toda la pintura, eliminando los gradientes de tensión superficial que se crean a partir de la evaporación del solvente. Los surfactantes fluorados tienen el mismo principio de funcionamiento, sin embargo, tienen una reducción de la tensión superficial aún mayor que las siliconas.
- Solventes: al utilizar solventes de mayor punto de ebullición, se reduce la viscosidad que se resiste a la correcta nivelación y se evapora más lentamente el disolvente, lo que da tiempo a la formación de una película más homogénea.

2.2.8 Aditivos con actividad catalítica

Se conocen como aditivos con actividad catalítica a aquellos que sirven para acelerar una reacción química. En el caso de pinturas y recubrimientos, ayudan a solidificar el recubrimiento una vez aplicado, durante el proceso de formación de película (National Research Council, 1996).

Existen dos mecanismos para la formación de la película: el secado físico, que ocurre a través de la evaporación del disolvente y el secado por oxidación en el cual, después de la evaporación del disolvente, la resina se oxida por la acción del aire.

En el segundo mecanismo de secado se emplean aditivos para acelerar la oxidación conocidos como secantes o catalizadores, que son compuestos organometálicos solubles en el sistema en cuestión, usualmente base disolvente. Los principales secantes son jabones de cobalto, zirconio, manganeso y calcio (Utech, 2002); una práctica habitual en la industria es la de combinar dos o más catalizadores para sinergizar sus propiedades.

La polimerización por oxidación para la formación de la película sólida tiene 4 pasos (Goldschmidt y Streitberger, 2007):

1. Inducción: es el tiempo que tardan en depositar la película sobre el sustrato, ya que hasta que la película es extendida tiene acceso a suficiente oxígeno para llevar a cabo la polimerización.
2. Formación de peróxido: el oxígeno en la película forma peróxidos con las dobles ligaduras de la resina.

3. Descomposición del peróxido en radicales libres: es una reacción inmediata; en cuanto se forma el peróxido, este se disocia en radicales libres.
4. Polimerización: los radicales toman lugar en la reacción y llevan a cabo la polimerización.

2.2.9 Aditivos especiales

En este punto básicamente se incluyen todos los aditivos no contemplados en los puntos anteriores, como los agentes antipiel que modifican la presión de vapor de la pintura para evitar que el solvente se evapore y forme una nata; estabilizadores a la luz UV que evitan el amarillamiento por oxidación con este tipo de radiación; biocidas que evitan el desarrollo de hongos, algas y bacterias en la pintura durante su vida de anaquel y una vez que esta es aplicada, entre otros.

Capítulo 3. Antiespumantes

Como vimos en el capítulo anterior, la aparición de espuma es inherente al proceso de fabricación, envasado y aplicación de una pintura, aumentando el tiempo de producción, mayores costos y problemas de aplicación. Incluso durante el secado de la película se generan gases que pueden dejar rastros de burbujas, como los que se muestran en la figura. 3.1.

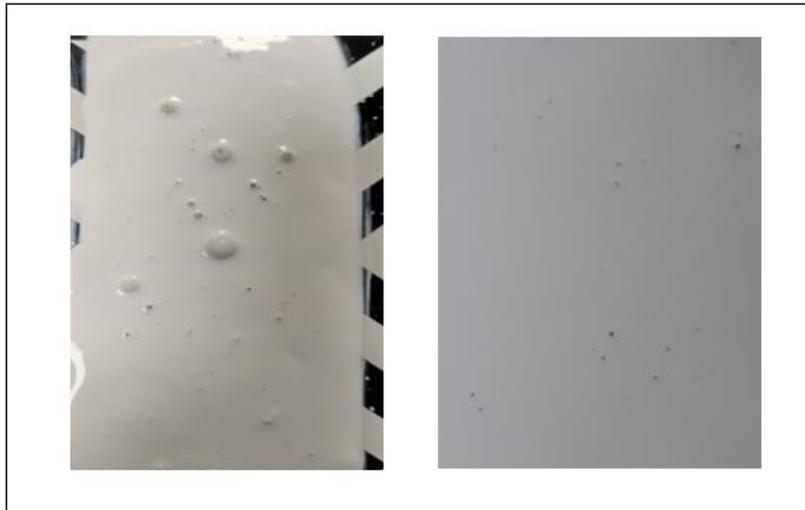


Figura 3.1 Defectos del recubrimiento por espuma.

En este capítulo trataremos primero los fundamentos de la formación y la estabilización de la espuma en las pinturas y recubrimientos, para después abordar el proceso de eliminación y prevención de este elemento no deseado.

3.1 Espuma en pinturas

La espuma es la dispersión de burbujas de gas en un medio líquido (resina emulsificada o en dispersión en el caso de las pinturas base disolvente) y se forma al atrapar gas debajo de la superficie de un líquido que se expande para encerrar dicho gas en celdas separadas por láminas del líquido conocidas como *lamelas* (Garret, 2013). En los líquidos puros las espumas no son estables, pues sólo lo son en sistemas que contengan sustancias llamadas *agentes tensoactivos*. La estabilidad de la espuma está determinada por la tensión superficial, por la gravedad, por la capilaridad y por la viscosidad de la pintura (Abdolahi, Moosavian y Vatani, 2005).

Los agentes tensoactivos tienen en común su capacidad para migrar a la interfase aire-líquido de la pintura, reduciendo así la tensión superficial y es aquí donde inicia la estabilización de la espuma al formarse capas de moléculas del tensoactivo, favoreciendo la formación de burbujas esféricas que posteriormente forman aglomerados. Durante este proceso, las burbujas pequeñas o microespuma se pueden combinar para formar otras más grandes que suben rápidamente. Las burbujas se acumulan en la superficie, deformándose a sí mismas y a la superficie de la pintura; una vez que salen del seno del líquido se llama macroespuma (Figura 3.2).

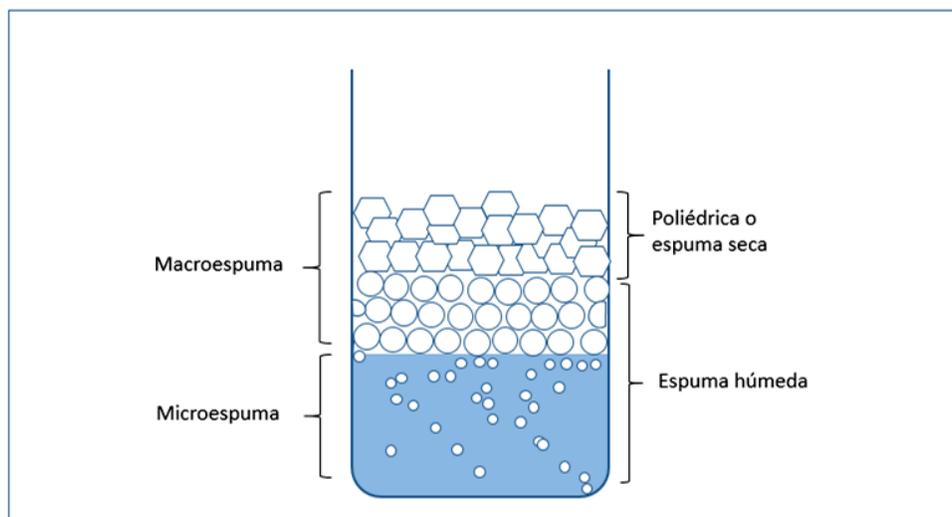


Figura 3.2 Diagrama de los tipos de espuma (Owen y Dvornic, 2012).

En este punto, la gravedad ocasiona el drenado del líquido de las membranas de la espuma, deformando las burbujas y convirtiéndolas en espuma poliédrica o también llamada *espuma seca*, la cual es más estable por diversos factores como la formación de una doble membrana de surfactante, por su geometría y la mayor dificultad para el drenado de la burbuja (Davison y Lane, 2003).

El ascenso de las burbujas esféricas está descrito por la ley de Stocks (Figura 3.3), la cual indica que la velocidad de ascenso es proporcional al cuadrado del radio de las burbujas, por lo que las burbujas de mayor diámetro suben más rápidamente en una pintura de viscosidad constante (Abdolahi, et al., 2005).

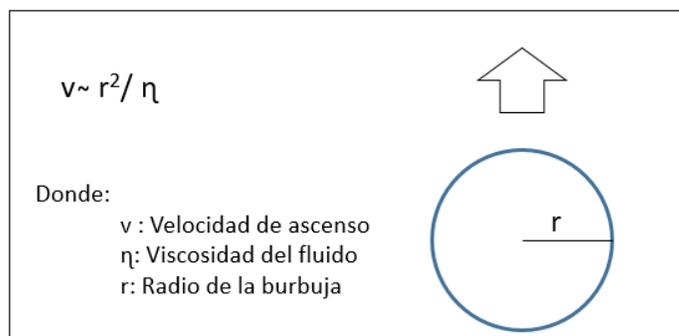


Figura 3.3 Ley de Stocks (Abdollahi, Moosavian y Vatani, 2005).

Si las burbujas estallan durante el secado de la película, la espuma conduce a defectos de superficie no deseados, tales como cráteres o agujeros de alfiler. Los defectos de superficie tienen impacto no solo en la estética del recubrimiento, sino que también actúan como fallas donde puede entrar humedad, favoreciendo la corrosión en caso de sustratos metálicos y recubrimientos industriales (Knudsen y Forsgren, 2006).

Aunque la tendencia a la estabilización de la espuma puede ser limitada durante la formulación a través de una selección de componentes en proporciones adecuadas, la única manera realmente efectiva de evitar tales defectos es la adición de agentes antiespumantes y agentes inhibidores de la formación de espuma.

3.2 Control de espuma

Cuando hablamos de sustancias para el control de espuma, dependiendo de si se agregan antes o después de que esta se forma, podemos clasificarlos de la siguiente manera: antiespumantes, desespumantes o desairantes.

- **Antiespumantes:** son agentes tensoactivos que previenen la formación de espuma, los cuales se agregan al sistema en las etapas tempranas de producción y actúan por medio de tensiones superficiales intermedias para lograr desestabilizar la espuma y liberar el aire retenido en la emulsión. Para ser eficientes deben tener una tensión superficial más baja, ser insolubles en la fase que necesita ser desespumada y tener una alta entalpía de evaporación para garantizar un efecto duradero (Svarz, 1990).
- **Desespumante:** es un agente que se encarga de eliminar la espuma ya formada en un proceso mediante un removedor ya sea físico o químico; en el presente trabajo abordaremos los desespumantes químicos.

- Desairantes: son sustancias químicas que remueven o facilitan la eliminación de burbujas atrapadas en el seno de un recubrimiento. Usualmente, los recubrimientos que requieren este tipo de aditivos son aquellos con un alto contenido en sólidos y altas viscosidades (Garret, 2013).

Es importante que los materiales que se usen como desespumantes o antiespumantes sean suficientemente compatibles con el recubrimiento para que permitan la eliminación de microespuma en el seno del líquido y para evitar la formación de defectos superficiales. Además, se debe controlar el tiempo y la velocidad de mezclado o de lo contrario se puede formar cráteres y/o perder eficacia antiespumante.

Otra característica importante de los antiespumantes es que deben tener una fácil dispersabilidad en pequeñas gotas para poder penetrar las lamelas y se generen gradientes de tensión superficial que favorezcan la eliminación de espuma mediante la disminución de cohesión entre las moléculas de la lamela, como se muestra en el diagrama de la figura 3.4.

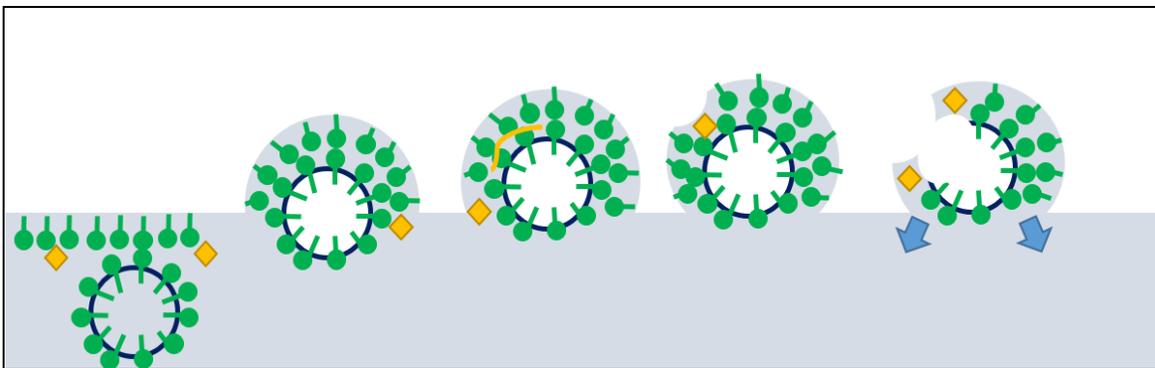


Figura 3.4 Mecanismo de un antiespumante para eliminación de espuma (Goldschmidt y Streitberger, 2007).

Las partículas del antiespumante disperso en la fase espuma idealmente requieren un tamaño de partícula de 2 a 10 μm , si el tamaño es menor, el antiespumante pierde efectividad (Owen y Dvornic, 2012). Es por eso que en sistemas con agitación continua es necesario agregar una carga de antiespumante cada determinado tiempo, pues los agregados sólidos se vuelven más pequeños, disminuyendo la efectividad del antiespumante.

Para mejorar la capacidad antiespumante se pueden añadir partículas hidrofóbicas como sílicas tratadas o compuestos amínicos. Estos materiales sinergizan el efecto de los fluidos de baja tensión superficial obstruyendo el fenómeno de humectación, ya que los surfactantes que estabilizan la espuma no logran rodear (humectar) la partícula hidrofóbica, teniendo como resultado bajas fuerzas de cohesión en la membrana y el posterior colapso de la espuma (Goldschmidt y Streitberger, 2007).

Algunos antiespumantes hechos a base de poliéteres de silicona tienen muy baja tensión superficial, por lo que tienden a alcanzar menores tamaños de partícula en dispersión y con el tiempo pierden su efectividad. Por ello es recomendable utilizar una mezcla de poliéteres de silicona con tensión superficial intermedia, para lograr un efecto antiespumante duradero en el recubrimiento y poliéteres de silicona de tensión superficial baja para evitar defectos de superficie (Owen y Dvornic, 2012).

En el mercado de los antiespumantes existen diferentes composiciones químicas que permiten su adaptación para una gran diversidad de aplicaciones. Algunos de ellos están basados en fluidos con baja tensión superficial como la silicona, los aceites vegetales, los ácidos grasos y compuestos fluorocarbonados para atacar los diferentes tipos de espuma que puedan generarse (Kekevi, Berber y Yildirim, 2011).

Los antiespumantes pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Antiespumantes de silicona (polisiloxanos y polisiloxanos modificados): estos compuestos pertenecen al grupo más ampliamente usado como sustancias antiespumantes. Los siloxanos modificados se sintetizan formando enlaces Si-O-C o Si-C entre el bloque de siloxano y el sustituyente orgánico. También pueden modificarse con poliéteres y otros polímeros, produciéndose gran cantidad de sustancias antiespumantes derivadas. La compatibilidad y la efectividad pueden ajustarse a formulaciones concretas de recubrimientos.

Los antiespumantes de polisiloxano tienen altas tasas de difusión, no influyen negativamente en el brillo, tienen buena compatibilidad con el sistema y son altamente efectivos para usarse en modernos recubrimientos y tintas de impresión acuosos, donde hay una gran exigencia en cuanto a desespumación y acabado de la superficie. Las aplicaciones incluyen recubrimientos y tintas de impresión para madera, arquitectura e industria, tanto pigmentada como transparente (Flick, 1999).

- Antiespumantes a base de aceite vegetal: como materias primas renovables, los aceites vegetales están aumentando su importancia en la formulación de antiespumantes, pues exhiben una gran compatibilidad y poseen propiedades muy similares a las de los aceites minerales. Se usan principalmente en pinturas arquitectónicas, pero están aumentando su aplicación en otros sectores.
- Antiespumantes a base de polímeros: como ejemplos de esta clase de antiespumantes podemos citar los ácidos grasos modificados, los poliéteres y las amidas modificadas; la polaridad de los antiespumantes puede ajustarse por la composición de los polímeros. La efectividad de un antiespumante polimérico es frecuentemente inferior a la de otras sustancias (Forrest, 2009).

La amplia posibilidad de elección entre los antiespumantes poliméricos permite ajustar la efectividad y compatibilidad para desespumar sistemas muy críticos. Por tal motivo, estos antiespumantes se usan frecuentemente en formulaciones donde otras técnicas de desespumado son demasiado incompatibles con el recubrimiento en cuestión.

3.3 Formulación de antiespumantes

Los antiespumantes están conformados por tres componentes esenciales: el vehículo, las partículas hidrofóbicas y los surfactantes:

- **Vehículo:** se considera como vehículo al fluido que conforma la mayor parte del antiespumante y puede ser un agente activo o bien solo un acarreador. Cuando hablamos de antiespumantes en solución se pueden usar algunos disolventes hidrocarbonados como acetatos, alcoholes, cetonas, etc. En los antiespumantes base agua o emulsionados el vehículo es agua.

En antiespumantes 100% activos se utilizan líquidos orgánicos de baja tensión superficial como alcoholes de cadena larga (14-18C), aceites minerales, vegetales y animales, polidimetilsiloxanos o mezclas de los anteriores. Estos antiespumantes son adecuados para sistemas que van a ser tratados con fuerzas de cizalla, como el proceso de molienda, lo que asegura la distribución correcta y la actividad duradera del antiespumante (Müller y Poth, 2011).

Para la formulación de antiespumantes se emplean tanto aceites alifáticos como aromáticos (figura 3.5). Los primeros se emplean más ya que implican menores riesgos a la salud y al medio ambiente comparados con los aromáticos; estos últimos tienen algunas ventajas, entre ellas un menor impacto en el brillo del recubrimiento en comparación con aceites alifáticos.

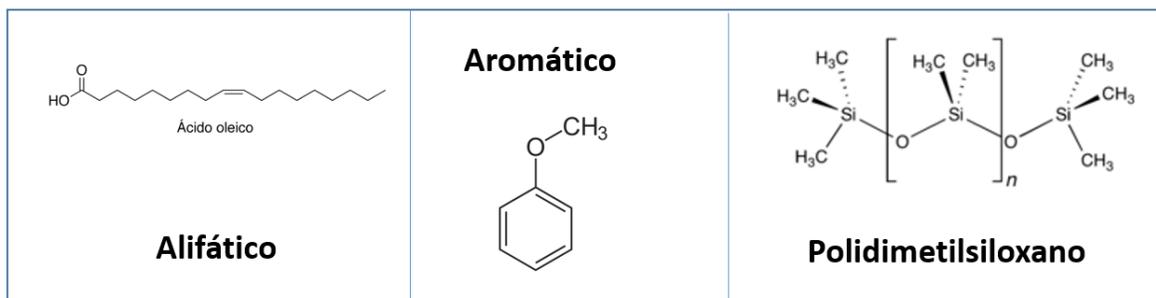


Figura 3.5 Estructura química de aceites para antiespumantes (Easton, 2009).

Otro excelente vehículo para antiespumantes son los polidimetilsiloxanos, gracias a su alta entalpia de evaporación y su baja tensión superficial. Como se ha mencionado anteriormente, estos compuestos no afectan el brillo ni interfieren en la compatibilidad de sistemas acuosos. Los polidimetilsiloxanos puros tienen propiedades de compatibilidad muy exigentes que dan lugar a la aparición de efectos secundarios como la formación de cráteres en los recubrimientos.

Dentro de los vehículos de polisiloxanos, el más usado es el polidimetilsiloxano con grupos poliéteres hidrófobos ya sea intercalados dentro de la cadena principal o en sus terminales. La baja tensión superficial está dada por la cadena polisiloxano, mientras que la compatibilidad estará dada por el bloque poliéter insertado en la cadena. A diferencia de otros vehículos, los polisiloxanos modificados pueden llegar a tener buen desempeño sin la dispersión de partículas sólidas (Svarz, 1990).

Si se pretende utilizar un aceite orgánico o de silicona como vehículo es importante tener en cuenta que las características del aceite son críticas para el buen desempeño del antiespumante, particularmente el comportamiento del aceite en la superficie del líquido a desespumar. Los factores clave del comportamiento del aceite son los siguientes (Müller y Poth, 2011):

- a) Densidad: el aceite en el sistema está presente en forma de gotas insolubles y es importante que tenga la propiedad de emerger hacia la superficie del líquido formador de espuma una vez suministrado en el sistema.
- b) Extensibilidad: un buen aceite para la formulación de antiespumantes debe tener la propiedad de extenderse en la interfase gas-líquido, usando un surfactante que garantice dicha extensibilidad. En este sentido, un aceite de silicona tiene ventajas respecto a la mayoría de los aceites orgánicos, pues es el que mejor se extiende en la superficie del sistema a desespumar.
- c) El tipo de película que forman en la interfase gas-líquido:
 - Monocapa: que forman una capa de una molécula de espesor.
 - Películas intermedias: aceites con mayor espesor que las monocapa, pero con menos espesor que las películas dúplex.
 - Películas dúplex: la película tiene el suficiente espesor para que las energías superficiales y de la interface sean independientes.

El pH es una variable importante a la hora de diseñar un buen antiespumante para base agua. Algunos aditivos como los humectantes de sustrato o de pigmento están en un valor de 7-9, mientras que aditivos antiespumantes para sistemas base agua tienen valores menores a 6 (Garret, 2013).

Una manera teórica de predecir el buen funcionamiento de un antiespumante es a través del cálculo del coeficiente de esparcimiento S y el coeficiente de penetración E. Ambos deben ser positivos para tener un buen efecto antiespumante (Figura 3.6):

$S = \sigma_F - \sigma_{EF} - \sigma_F$ $E = \sigma_F + \sigma_{EF} - \sigma_E$		σ_F = surface tension of liquid σ_{EF} = surface tension of defoaming agent σ_E = interfacial tension between defoaming agent and liquid									
Hydrocarbon	T (°C)	σ_{Ao} (mN m ⁻¹)	σ_{ow} (mN m ⁻¹)	E ¹ (mN m ⁻¹) ^a	S ¹ (mN m ⁻¹) ^a	Ref.	S ^o (mN m ⁻¹)	Ref.	T (°C)	$\Delta\sigma_{AW}$ (mN m ⁻¹)	Ref.
n-Pentane	20	16.1	50.2	+107.1	+6.7	[60, 61]			15	+6.8	[62]
n-Hexane	20	18.4	50.8	+105.4	+3.8	[61]	0.0	[59]	15	+3.4	[62]
n-Heptane	20	20.3	51.2	+103.9	+1.5	[60, 61]	-0.2	[63]	15	+1.6	[62]
n-Octane	20	21.7	51.7	+103.0	-0.4	[61]	-1.2	[59, 63]	15	+1.0	[62]
n-Decane	20	23.8	52.3	+101.5	-3.1	[61]	-3.2	[59]			
n-Dodecane	20	25.4	52.8	+100.4	-5.2	[61]					
n-Tetradecane	20	26.5	53.8	+99.8	-6.8	[61]					
n-Hexadecane	20	27.4	53.8	+99.4	-8.2	[61]					
Liquid paraffin	25	29.7	44.9	+87.5	-2.3	[15]					

a Taking σ_{AW} = 73.0 mN m⁻¹ at 20° C and 72.3 mN m⁻¹ at 25° C

b Low, probably due to polar impurities

Figura 3.6 Coeficientes de extensibilidad de hidrocarburos en agua (Garret, 2013).

El tipo de antiespumante a usar depende de la naturaleza del sistema. En todo sistema de recubrimiento es decisivo encontrar el equilibrio adecuado entre la compatibilidad y la incompatibilidad de la sustancia activa antiespumante. Cuánto más alta sea la incompatibilidad tanto mayor es la eficacia y la estabilidad a largo plazo, pero al mismo tiempo la incorporación del antiespumante es más difícil, con tendencia elevada a causar defectos superficiales.

- Partículas hidrofóbicas: para la formulación de un buen antiespumante se dispersan algunas partículas sólidas hidrofóbicas que dificultan la humectación e interrumpen la continuidad de la lamela, aumentando el potencial de eliminación de espuma del vehículo. Estas partículas pueden ser intrínsecamente hidrófobas o pueden tener un tratamiento superficial que confiera hidrofobicidad. Algunos de estos sólidos pueden ser ácido silícico, ceras, teflones, amidas, precipitados orgánicos o sílicas en una proporción que va del 1 al 15% en peso del total de la formulación (Rautschek, Burger, Wimmer, Zchelle y Wolf, 2003).

Una de las variables críticas para la elección del sólido tiene que ver con la geometría de este, de tal manera que las partículas con superficies irregulares o rugosas tienen un comportamiento distinto de aquellas que son esféricas o de bordes suaves, ya que modifica el ángulo de contacto del antiespumante con la solución espumosa, evitando la continuidad de la lamela. Se ha encontrado evidencia en diversos estudios que la rugosidad de partículas como el ácido esteárico mejora la actividad antiespumante de las partículas, la sílica amorfa tiene un comportamiento muy parecido. En cambio, las partículas esféricas regulares han tenido un menor rendimiento (Abdolahi, Moosavian y Vatani, 2005).

También es importante el tamaño de partícula pues está directamente relacionado con el volumen de líquido en la lamela que será desplazado por la partícula sólida en el antiespumante. Es por ello que, entre más grande sea la partícula, mayor será el volumen del líquido que se tiene que desplazar para favorecer la ruptura de la lamela, requiriéndose un mayor tiempo para colapsar la burbuja. Por otro lado, entre menor sea el tamaño de partícula, mayor será el número de ellas en una masa dada y será mayor la probabilidad de ruptura de la lamela (Clarson, Owen, Smith y Van Dyke, 2010).

- **Surfactantes:** son tensoactivos que ayudan a mantener la estabilidad del antiespumante para que la mezcla de sus diferentes componentes se comporte como una sola entidad en la pintura. Los surfactantes también facilitan la incorporación del antiespumante a la solución a desespumar y además mejoran la extensibilidad del mismo en la superficie (Myers, 1988).

Los surfactantes tienen un valor característico de HLB (Hydrophilic-Lipophilic Balance o equilibrio hidrofílico-lipofílico), el cual va del 0 al 20 dependiendo de la razón de grupos polares en la cadena del polímero. Los surfactantes con HLB bajos son afines a los compuestos no polares y en medida que aumenta el valor del HLB, son más compatibles con el agua (Garret, 2013).

En la actualidad, los antiespumantes deben cumplir con algunas propiedades para tener un buen desempeño al momento de combatir la espuma que se genera durante la fabricación, almacenado y aplicación de los recubrimientos. Entre ellas están las siguientes características (Hughes, Mol, Zheludkevich y Buchheit, 2016):

- Libres de disolventes.
- Adecuados para el desespumado previo y posterior a la fabricación y aplicación del recubrimiento.
- Efectivos incluso en cantidades de aplicación mínimas.
- Aplicación sin defectos de superficie incluso en sistemas complejos.
- Evitar la formación de microespuma y macroespuma.

- Libres de compuestos Alquil fenol etoxilados (APEO, por su traducción al inglés).
- Con bajos compuestos volátiles de carbono (VOC, por su traducción al inglés).

3.4 Métodos de medición de espuma y desespumado

Existen varios métodos para la medición de espuma, sin embargo, solo se tratarán aquellos que son relevantes para el estudio de la espuma y el desespumado en la industria de pinturas:

- Sistema de volteo de cilindros: para este método se utiliza un cilindro de 30 cm de altura y 2000 mL de capacidad, llenado hasta 500 mL con la solución espumante y se rota a una frecuencia de 0.5 Hz. La aireación se lleva a cabo cuando la solución espumante cae durante los giros del cilindro. Se detiene el movimiento y se mide la altura de la espuma antes y después de agregar el antiespumante para observar su efectividad.
- Burbujeo de aire: se burbujea aire dentro de una solución espumante mediante un capilar con un único orificio o bien a través de un papel poroso o platos perforados. Si se utiliza un capilar con un orificio único, entonces se forma una espuma monodispersa; si se burbujea a través de un papel poroso se obtiene una espuma polidispersa. Se mide la altura de la espuma antes y después de agregar el antiespumante analizado.
- Cilindros de medición agitados manualmente: se elige un recipiente cilíndrico de vidrio con tapa hermética. El método consiste en llenar hasta el 25% de la capacidad del cilindro con la solución espumosa y se agita vigorosamente el recipiente en forma vertical por 15 segundos; idealmente, el cilindro tiene que estar a temperatura constante durante la generación de espuma. Típicamente se agita a 3 Hz y un $Re > 10^5$. Una vez que se generó la espuma se mide la altura de la misma, desde el menisco de la solución y se toma también el tiempo de desespumado (Garret, 2003).

Tiene la ventaja de que se pueden usar tantos recipientes nuevos como se requieran para evitar contaminación con trazas de otros antiespumantes; además, es un método altamente reproducible. Sin embargo, tiene la desventaja de que la aparición y desaparición de espuma ocurren simultáneamente.

- Agitadores automáticos: para efectos prácticos se utiliza un agitador automático que funciona de forma análoga al método manual. En este proceso se utilizan 100 mL de la solución espumante en un recipiente cilíndrico de vidrio estándar de 250 mL; la dosis de antiespumante utilizada tiene una concentración de 0.005-0.01% y el recipiente se agita a 4Hz durante 10 s. Las variables a medir son la altura de la espuma y el tiempo de desespumado (Figura 3.7).

Las ventajas de este método es que la agitación durante las diferentes pruebas es constante pues se descarta la variable del cansancio presente en el método manual y garantiza la agitación uniforme.

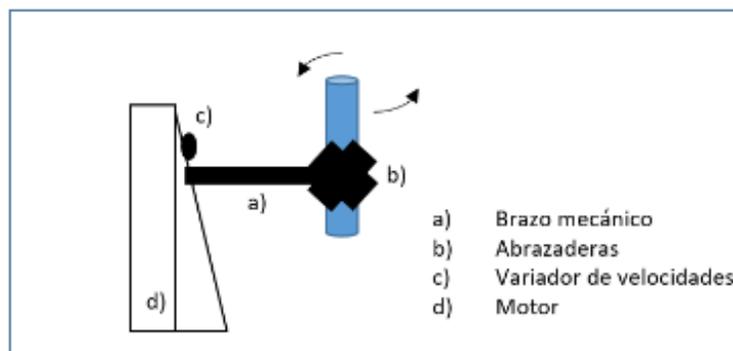


Figura 3.7 Vista lateral de un agitador automático (Garret, 2013).

- Agitación a alta velocidad/ Prueba dinámica: el principio de funcionamiento de esta prueba se basa en la generación de espuma a través de la aeración de la solución espumante gracias a la agitación a por lo menos 3000 RPM con un disco de corte. Para ello se utiliza un recipiente de al menos 1000 mL y se colocan en él 200 mL de la solución espumante y se agita durante 3 minutos.

Inmediatamente terminado el tiempo de agitación, se vierte la solución espumosa en una probeta para medir el volumen generado de espuma. Para verificar el funcionamiento de un antiespumante, se vierte 0.5% en peso del aditivo en la solución espumosa, se mide el tiempo de desespumado y se repite la prueba para verificar que no se haya generado espuma nuevamente.

Capítulo 4. Aspectos regulatorios

Durante las últimas dos décadas, la regulación gubernamental y las preferencias de los clientes han impulsado a la industria de recubrimientos a reducir el uso de formulaciones base solvente y sustituirlos por aquellas que son de base agua. El fin de esta migración entre formulaciones es la disminución en el uso y la eliminación paulatina de los compuestos orgánicos Volátiles (VOC) y de los compuestos Alquifenol Etoxilados (APEO), los cuales se han utilizado durante mucho tiempo en esta industria aunque representan un peligro para los trabajadores y personas que los manejan, además de provocar severos problemas ambientales.

La industria ha sido capaz de reducir estos componentes sin mucho impacto en la calidad final de las pinturas y recubrimientos, aunque ha hecho que los fabricantes reexaminen sus formulaciones y busquen nuevas formas de reducirlos hasta los límites permisibles. En algunos casos, los fabricantes tuvieron que reinventar totalmente sus recubrimientos para cumplir con los estándares.

4.1 Compuestos orgánicos volátiles (VOC)

Los disolventes utilizados en la industria de las pinturas y recubrimientos son compuestos químicos líquidos de peso molecular ligero, además de ser sustancias poco polares y, por tanto, escasamente miscibles en agua. Poseen gran volatilidad, pudiendo pasar fácilmente a la atmósfera en forma de vapor durante su manejo y, por ello, susceptibles de ser inhalados. Se les conoce como compuestos orgánicos volátiles (VOC, por sus siglas en inglés), tienen un uso muy amplio y muchos son tóxicos (Tracton, 2006).

Los VOC's están presentes durante todo el proceso de fabricación de las pinturas y recubrimientos, desde que se preparan las materias primas para modificar la viscosidad de las resinas, cuando se agregan los demás componentes (cargas, pigmentos y aditivos), cuando se envasa y, finalmente, cuando se prepara y aplica sobre la superficie por el usuario final.

El impacto de estos compuestos químicos tóxicos en el medio ambiente y en la salud pública ha despertado una gran inquietud entre empresas fabricantes y comercializadoras de recubrimientos, llevando al desarrollo de los productos llamados ecológicos o *low VOC*, los cuales tienen un contenido mínimo de VOC, disminuyendo su potencial dañino tanto a la salud como al medio ambiente.

4.1.1 Clasificación de los disolventes

Una clasificación de los disolventes se aprecia en la Tabla 4.1, donde se encuentran algunos ejemplos para cada uno de los grupos de disolventes empleados en recubrimientos.

Tabla 4.1: Clasificación de disolventes para pinturas.

Tipo de disolvente	Ejemplos de disolventes más usados
Hidrocarburos alifáticos	Pentano, hexano, heptano y decano
Hidrocarburos alicíclicos	Ciclohexano y metilciclohexano
Hidrocarburos aromáticos	Benceno, tolueno, xileno, etilbenceno, estireno
Hidrocarburos halogenados	Cloruro de metileno, cloroformo, tricloroetileno, tetracloruro de carbono, 1,2-dicloroetano, freones y tetracloroetileno
Alcoholes	Metanol, etanol, i-propano y butanol
Glicoles	Etilenglicol y dietilenglicol
Éteres	2-metoxietanol, etoxietanol, butoxietanol y p-dioxano
Ésteres	Acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de i-propilo, acetato de n-butilo, acetato de i-butilo y metacrilato de metilo
Cetonas	Acetona, butanona-2,4-metil-pentanona, hexanona-2 y ciclohexanona
Otros	Nitroparafinas y disulfuro de carbono

Fuente: Calvo, 2009.

Para elegir el disolvente adecuado en pinturas y recubrimientos existen dos parámetros importantes: el poder disolvente y la tasa de evaporación. El primero es la habilidad del disolvente (o mezcla de disolventes) para disolver una partícula de resina y es relativo a la polaridad del material, mientras que la tasa de evaporación es la velocidad del cambio de fase líquido a vapor, siendo de crucial importancia para el film de pintura seca, pues influye en un curado rápido y limpio (Gooch, 2002).

El disolvente debe permitir la evaporación de la pintura a una tasa controlada, permitiendo que esta fluya y se adhiera bien sin formar burbujas provenientes de la vaporización. Algunos de los disolventes con una tasa de evaporación rápida son: acetonas, alcohol metílico, metil etil cetona, metil isobutil cetona; mientras que algunos disolventes con tasa de evaporación intermedia son xileno y alcoholes minerales, entre otros (Schweigger, 2005).

La evaporación de los disolventes orgánicos a partir de su uso en la industria, como ya se ha dicho, contribuye en gran medida a la contaminación del aire. En la tabla 4.2 se enlistan las actividades industriales en las que se utilizan disolventes y la cantidad de emisiones a la atmósfera que se generan para cada una de ellas.

Tabla 4.2 Emisiones por el uso de disolventes en la industria.

Actividad que consume disolventes orgánicos	Porcentaje de emisiones
Aplicación de pinturas en industria automotriz	6.3
Otras aplicaciones industriales de pinturas	32.0
Desengrasado de metales	12.8
Lavado en seco	4.1
Tratamiento del caucho	2.1
Fabricación de productos farmacéuticos	4.5
Fabricación de pinturas y tintas	1.4
Fabricación de adhesivos	3.6
Imprenta	13.4
Extracción de grasas y aceites comestibles y no comestibles	4.3
Recubrimiento adhesivo	10.4
Conservación de bosques	5.1
Total	100

Fuente: Calvo, 2009.

4.1.2 Contaminación y riesgos a la salud por uso de VOC

La emisión de VOC a la atmósfera ocasiona problemas importantes para el medio ambiente, por lo que algunas de estas sustancias ya están prohibidas en formulación de pinturas. Los VOC contribuyen a la degradación de la capa de ozono atmosférico, además de reaccionar con otros contaminantes del aire, entre ellos óxidos de nitrógeno y azufre en presencia de luz solar, para formar ozono troposférico (O₃) o ambiental (Zhang, 2011).

El ozono troposférico (O₃) es un gas incoloro, cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno. La capa de ozono en los niveles altos de la atmósfera (estratosférico) constituye un filtro de protección contra las radiaciones solares. Sin embargo, el ozono en superficie (troposférico) resulta ser un contaminante que tiene graves impactos sobre la salud y los ecosistemas.

Este contaminante tiene efectos nocivos tanto para la salud humana como al medio ambiente, provocando grandes estragos en las especies vegetales y los cultivos pues interfiere en la actividad fotosintética, en el crecimiento y metabolismo de las plantas. Para controlar la formación de ozono, los países han propuesto normas para limitar la cantidad de precursores de ozono troposférico, como NO_x, SO_x y VOC, con medidas cada vez más estrictas.

Los riesgos para la salud asociados a la emisión de VOC se derivan de sus propiedades volátiles, liposolubles, tóxicas e inflamables. Ya sea contacto con la piel o por inhalación, estas sustancias pasan a la sangre y de ahí a los diferentes órganos, donde tienden a acumularse. Los efectos de exposición de corta duración son irritación de los ojos, afectación del sistema nervioso central, delirios, mareos y fatiga. Los VOC están catalogados como carcinógenos, principalmente de esófago, riñón, leucemia pulmón, hígado, piel y páncreas (Diario Oficial de la Unión Europea, 2004).

El carácter volátil de los disolventes hace que éstos se evaporen rápidamente, formándose mezclas explosivas con el aire sobre todo si se manejan en espacios confinados. El peligro de explosión varía de un disolvente a otro, por lo que es necesario conocer las condiciones de concentración, presión, temperatura, etc. en cada caso para evitar este riesgo.

Por todas las razones mencionadas, cada vez más fabricantes de recubrimientos se deciden a desarrollar sistemas de base agua y sin solventes, presentando una gran oportunidad en innovaciones de surfactantes para hacer productos más ecológicos con bajo contenido de VOC, cumpliendo con las regulaciones más estrictas y los requisitos del cliente. Desde un punto de vista económico, los clientes buscan surfactantes que puedan ser efectivos con menores cantidades aplicadas, a la vez que se optimizan los procesos para reducir los tiempos de fabricación.

4.2 Compuestos Alquilfenol Etoxilados (APEO)

Los compuestos alquilfenol etoxilados (APEO, por sus siglas en inglés) son surfactantes con acción emulsionante y dispersante muy usados en sistemas acrílicos y vinílicos, los cuales tienen buenas características de humectación, penetración, solubilización y lavado. Por esta razón se han utilizado durante más de 50 años en detergentes, pinturas y recubrimientos, ya sea como agentes adherentes, solubilizantes o antiespumantes (Schweigger, 2005).

Los APEO no solo se utilizan en la industria de las pinturas y recubrimientos, sino también en la industria del papel y celulosa, textiles, pesticidas, aceites, combustibles, lubricantes, metales y plásticos. Las aplicaciones industriales de los APEO comprenden el 55 % del mercado internacional; los usos restantes incluyen productos de limpieza institucional e

industrial (30%), productos de limpieza domésticos (15%) y usos misceláneos (<1%) (Calvo, 2009).

Los compuestos más importantes para la industria son los nonilfenol etoxilados (NPEO) y octilfenol etoxilados (OPEO); aproximadamente se producen 500,000 toneladas anuales de este grupo de compuestos en el mundo y cerca del 90% de la producción corresponde a los NPEO. Los alquilfenoles, además de ser precursores para los compuestos alquilfenol etoxilados, se usan en la fabricación de resinas fenólicas, polímeros, estabilizantes de fuego, antioxidantes y agentes de curtiduría (Bieleman, 2000).

4.2.1 Contaminación y riesgos a la salud por uso de APEO

Se ha demostrado que los APEO son tóxicos para el ser humano y para muchas especies animales, ya sea por inhalación, ingesta o por contacto con la piel y ojos, siendo sus productos de degradación (nonil y octil fenoles) los que presentan mayores efectos nocivos en la salud, entre los que se encuentran los siguientes: irritación de piel, ojos y mucosas, además de afectaciones en el embarazo y problemas de fertilidad.

Los APEO se degradan lentamente y tienden a bioacumularse, pues ascienden en la cadena trófica hasta llegar al ser humano. La exposición a estos compuestos se da principalmente a través del agua y el aire, en donde se han medido cantidades alarmantes de APEO, así como en organismos acuáticos y en productos alimentarios para el hombre en diferentes partes del mundo (Diario Oficial de la Unión Europea, 2003).

Las alternativas para reducir el uso de los APEO pueden ser de difícil implementación debido a la necesidad de igualar las propiedades físicas de muchos compuestos etoxilados con otros compuestos menos contaminantes. Sin embargo, se han hecho investigaciones para encontrar compuestos que cumplan con la función de los APEO pero con menor impacto en el medio ambiente y la salud.

4.3 Regulación de VOC y APEO en el mundo

Las regulaciones ambientales han tenido gran impacto en el mercado de los surfactantes, pues cada vez son más estrictas con el fin de desarrollar productos con VOC y APEO bajos o nulos. Dichas regulaciones están impulsando el cambio global en la demanda de surfactantes con atributos de rendimiento únicos.

Los problemas medioambientales y regulatorios siguen siendo un factor determinante en el desarrollo y comercialización de surfactantes, particularmente con respecto al

cumplimiento de los estándares REACH (Registration, Evaluation, Authorization and restriction of CHemicals), que regulan la producción y utilización de sustancias químicas, así como su impacto en la salud humana y el medio ambiente (Calvo, 2009).

La Unión Europea regula y supervisa el uso de disolventes a través de la Dirección de Emisión de Solventes, siendo el principal instrumento de políticas para la reducción de las emisiones industriales de compuestos VOC. Contempla una amplia gama de actividades de uso de solventes, por ejemplo: impresión, limpieza de superficies, recubrimiento de vehículos, limpieza en seco y fabricación de calzado y productos farmacéuticos. La Directiva exige que las instalaciones donde se realizan dichas actividades cumplan los valores límite de emisiones establecidos con los requisitos del denominado régimen de reducción (Diario Oficial de la Unión Europea, 2004).

Como parte del esfuerzo para enfrentar el calentamiento global y problemas de salud, se creó la Directiva 2004/ 42/ CE de la Unión Europea para minimizar y controlar los efectos nocivos de los VOC, estableciendo que a partir de enero 2010 todos los adhesivos, rellenos, pinturas y decorativos deberían contener no más de 30 g/L de VOC (Diario Oficial de la Unión Europea, 2004). El proceso de implementación del régimen de reducción de VOC en Europa comenzó en octubre del 2007.

En la Unión Europea, el contenido de VOC se mide considerando el “libre de VOC” menor a 100 partes por millón según la norma UNE-EN ISO 11890-2:2013. Existen varias categorías en las que los recubrimientos y pinturas pueden agruparse, dependiendo de la cantidad de VOC que contengan, las cuales se encuentran en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Categorías para agrupar pinturas y recubrimientos según su contenido de VOC.

Categoría	Porcentaje
Contenido mínimo de VOC	0 – 0.29
Bajo contenido de VOC	0.3 – 7.99
Contenido medio de VOC	8 – 24.99
Alto contenido de VOC	25 – 50
Muy alto contenido de VOC	50 o más

Fuente: Diario Oficial de la Unión Europea, 2004.

Por su parte, Green Seal, una organización no gubernamental que desarrolla estándares de sostenibilidad para productos, servicios y compañías, ha propuesto un estándar para especificar los límites de VOC en pinturas, recubrimientos y selladores, determinados con ASTM D6886-03 Standard Test Method for Speciation of VOC's in low VOC content waterborn air dry coatings. Dichos límites de VOC se muestran en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Límites de VOC en pinturas y recubrimientos.

Producto	Límite de VOC (g/ L)
Pintura mate	50
Pintura semi mate	100
Pintura de alto brillo	150
Pintura de piso	100
Primer	100
Recubrimiento Anticorrosivo	250
Impermeabilizante	100
Recubrimiento Reflectivo	50

Fuente: Green Seal, 2015.

Finalmente, los APEO están sujetos a restricciones estrictas en Europa, donde desde enero de 2005, la Unión Europea y la Directiva 2003/53/EG han prohibido el uso del grupo principal de APEO, los Nonilfenol Etoxilados NPEO, en concentraciones mayores que 0.1% en productos químicos para limpieza industrial, doméstica, tratamiento de textiles y cuero, fabricación de papel y cosméticos (Diario Oficial de la Unión Europea, 2003).

4.4 Regulación en México

En México existen dos tipos de normas que regulan la calidad de los productos y servicios: las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), cuyos lineamientos son de carácter obligatorio, y las Normas Mexicanas (NMX) que expresan una recomendación de parámetros o procedimientos y permiten la competitividad y aplicación de las mejores prácticas internacionales.

Ambas normas son documentos técnicos en los que se especifican las características que los productos deberán cumplir en función de sus cualidades y los métodos de prueba que determinan esas características, permitiendo definir diferentes grados de calidad. El gobierno, a través de las distintas secretarías, es el encargado de la emisión de las NOM en conjunto con comités técnicos integrados por representantes de todos los sectores relacionados con el tema, como investigadores, académicos, cámaras industriales, etc.

En México, la dependencia federal encargada de regular y supervisar el cumplimiento de leyes para la protección ambiental es la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAT), a través de la Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente (PROFEPA). Aunque la PROFEPA es la encargada de vigilar que se cumplan las leyes de protección al medio ambiente, también la Secretaría de Salud (SSA) ha emitido

Normas referentes al mundo de los recubrimientos, tales como la NOM-006-SSA1-1993 y NOM-008-SSA1-1993, referentes al contenido de plomo permisible en pinturas y barnices.

Actualmente la Norma que regula las emisiones de VOC al ambiente es la Norma Oficial Mexicana NOM-123-ECOL-1998, que establece el contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles VOC en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico, los cuales se concentran en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Cantidad máxima permisible de VOC, por tipo de pintura.

Tipo de pintura para uso doméstico de secado al aire base disolvente	Contenido máximo permisible de VOC (g/L*)
Esmalte arquitectónico	450
Esmalte doméstico	450
Esmalte alquidálico	450
Pintura de aceite	450

Fuente: (NOM-123-ECOL-1998).

NOTA: (*) Gramos de disolventes orgánicos por litro de pintura fabricada y envasada.

Los límites de VOC establecidos por la NOM-123-ECOL-1998 son significativamente superiores a los presentados en la normatividad de la Unión Europea, como se mostró en la Tabla 4.4. Es por ello que en México este mercado se encuentra en una constante migración a una política de cero VOC's y formulaciones libres de APEO's, siguiendo las tendencias amigables con el medio ambiente y alineándose a las regulaciones cada vez más estrictas en países de la Unión Europea y Estados Unidos.

En los siguientes apartados, se enlistan las Normas asociadas al mercado de los recubrimientos y su campo de aplicación, agrupadas como NOM y NMX por separado.

4.4.1 Normatividad sobre el impacto ambiental de pinturas y recubrimientos

- NOM-123-ECOL-1998 - establece el contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (VOC) en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos.
- NOM-006-SSA1-1993 - Salud ambiental. Pinturas y barnices. Preparación de extracciones ácidas de las capas de pintura seca para la determinación de plomo soluble.

- NOM-008-SSA1-1993 - Salud ambiental. Pinturas y barnices. Preparación de extracciones ácidas de pinturas líquidas o en polvo para determinación de plomo soluble y otros métodos.

4.4.2 Normatividad especificaciones y métodos de prueba pinturas y recubrimientos

- NMX-U-001-SCFI-2011 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- términos y definiciones.
- NMX-U-007-SCFI-2011 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- método de ensayo para la determinación del pH de lixiviados de pigmento, pinturas, recubrimientos y emulsiones base agua (cancela a la NMX-u-109-1983).
- NMX-U-019-1974 - Determinación de la densidad de pinturas, barnices y lacas y productos relacionados.
- NMX-U-026-1981 - Pinturas, recubrimientos y productos afines- determinación del residuo en malla d.g.n.- 130m.
- NMX-U-038-SCFI-2012 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- determinación de la viscosidad por los métodos stormer y brookfield (cancela a la NMX-u-038-1978).
- NMX-U-040-SCFI-2010 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- muestreo (cancela a las NMX-u-040-1978 y NMX-u-042-1978).
- NMX-U-041-SCFI-2010 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- preparación de las muestras de prueba (cancela a la NMX-u-041-1978).
- NMX-U-043-1984 - Pinturas, pigmentos y cargas - sílice – especificación.
- NMX-U-065-SCFI-2011 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- ensayo cualitativo de adherencia utilizando cinta adhesiva (cancela a la NMX-u-065-1979).
- NMX-U-087-SCFI-2012 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- paneles estándar para ensayo-tipos y preparación (cancela a la NMX-u-087-1981).

- NMX-U-092-1981 - Pinturas, recubrimientos y productos afines- determinación de agua libre.
- NMX-U-093-SCFI-2012 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- determinación del brillo especular de películas de pinturas, barnices, recubrimientos y productos relacionados no metálicos a 20°, 60° y 85° (cancela a la NMX-u-093-1981).
- NMX-U-117-SCFI-2012 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- métodos de ensayo para la determinación de la densidad aparente y densidad real en pinturas, barnices, lacas y productos relacionados.
- NMX-U-119-SCFI-2015 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- métodos de ensayo para la determinación de rendimiento y aplicabilidad en esmaltes arquitectónicos base solvente.
- NMX-U-120-1993-SCFI - Casetas para aplicación de pintura - su diseño y equipos a emplear.
- NMX-U-121-SCFI-2016 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- determinación del rendimiento de pinturas arquitectónicas a base de emulsiones.
- NMX-U-122-SCFI-2016 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- evaluación de la degradación de recubrimientos- designación de la cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos y de la intensidad de los cambios uniformes de apariencia.
- NMX-U-123-SCFI-2016 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- método de ensayo para la determinación del grado de dispersión.
- NMX-U-124-SCFI-2016 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- estabilidad en el envase para pinturas arquitectónicas base agua y base solvente.
- PROY-NMX-U-118-SCFI-2013 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- métodos de ensayo para determinar el poder cubriente y la relación de contraste de pinturas y recubrimientos por reflectometría.
- PROY-NMX-U-126-SCFI-2016 - Recubrimientos, pinturas, barnices y productos afines- determinación de tiempo de secado en recubrimientos arquitectónicos.

4.4.3 Normatividad de pinturas y recubrimientos en la industria de la construcción: especificaciones y métodos de prueba

- NMX-C-423-ONNCCE-2003 - Industria de la construcción-pinturas-pinturas látex (antes pinturas vinílicas)-especificaciones y método de prueba (cancela a la NMX-u-097-1981).
- NMX-C-424-ONNCCE-2003 - Industria de la construcción-pinturas-método de prueba para determinar la nivelación de pinturas (cancela a la NMX-u-085-1981).
- NMX-C-425-ONNCCE-2003 - Industria de la construcción-determinación de materia no volátil y volátiles totales en pinturas (cancela a la NMX-u-022-1976).
- NMX-C-426-ONNCCE-2003 - Industria de la construcción-determinación del contenido de pigmento y del contenido de vehículo en pinturas (cancela a la NMX-u-025-1976).
- NMX-C-427-ONNCCE-2003 - Industria de la construcción-pinturas-determinación del tiempo de secado al tacto y tiempo de secado duro de los recubrimientos para protección anticorrosiva (cancela a la NMX-u-031-1977).
- NMX-C-428-ONNCCE-2003 - Industria de la construcción-pinturas-determinación del poder cubriente relativo en recubrimientos para protección anticorrosiva (cancela a la NMX-u-035-1977).
- NMX-C-429-ONNCCE-2003 - Industria de la construcción-pinturas-determinación de la resistencia al desgaste por lavado (cancela a la NMX-u-084-1980).
- NMX-C-451-ONNCCE-2009 - Industria de la construcción-pinturas-pinturas para señalamiento horizontal-especificaciones y métodos de ensayo (cancela a la NMX-c-451-onncce-2007).
- NMX-C-452-ONNCCE-2007 - Industria de la construcción - pinturas - método de ensayo para la determinación del tiempo de secado en pinturas para señalamiento horizontal (cancela a la NMX-u-021-1976).
- NMX-C-453-ONNCCE-2007 - Industria de la construcción - pinturas - método de ensayo para la determinación de flexibilidad en pinturas para señalamiento horizontal (cancela a la NMX-u-033-1977).

- NMX-C-454-ONNCCE-2007- Industria de la construcción - pinturas - método de ensayo para la determinación de densidad absoluta en pinturas (cancela a la NMX-u-024-1976).
- NMX-C-455-ONNCCE-2007 - Industria de la construcción - pinturas - método de ensayo para determinación de la viscosidad empleando el viscosímetro stormer en pinturas para señalamiento horizontal (cancela a la NMX-k-277-1976).
- NMX-C-456-ONNCCE-2007 - Industria de la construcción - pinturas - método de ensayo para determinación del grado de finura de los pigmentos en pinturas para señalamiento horizontal (cancela a la NMX-u-027-1976).
- NMX-C-457-ONNCCE-2007- Industria de la construcción - pinturas - método de ensayo para la determinación de la resistencia a la abrasión en pinturas para señalamiento horizontal (cancela a la NMX-u-020-1976).

Capítulo 5. Bases de diseño y propuesta de formulación

En este capítulo se examinarán los posibles componentes para diseñar una formulación de un antiespumante con bajos VOC y libre de APEO, para cumplir con los límites permisibles de estos compuestos en el producto final. Este análisis incluye al vehículo, los agentes activos tanto sólidos como líquidos y los agentes emulsificantes que se puedan adicionar para mejorar la compatibilidad y la extensibilidad en recubrimientos base agua.

Se revisarán algunas tablas que proporcionan los fabricantes para analizar propiedades de los componentes del antiespumante, tales como viscosidad, densidad, peso molecular, polaridad, tensión superficial, color, olor, tamaño de partícula, tratamientos superficiales, área superficial, HLB, grupos funcionales, pH, puntos de fusión, presión de vapor, costo, disponibilidad, seguridad, etc. A través del análisis de dichas propiedades, se evaluarán las interacciones que puedan existir entre los componentes del antiespumante para alcanzar el mayor desempeño con el menor impacto ecológico.

Parte fundamental de este análisis consiste en decidir si la mejor formulación es aquella con alto contenido de activo o bien si es mejor el diseño de un antiespumante en emulsión, además de abordar los aspectos técnicos, económicos y regulatorios para presentar una propuesta que cumpla cabalmente con los requerimientos establecidos.

5.1 Criterios de selección de componentes del antiespumante

En esta sección se explicarán las características de los tipos de antiespumantes más comunes, sus ventajas y desventajas, así como los sistemas en los que se pueden utilizar para después proponer un antiespumante con las mejores características. Se compararán dos grupos de antiespumantes: en el primer grupo, se describirán los antiespumantes 100% activos y en emulsión, mientras que en el segundo grupo se mencionan a los antiespumantes orgánicos y de silicona.

5.1.1 Antiespumantes 100% activos y en emulsión

Cuando hablamos de sistemas para base agua podemos tener antiespumantes 100% activos, que son aquellos donde el cien por ciento de la formulación tiene actividad antiespumante, o bien existen antiespumantes en emulsión con una concentración determinada de ingredientes activos dispersos y estabilizados en el vehículo. El tipo de antiespumante que

se decida utilizar depende principalmente del tipo de recubrimiento y de sus componentes, tal como se describen enseguida:

- Antiespumantes en emulsión: los primeros antiespumantes que se crearon solo tenían como objetivo descomponer la espuma visible en la superficie, usando para ello queroseno, aceite comestible, aceites vegetales y otros productos de aceite ligero. Los alcoholes grasos fueron muy eficientes, pero a la vez muy costosos ya que eran dispersados en aceites (Abdolahi, Moosavian y Vatani, 2005).

La solución para este problema fue agregar agua, de esa manera aparecieron los antiespumantes de agua extendida o emulsión aceite en agua, los cuales tienen ciertas ventajas, como una mejor dispersabilidad en condiciones normales de temperatura, ya que son capaces de introducirse fácilmente en sistemas acuosos sin tratamiento adicional, por lo cual es el antiespumante ideal para la eliminación de la microespuma y las burbujas dentro del seno del líquido.

Además, analizando correctamente sus componentes se logra disminuir los defectos de superficie de los recubrimientos, al igual que se logran grandes ahorros económicos pues una parte considerable de la fórmula será agua desde un 50% hasta un 90%. Finalmente, los antiespumantes en emulsión tienen mejor lavabilidad y los efluentes que los contienen tienen menor demanda bioquímica de oxígeno, por lo que son más amigables con el medio ambiente (Garret, 2013).

En este tipo de antiespumantes es común el uso de fluidos de polidimetilsiloxano y aceites orgánicos para evitar la formación de espuma en sistemas acuosos, aumentando su efectividad cuando se usan junto con otros compuestos tales como sílice finamente dividido que actúa como un reventador de burbuja y un emulsificante en concentraciones adecuadas (Laden, 1997). En la tabla 5.1 se presenta el ejemplo de una formulación para la fabricación de un antiespumante en emulsión, cuya patente corresponde al número 2,839,112 de los Estados Unidos.

Tabla 5.1 Patente de un antiespumante.

Componente	Porcentaje, %
Agua	54.2
Polimetilsiloxano	30
Estearato de polietilenglicol	6
Estearato de sorbitol	8.3
Aerogel de sílica	1.5
Total	100

Fuente: Myers, 1958.

- Antiespumantes 100% activos: en este caso se utiliza el antiespumante al 100%, es decir, el producto o mezcla de productos puros, lo que confiere ciertas ventajas, por ejemplo una dosificación menor que la de un antiespumante en emulsión y además no necesitan ser estabilizados, conservando sus propiedades durante más tiempo. El proceso de fabricación es más sencillo que el preparado de la emulsión, pues solo requiere agitación con un disco de corte, mientras que la fabricación de una emulsión requiere equipos más sofisticados que van desde propelas tipo rotor-estator hasta molinos coloidales (Starch, 1990).

La mezcla de componentes puede ir desde las siliconas puras de diferentes pesos moleculares hasta siliconas modificadas con diversos grupos orgánicos, como aceite mineral, vegetal o cualquier otro aceite insoluble en el medio. También pueden contener ceras de parafina, de éster o de alcohol graso, además de contener sílice hidrofóbica para aumentar el rendimiento. Estos componentes deben tener propiedades surfactantes para mejorar la dispersión en el medio (Owen y Dvornic, 2012).

Normalmente, estos antiespumantes son más efectivos para abatir la espuma de la superficie pero tienen grandes limitantes para disminuir la cantidad de microespuma y las burbujas atrapadas en el seno del líquido. Además, por su incompatibilidad tienen mayores riesgos de formar defectos superficiales en la película del recubrimiento (Goldschmidt y Streitberger, 2007).

5.1.2 Antiespumantes orgánicos o de silicona

Cuando hablamos de antiespumantes, sabemos que hay dos familias químicas principales: la familia orgánica y la familia de silicona. Ya en capítulos anteriores revisamos algunas de las principales ventajas y desventajas de cada sistema, ahora se hará un breve repaso de las propiedades críticas para la selección de la materia prima de nuestra formulación. Una de las principales diferencias entre los antiespumantes de silicona y los antiespumantes orgánicos es la compatibilidad con los diferentes sistemas base agua, además de la eficiencia en el control de la espuma, tal como se ilustra en la gráfica de la figura 5.1.

↑ Eficiencia ↓	+	Antiespumantes base silicona	Combinación de orgánicos y siliconas
	-		Antiespumantes base orgánico
		-	+
		Compatibilidad	
		←-----→	

Figura 5.1 Ventajas y desventajas de antiespumantes de acuerdo a la combinación de eficiencia y compatibilidad.

De la figura 5.1 podemos deducir lo siguiente: un antiespumante de silicona tiene buena eficiencia para la remoción de espuma, ya que tienen una baja tensión superficial, la cual ronda los 20 mN/m, además poseen buena resistencia al calor (-50°C a 350°C) y tiene excelente resistencia a la oxidación y a la luz UV. Sin embargo, lo encontramos en el cuadrante de baja compatibilidad, por lo que estos antiespumantes pueden generar problemas en el recubrimiento, como disminución de brillo e interferencia en la repintabilidad de la superficie (Starch, 1990).

Sobre el antiespumante orgánico podemos notar que tiene una apreciable reducción en su eficiencia para controlar la espuma comparada con los de base silicona, a pesar de ser más compatibles con los sistemas base agua. Este grupo de compuestos tienen una tensión superficial mayor (alrededor de los 30 mN/m), por lo que no se recomienda para sistemas de espuma persistente. Otra limitante de este tipo de materiales es la tendencia a generar una ligera capa blanca en la película que afecta el color de la misma. Además, estos compuestos contienen cantidades importantes de VOC, lo cual limita mucho su aplicación en formulaciones modernas (Starch, 1991).

Algunos de los antiespumantes orgánicos más versátiles son los derivados de polímeros de glicoles, también llamados poliéteres, como el polietilenglicol (PEG) y polipropilenglicol (PPG). Estos materiales se pueden adicionar al sistema en forma de aceite puro, como una solución acuosa o bien como una emulsión y se pueden utilizar como agentes con actividad humectante que permitan la correcta dispersabilidad del antiespumante en la superficie y en el seno del sistema a desespumar (Rautschek, Burger, Wimmer, Zschelle y Wolf, 2003).

Dicho lo cual, la mejor alternativa para la formulación de antiespumantes es utilizar como activo una mezcla de los dos principales grupos químicos: las siliconas y los orgánicos,

para conseguir una tensión superficial que ronde los 20-25 mN/m. Además, dado que se puede balancear la compatibilidad utilizando siliconas como base y algunos emulsificantes, se reducen considerablemente los defectos superficiales de estos sistemas.

5.2 Especificación de materias primas

Con base en la analogía de la patente 2,839,112 para antiespumantes y la información complementaria en esta tesis se propone una formulación como la mostrada en la Tabla 5.2, que enumera de forma general los principales componentes del antiespumante propuesto. Posteriormente, se lleva a cabo la selección particular de los materiales que se proponen en la formulación.

Tabla 5.2 Formulación del antiespumante propuesta.

Componente	Porcentaje en peso
Reventador de burbuja	2
Activo orgánico	11.4
Activo siliconado	2.8
Emulsificante	3
Modificador reológico	0.5
Conservador	0.3
Agua	80
Total	100

Los principios en los que se basa la propuesta están encaminados a romper la lamela, para dar el mejor desempeño al antiespumante y para mantener la vida útil del producto a las condiciones en las que se usa y almacena. A continuación enumeramos los requisitos que debe cumplir cada componente para obtener un buen desempeño:

1. Un reventador de burbujas activo, sólido hidrofóbico, químicamente inerte, con tensión superficial menor que la del líquido a desesmpumar, en este caso menor a la del agua 72 mN/m y un tamaño de partícula menor a 5 μ . Un líquido activo que favorezca la ruptura de la lamela, con baja tensión superficial entre 20 y 30 mN/m para lograr el efecto Marangoni y con viscosidad media de 350-500 cSt para el caso de los orgánicos con bajos VOC y viscosidad entre 100 y 500 cSt para el caso de la silicona hidrofóbica.

2. Al tener presente que estaremos trabajando en la formulación de una emulsión resulta indispensable la selección de al menos dos emulsificantes para mantener su estabilidad según vimos en el capítulo 3.
3. Además, es bien sabido que los sistemas que tienen componentes orgánicos en agua son susceptibles de ser degradados por bacterias y hongos, para lo cual es necesario que el antiespumante incluya un biocida con las características adecuadas para este tipo de sistemas, que perdure el tiempo suficiente para proteger a la emulsión, sin afectar a los usuarios, que no sea bioacumulable, ni mutagénico, bajos VOC y libre de APEO.
4. Como las emulsiones son sistemas termodinámicamente inestables, se agrega un agente reológico para que, mediante tixotropía, se evite la aglomeración de la fase oleosa en suspensión y asegurar una vida de anaquel lo más amplia posible.
5. Finalmente, se tiene que utilizar agua blanda ya que los iones calcio y magnesio pueden interactuar con el emulsificante, interfiriendo con su desempeño y, por lo tanto, con la funcionalidad de la emulsión.

En esta sección se hizo un compendio de las materias primas y las variables que se tienen que evaluar para incluirlos en la formulación, así como las propiedades aportadas por proveedores del componente en cuestión.

- Aceite orgánico

Propiedad	Unidades	Método	Parámetro recomendado	Parámetro del Aceite VG 460
Apariencia	NA	Visual	Transparente-ámbar	Ámbar
Densidad 15°C	@ Kg/m ³	ISO15185	850-1,100	947
Viscosidad 40°C	@ mm ² /s	ASMTD4 45	300-500	460
Flash point	C	ASMTD9 2	>100	>230

- Aceite silicona

Propiedad	Unidades	Método	Parámetro recomendado	Parámetro de la silicona KF-6048
Índice refracción	de NA	Visual	Transparente	1,450
Densidad 15°C	@ g/cm ³	ISO15185	0.9-1.05	0.963
Viscosidad 25°C	@ mm ² /s	ASMTD4 45	>500	2,700
HLB	Wt%	-	>10	3.5

- Sílicas

Propiedad	Unidades	Método	Parámetro recomendado	Parámetros de Sipernat D10
Afinidad al agua	NA	Visual	Hidrofóbico	Hidrofóbico
Tamaño de partícula	µm	ISO13320	6-11	6.5
pH	-	ISO787-9	9-11	10.3
Contenido de SiO ₂	%	ISO3262-19	>97	>97

- Emulsificante 1

Propiedad	Unidades	Método	Parámetro recomendado	Parámetro ALKONAT L10
Activo	%	Gravimetría	>90	100
Densidad @ 20°C	g/cm ³	ISO15185	.09-1.1	1.02
Viscosidad @25°C	cPs	ND	>100	550
Forma física	NA	Visual	Líquido	Líquido
HLB	NA	ND	3-5	3.6

- Emulsificante 2

Propiedad	Unidades	Método	Parámetro recomendado	Parámetro ALKOSYNT 9160
Activo	%	Gravimetría	>50	100
Densidad @ 20°C	g/cm ³	ISO15185	.09-1.1	1.10
Viscosidad @25°C	cPs	ND	>100	350
Forma física	NA	Visual	Líquido	Líquido
HLB	-	ND	-	12.5

- Agente reológico para modificar viscosidad

Propiedad	Unidades	Método	Parámetro recomendado	Parámetro Natrosol R
Estado físico	NA	-	Sólido	Sólido
pH (al 1% en solución)	-	-	6-8	7
Viscosidad al1%@ 25°C	mPa*s	N5-5	1200-1700	1500

- Biocida

Propiedad	Unidades	Método	Parámetro recomendado	Parámetro Myacide AS
Densidad @ 20°C	g/cm ³	ISO15185	0.9-1.1	1.1
Solubilidad @ 23°C	%	-	20-30	28
pH 1% en solución	-	-	4-7	5
Vida de anaquel	Años	-	>2 años	3
Forma física	NA	-	Líquido	Líquido

- Agua para emulsión

Propiedad	Unidades	Método	Parámetro recomendado
Dureza total	ppm CaCO ₃	-	20-125
pH	-	-	6.5-7.5

La formulación propuesta en la Tabla 5.2 quedaría de la siguiente manera, teniendo en consideración las especificaciones de cada uno de los componentes descritos anteriormente:

Tabla 5.3 Formulación final del antiespumante propuesto.

Componente	Marca	Porcentaje en peso
Reventador de burbuja	Sipernat D10	2
Aceite orgánico	Aceite VG460	11.4
Aceite siliconado	Silicona KF 6048	2.8
Emulsificante 1	Alkonat L10	2.4
Emulsificante 2	Alkosynt 9160	0.6
Modificador reológico	Natrosol R	0.5
Biocida	Myacide AS	0.3
Agua	-	80
Total		100

5.3 Proveedores

Para la fabricación del antiespumante es necesario conocer quién vende o distribuye los materiales necesarios. En la tabla 5.4 se enlistan posibles proveedores para cada uno de los componentes:

Tabla 5.4 Proveedores de materia prima para antiespumantes.

Producto	Proveedores
Silicona	- Dow - Wacher Chemie - Elkem - Shinetzu - Momentive

Orgánico	-	Lubrizol de México	-	Nynas
	-	Pemex	-	Sonneborn
	-	Mexichem	-	Resolute
	-	Lubeco	-	Diamond Needle Corp
	-	Euroboor	-	Motosel Industrial Group
	-	Lubrication Engineers Inc	-	DropsA USA
	-	Tannin Corp	-	PetroChoice
	-	Eastern petroleum Pvtld Lmtd		
Biocida	-	Thor		
	-	BASF		
	-	Stepan		
Silica	-	Sílice y Cuarzo San Juan		
	-	Evonik		
	-	Tokuyama		
	-	Grace		
	-	Cabot		
	-	Wacker		
Emulsificantes	-	CYTEC		
	-	Stepan		
	-	DOW		
	-	Croda		
	-	Oxiteno		

5.4 Especificación del producto final

Una vez que se ha fabricado el antiespumante, este debe tener ciertas propiedades fisicoquímicas que permitan establecer la calidad del producto final. Algunas de estas propiedades se enlistan en la tabla 5.5.

Tabla 5.5 Propiedades del producto final.

Propiedad	Unidades	Método	Parámetro recomendado
Densidad @ 25°C	g/cm ³	METIN01	0.9-1.1
Viscosidad @ 25°C	mPa*s	METIN02	1500
% no volátiles	%	METIN03	20
Estabilidad @3000RMP	NA	METIN04	SI
Funcionalidad	mL espuma	METIN05	>10mL

5.5 Métodos de prueba

A continuación se proponen los métodos de prueba para la evaluación de las propiedades finales del antiespumante basado en Normas ASTM, ISO y métodos de uso general en la industria:

- Método para la obtención de la densidad del antiespumante METIN01

Objetivo

Determinar la densidad de un antiespumante líquido a temperatura y presión constantes, mediante el empleo de un picnómetro metálico.

Equipo

- Picnómetro metálico
- Balanza analítica
- Muestra

Procedimiento

1. Pesarse el picnómetro vacío, limpio y seco con su respectiva tapa, en la balanza analítica y anotar el peso obtenido.
2. Llenar el picnómetro hasta el borde inferior con la muestra, evitando derrames.
3. Colocar la tapa y permitir la salida del excedente de muestra, limpiando y secando del cuerpo del picnómetro.
4. Pesarse el picnómetro lleno y anotar el peso obtenido.
5. Por medio de la diferencia de masa entre el picnómetro vacío y lleno, obtener el volumen de la muestra en cuestión.

- Método para medición de la Viscosidad METIN02

Objetivo

Determinar la viscosidad de un antiespumante líquido a temperatura ambiente a través del viscosímetro Brookfield

Equipo

- Viscosímetro Brookfield
- Vaso de precipitados
- Muestra

Procedimiento

1. Verificar que el viscosímetro esté nivelado, mediante la burbuja de nivel.
2. Seleccionar la aguja más adecuada para determinar la viscosidad y asegurarla al equipo Brookfield.
3. Verter aproximadamente 250 mL de la muestra a evaluar en un vaso de precipitados.
4. Introducir la aguja en el líquido de prueba que contiene el vaso de precipitados hasta que el nivel esté en la marca de la aguja.
5. Corroborar que no queden burbujas atrapadas entre la aguja y el líquido.
6. Seleccionar una velocidad angular y definir un valor de RPM.
7. Encender el motor del interruptor y esperar entre 20 y 30 segundos hasta que se alcance un régimen estacionario.
8. Registrar los datos de viscosidad y velocidad de rotación RPM.
9. Repetir el paso 6 para obtener valores a por lo menos 3 velocidades diferentes y anotar observaciones.

- Método para la Obtención del % de no volátiles METIN03

Objetivo

Determinar el contenido del % de sólidos no volátiles en una muestra antiespumante.

Equipo

- Estufa
- Vidrio de reloj
- Balanza analítica
- Muestra antiespumante
- Desecador

Procedimiento

1. Encender la estufa a 150° C.
2. Depositar 50 g de la muestra antiespumante a evaluar en el vidrio de reloj previamente tarado.
3. Colocar el vidrio de reloj dentro de la estufa y evaporar la muestra a 150°C durante 30 minutos.
4. Enfriar la muestra en el desecador y pesar inmediatamente para evitar cambios en el peso por exposición.
5. Por medio de la diferencia de masa de la muestra una vez evaporada, obtener el % de sólidos de la muestra antiespumante en cuestión.

- Método para verificar la estabilidad de la emulsión METIN04

Objetivo

Determinar la estabilidad de la emulsión antiespumante.

Equipo

- Centrífuga
- Muestra antiespumante

Procedimiento

1. Encender la centrífuga y programarla a 3000 RPM durante 1/2 hora.
2. Verter la muestra antiespumante en los tubos que componen la centrífuga.
3. Introducir los frascos a la centrífuga y activarla a las condiciones programadas.
4. Transcurrida 1/2 hora determinar la estabilidad de la emulsión, mediante la observación de una sola fase. Si se presentan dos fases, la emulsión no es estable.

- Método para evaluación de la efectividad de antiespumantes

Objetivo

Determinar el efecto de un antiespumante en una solución surfactante en función del tiempo, por la vía dinámica.

Equipo

- Agitador de propelas
- Balanza analítica
- Cronómetro
- Probeta (500 mL)
- Solución surfactante Lauril Sulfato de Sodio al 0.1% en peso

Procedimiento:

Testigo

1. Pesar la probeta de 500 mL en la balanza analítica y tararla.
2. Colocar 200 mL de la solución de Lauril Sulfato de Sodio al 0.1% en el agitador de propelas.
3. Accionar el agitador y mantener en agitación por un lapso de 3 minutos.
4. Una vez transcurrido este tiempo, vaciar inmediatamente la solución en la probeta de 500 mL y evaluar la altura de la espuma y el peso neto de la solución.

Prueba con antiespumante

1. Pesar la probeta de 500 mL en la balanza analítica y tararla.
2. Colocar 200 mL de la solución de Lauril Sulfato de Sodio al 0.1% en el agitador de propelas.
3. Adicionar 0.2 mL del antiespumante a evaluar.
4. Accionar el agitador y mantener en agitación por un lapso de 3 minutos.
5. Una vez transcurrido este tiempo, vaciar inmediatamente la solución en la probeta de 500 mL y evaluar la altura de la espuma y el peso neto de la solución.
6. Para confirmar que el antiespumante funciona la altura de la espuma debe ser menor a 10 mL.

CONCLUSIONES

A partir de la investigación realizada en el presente trabajo, se establecieron las bases de diseño para el desarrollo de un antiespumante que cumpla con las necesidades técnicas del mercado tales como alta efectividad y buena compatibilidad, sin dejar de lado los requerimientos regulatorios y ambientales para el cumplimiento de la normatividad vigente.

Parte fundamental de este trabajo fue identificar las propiedades críticas de un buen antiespumante y de sus componentes, para lo cual se estudió a detalle la formulación de un recubrimiento acuoso, los fenómenos que intervienen en la formación y estabilización de espuma y los mecanismos de acción de un antiespumante en estos sistemas.

Se propuso el híbrido antiespumante silicona-orgánico para combatir la formación de espuma durante la fabricación y aplicación de la pintura o recubrimiento en cuestión, ya que mejora la compatibilidad con el resto de los componentes del recubrimiento y logra la formación de una película seca sin defectos superficiales sobre el sustrato. Al proponer una emulsión antiespumante se obtiene un producto más económico, ya que el componente que se encuentra en mayor cantidad es el agua, lo que nos ayuda a disminuir costos de materias primas sin sacrificar el desempeño del producto final.

Las empresas que fabrican y distribuyen este tipo de aditivos desarrollan formulaciones cada vez más específicas para las diferentes industrias que los utilizan, las cuales demandan calidad, eficiencia y precio, creando la necesidad de innovación constante para estos productos, disminuyendo costos de fabricación y evitando la utilización de componentes dañinos para la salud y el medio ambiente, como son los APEO y VOC, los cuales fueron descritos en este trabajo con el fin de conocer sus efectos negativos en la salud y los esfuerzos por erradicar su uso en formulaciones de recubrimientos.

Entre las recomendaciones que se proponen para otros trabajos de investigación se encuentran las siguientes:

- Evaluar la efectividad y las propiedades fisicoquímicas del antiespumante propuesto con los métodos de prueba utilizados por la normatividad vigente, para que en caso de que el antiespumante no cumpla con las características deseadas, pueda replantearse la formulación.

- Realizar estudios de mercado para comercializar este antiespumante en industrias de pinturas y recubrimientos a nivel local, de manera que se pueda establecer un negocio de distribución o de laboratorios de investigación.
- Desarrollar propuestas de formulación de estos aditivos para mercados diferentes al de pinturas y recubrimientos, como son la industria agroalimentaria, farmacéutica, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, G. J. (2003). *Manual de pintura para mantenimiento industrial y marino* (4ª ed.). San José Costa Rica: Editorama.
- Abdolahi, F., Moosavian, M. A., y Vatani, A. (2005). The mechanism of action of antifoams. *Journal of Applied Sciences*, 5(6), 1122-1129.
- Alonso, J. V. (2016). *Pinturas, barnices y afines: composición, formulación y caracterización*. Madrid, España: Industriales.
- Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas, A.C. (2017). *Informe Anual del Mercado Mexicano de Pinturas 2016*. Recuperado de <http://www.anafapyt.org.mx>
- Bieleman, J. (2000). *Additives for coatings*. Germany: Wiley-VCH.
- Calvo, J. (2009). *Pinturas y recubrimientos: introducción a su tecnología*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Clarson, S. J., Owen, M. J., Smith, S. D., y Van Dyke, M. E. (2010). *Advances in silicones and silicone-modified materials*. United States: American Chemical Society.
- Davison, G., y Lane, B. (2003). *Additives in water-borne coatings*. United Kingdom: The Royal Society of Chemistry.
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2003). *Directiva 2003/53/CE: limitación de la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos (nonilfenol, etoxilatos de nonilfenol y cemento)*. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2003/178/L00024-00027.pdf>
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2004). *Directiva 2004/ 42/ CE: limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículos*. Recuperado de <https://boe.es/doue/2004/143/L00087-00096.pdf>
- Easton, T. (2009). *Silicones in coatings*. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.732.4107&rep=rep1&type=pdf>
- Flick, E. W. (1999). *Printing Ink and Overprint Varnish Formulation*. United States: Noyes Publications.
- Forrest, M. J. (2009). *Food contact materials: rubber, silicones, coatings and inks*. United Kingdom: Smithers Group Company.
- Garret, P. (2013). *The science of defoaming: theory, experiment and applications*. United States: CRC Press.

- Giudice, C. A., y Pereyra, A. M. (2009). *Tecnología de pinturas y recubrimientos: componentes, formulación, manufactura y control de calidad*. Buenos Aires: edUTecNe.
- Goldschmidt, A., y Streitberger, H. J. (2007). *BASF Handbook on basics of coating technology*. Germany: Vincentz Network.
- Gooch, J. W. (2002). *Analysis and deformation of polymeric materials: paints, plastics, adhesives and inks*. United States: Kluwer Academy Publishers.
- Green Seal. (2015). *Green Seal Standard for paints, coatings, stains, and sealers*. Recuperado de https://www.green Seal.org/wp-content/uploads/2018/10/GS-11_Ed3-2_Paints_Coatings_Stains_and_Sealers.pdf
- Hellio, C., y Yebra, D. (2009). *Advances in marine antifouling coatings and technologies*. United Kingdom: Woodhead Publishing Limited.
- Hughes, A. E., Mol, J. M., Zheludkevich, M. L., y Buchheit, R. G. (2016). *Active protective coatings: new-generation coatings for metals*. Netherlands: Springer.
- Kekevi, B., Berber, H., y Yildirim, H. (2011). Synthesis and characterization of silicone-based surfactants as antifoaming agents. *Journal of Surfactants and Detergents*. 15(1).
- Knudsen, O., y Forsgren, A. (2006). *Corrosion control through organic coatings* (2ª ed.). United States: CRC Press.
- Laden, P. (1997). *Chemistry and technology of water based inks*. United Kingdom: Blackie Academy and Professional.
- Müller, B., y Poth, U. (2011). *Coatings formulation*. Germany: Vincentz Network.
- Myer, M. S. (1958). *Anti-foam emulsions*. United States Patent.
- Myers, D. (1988). *Surfactant Science and Technology* (3ª ed.). United States: Wiley-Interscience.
- National Research Council. (1996). *Coatings for High-Temperature Structural Materials: Trends and Opportunities*. Washington, DC: National Academy Press.
- Owen, M. J., y Dvornic, P. R. (2012). *Silicone Surface Science*. United States: Springer.
- Plackett, D. (2011). *Biopolymers-New Materials for Sustainable Films and Coatings*. United Kingdom: Wiley and Sons Ltd.
- Pocius, A. V. (2012). *Adhesion and Adhesive Technology* (3ª ed.). USA: Hanser Publications.

- Rautschek, H., Burger, W., Wimmer, J., Zschelle, E., y Wolf, C. (2003). *Antifoam Formulation*. United States Patent.
- Schweigger, E. (2005). *Manual de pinturas y recubrimientos plásticos*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Starch, M. S. (1990). *Dispersible Silicone Wash and Rinse Cycle Antifoam Formulations*. United States Patent.
- Starch, M. S. (1991). *Dispersible Silicone Antifoam Formulations*. United States Patent.
- Sullivan, R. E., y Gregory, W. T. (1959). *Antifoam Emulsion*. United States Patent.
- Svarz, J. J. (1990). *Antifoam/Defoamer Composition*. United States Patent.
- Tracton, A. A. (2006). *Coatings Technology Handbook* (3ª ed.). United States: CRC Press.
- Utech, B. (2002). *A Guide to High-performance Powder Coating*. USA: Society of Manufacturing Engineers.
- Zhang, S. (2011). *Biological and Biomedical Coatings Handbook*. United States: CRC Press.

ANEXOS

A continuación se presentan los catálogos de materias primas de algunos proveedores para la fabricación del antiespumante propuesto. Se prefiere trabajar directamente con fabricantes que a través de distribuidores, con el fin de obtener un mejor precio de compra y reducir costos.

Anexo 1. Catálogos de aceites minerales

BIO 2T Oil

Premium full synthetic, low ash & low smoke 2 Stroke formulation, for use in 2T applications involving extreme engine temperatures, and high engine speed & torque. BIO 2T Oil is recommended engine oil for all hard working, air-cooled 2 Stroke engines (chainsaws, brush cutters, trimmers and other equipment).

Industry performance standards:

- ISO-L-EGD (JASO FD)
- ISO-L-EGC (JASO FC)
- API TC
- Husqvarna

BIO 2T Oil - PARAMETER	UNIT	TEST METHOD	Typical Value
Density at 15 °C	kg/m ³	ISO 12185	886
Kinematic Viscosity at 40°C	mm ² /s	ASTM D445	45
Kinematic Viscosity at 100°C	mm ² /s	ASTM D445	Min. 7,5
Viscosity Index			140
Pour point	°C	ASTM D97	-47
Flash point, COC	°C	ASTM D92	>90
Acid Value	mg KOH/g	AOCS Cd 3d-63	Max. 1
Biodegradability (within 21 days)	%	CEC-L-33-A-93	>90

ECO 4T Oil

ECO 4T SAE 30 is a premium quality, fully synthetic four-stroke engine oil for high performing engines of small gardening and agricultural equipment requiring SAE30 oil specification. ECO 4T SAE 30 contains modern enhancing agents (oxidation and corrosion inhibitors, detergent-dispersant additives) and offers excellent lubrication properties as well as

improved engine wear protection. ECO 4T SAE 30 is an environmentally friendly alternative to the usual petroleum based products.

Industry performance standards:

- SAE 30
- API SJ/CF

ECO 4T Oil - PARAMETER	UNIT	TEST METHOD	Typical Value
Kinematic Viscosity at 100°C	mm ² /s	EN ISO 3104	11,2
Viscosity Index	1	ISO 2909	150
Evaporation Test, Noack	% vol.	DIN 51 581	7
Pour point	°C	ISO 3016	-35
Flash point, COC	°C	EN ISO 2592	220
TBN	mg KOH/g	ISO 3771	8

PROBECO Oil

Premium lubricant based on a mixture of saturated and unsaturated fatty acids and special modern food grade additives. PROBECO Oil provides excellent lubrication properties for use in dough separation, form greasing and other food processing applications.

PROBECO Oil MULTI

Sunflower oil based multifunctional lubricant for lubrication of food processing machines. Providing ultimate lubrication and stability.

PARAMETER	UNIT	TEST METHOD	Probeco Oil	Probeco Oil MULTI
Density at 15 °C	kg/m ³	ISO 12185	912	915
Kinematic Viscosity at 40°C	mm ² /s	ASTM D445	35	40
Pour point	°C	ASTM D97	-33	-11
Flash point, COC	°C	ASTM D92	>220	>300
Biodegradability (within 21 days)	%	CEC-L-33-A-93	>90	>99

Eastto Base Oil

Eastto Eastto Base oil BX-12,BX-32,BX-100 and BX-120

INTRODUCTION: These are highly refined base STOCKS available in Various Viscosity Range. These Oils are having excellent Chemical & Thermal Stability and having High Viscosity Index.

APPLICATION: Bx-12: This Oil is used for manufacture Soluble & Neat Cutting Oils, Textile Lubricants such as Corning Oil, Antistatic Oil, Spin Finish Oil, Shoe Polish, Pigments, Transformer oils, Heat transfer oil, Metal working fluid, Rust preventive oils, Wire drawing oils, Agricultural Spray Oil, Mould Oil, White & Paraffin Oils etc

Bx-32: Recommended for use in Manufacture of Automotive & Industrial Lubricants, Rust Preventives, Flushing Oil, Heat Transfer Oil, White & Paraffin Oil, Metal Finishing Compound, Transformer oil, Specialty lubricants Plasticizer, Rubber Products, Paints, Mould oils etc.

Bx-100 / Bx-120: Recommended for us in Manufacture of Automotive and Industrial Oil, Greases, Pigments, Printing Ink and paints.

PERFORMANCE LEVEL:

TYPICAL PROPERTIES

EASTTO BASE OIL				
CHARACTERISTICS	Bx-12	Bx-32	Bx-100	Bx-120
Appearance	Clear	Clear	Clear	Clear
Flash Point °C, Min (COC)	160	190	210	220
Viscosity Index, Min.	90	95	90	90
Kinematic Viscosity @ 40°C, cSt	12 - 16	27 - 33	88 - 100	115 - 125
Pour Point °C, min	-6	-6	-6	-6
ASTM Colour, Max.	2.5	2.5	3.0	4.0
Inorganic Acidity, Max.	NIL	NIL	NIL	NIL

PACKING: 210 Litres Drums



Eastern Petroleum Private Limited

Regd. Off.:

Unit No. 1, Riddhi Siddhi, Corporate Park, V. N. Purav Marg,
(Sion Trombay Road), Chembur, Mumbai - 400 071. MH, India.

Tel.: +91 - 22 - 4232 4121, +91 - 22 - 2529 9990

Email: office@eastempetroleum.in, office@eastto.in



HIDROL-ED

HIDROL-ED is a high performance multipurpose mineral hydraulic oil which is produced from high quality mineral base oils and several kinds of special additives.

FEATURES AND BENEFITS

- Excellent shear stability and anti-corrosion performance
- Excellent protection against rust and corrosion
- Resistance to foam forming
- Excellent demulsibility properties

PHYSICAL CHARACTERISTICS

TECHNICAL CHARACTERISTICS	TEST METHOD	22	32	46	68	100	150	220
ISO VG								
Kinematic Viscosity @40°C, cSt	ASTM D-445	21±2	33±3	47±4	68±6	100±5	150±7	220±10
Brookfield Viscosity @-18°C, cP	ASTM D-2983	-	925	1378	2389	4510	-	-
Density @15.6°C, kg/m ³	ASTM D-1298	880±50	880±50	880±50	880±50	880±50	880±50	880±50
Viscosity Index	ASTM D-2270	103	102	105	105	101	99	98
Copper Strip Corrosion, 3hrs@100°C	ASTM D-130	1b						
Rust Characteristics	ASTM D-665B	PASS						
FZG Gear Test, Failure Stage	DIN 51354	11	11	11	11	11	11	11
Flash Point, °C	ASTM D-92	200	210	216	225	236	240	244
Pour Point, °C	ASTM D-97	-30	-30	-27	-24	-21	-18	-16
Foam Sequence I, II, III, ml/ml	ASTM D-893	50/0	50/0	50/0	50/0	50/0	50/0	50/0
Demulsibility, @54°C, Minutes to 3 ml emulsion (Max)	ASTM D-1401	20	20	20	20	20	-	-
Demulsibility, 82°C Minutes to 3 ml emulsion	ASTM D-1401	-	-	-	-	-	20	20

Test Method ASTM - Typical test data are average values only. Minor variations, which do not affect performance, may occur.

Notice: Above specifications can be adjusted to customer's request

HIDROL-S

HIDROL-S is a high performance multipurpose Full Synthetic oil which is produced from high quality base oils and several kinds of special additives.

FEATURES AND BENEFITS

- Excellent filtration properties
- Enhanced anti-wear protection and improved pour point & VI
- Excellent shear stability and anti-corrosion performance
- Excellent oxidation resistance
- Outstanding protection against rust and corrosion
- Resistance to foam forming
- Superior demulsibility properties
- Extra long life and energy saving

PHYSICAL CHARACTERISTICS

TECHNICAL CHARACTERISTICS	TEST METHOD	22	32	46	68	100	150	220
ISO VG								
Kinematic Viscosity @40°C, cSt	ASTM D-445	22±1	32±2	46±2	68±3	100±5	150±7	220±10
Viscosity Index	ASTM D-2270	>160	>160	>160	155	130	120	120
Brookfield Viscosity @-20°C, cP	ASTM D-2983	-	1095	1875	3995	11245	-	-
Brookfield Viscosity @-20°C, cP	ASTM D-2983	-	3360	7060	16380	57800	-	-
Brookfield Viscosity @-20°C, cP	ASTM D-2983	6395	14245	55771	-	-	-	-
Tapered Roller Bearing %Viscosity Loss	CEC L4-5-A-99	5	5	7	11	7	7	-
Density @15.6°C, kg/m ³	ASTM D-1298	880±40	880±40	880±40	880±40	880±50	880±50	880±50
Copper Strip Corrosion, 3hrs@100°C	ASTM D-130	1b						
FZG Gear Test, Failure Stage	DIN 51354	-	12	12	12	12	12	12
Flash Point, °C	ASTM D-92	>220	>240	>230	>235	>250	>255	>255
Pour Point, °C	ASTM D-97	-54	-64	-45	-39	-33	-30	-30
Foam Sequence I, II, III, ml/ml	ASTM D-893	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0	20/0
Acute Aquatic Toxicity (LC-50, OECD 203)		PASS						

Test Method ASTM - Typical test data are average values only. Minor variations, which do not affect performance, may occur.

Notice: Above specifications can be adjusted to customer's request

7 HYDRAULIC OIL

SUNOL

SUNOL is a high performance gear oil formulated with various kinds of high quality mineral base oils plus special package additives. This product can be applied to industrial helical, spur, and bevel enclosed gears with circulation or splash lubrication with special conditions. They are specifically suitable for gear sets working under heavy or shock loads. SUNOL also is recommended to be used in marine gearing applications. They may also be used in non-gear applications including rolling contact bearings, highly loaded and slow speed plain. SUNOL is applicable to steel, cement and related industries.

FEATURES AND BENEFITS

- Extended gear life
- Excellent thermal stability
- High anti-oxidation properties
- Enhanced extreme pressure (EP) with anti-wear properties
- Channeling resistance at low temperatures
- Excellent demulsibility and resistance to foam forming

PHYSICAL CHARACTERISTICS

TECHNICAL CHARACTERISTICS	TEST METHOD	68	100	150	220	320	460	680
ISO								
Kinematic Viscosity @40°C, cSt	ASTM D-445	68±6	100±10	150±15	220±20	320±30	460±40	680±50
Viscosity Index	ASTM D-2270	>95	>95	>95	>95	>95	>95	>100
Pour Point, °C	ASTM D-97	>-21	>-18	>-18	>-18	>-15	>-9	>-9
Flash Point, °C	ASTM D-92	>190	>200	>200	>200	>210	>210	>210
Density @15°C, kg/m ³	ASTM D-1298	860±30	860±30	860±30	860±30	860±30	870±30	870±30
Timken OK Load, lb	ASTM D-2782	65	65	65	65	65	65	65
4-Ball EP Test	ASTM D-2783							
Weld Load, kg		200	200	200	200	200	200	200
Load Wear Index, kgf		46	46	46	46	46	46	46
FZG Gear Test, Failure Stage	DIN 51354	≥12	≥12	≥12	≥12	≥12	≥12	≥12
Rust protection, Sea Water	ASTM D-665	PASS						
Copper Strip Corrosion, 3hrs@100°C	ASTM D-130	1b						
Demulsibility @82°C, Time to 3ml emulsion, minutes (max)	ASTM D-1401	30	30	30	30	30	30	30
Foam Test, Tendency/Stability, ml/ml Sequence I	ASTM D-892	10/0	10/0	10/0	10/0	10/0	10/0	10/0
Foam Test, Tendency/Stability, ml/ml Sequence II	ASTM D-892	30/0	30/0	30/0	30/0	30/0	30/0	30/0

Test Method ASTM - Typical test data are average values only. Minor variations, which do not affect performance, may occur.

Notice: Above specifications can be adjusted to customer's request

SUNOL-S

SUNOL-S is a high performance gear oil formulated with various kinds of high quality synthetic base oils plus special package additives.

FEATURES AND BENEFITS

- Extended gear lifetime
- Excellent thermal stability
- High anti-oxidation properties
- Outstanding pour point & VI parameters
- Channeling resistance at low temperatures
- Excellent demulsibility and resistance to foam forming
- Enhanced extreme pressure (EP) with anti-wear properties
- Properties is a high performance gear oil formulated with various kinds of high quality synthetic base oils plus special package additives.

PHYSICAL CHARACTERISTICS

TECHNICAL CHARACTERISTICS	TEST METHOD	150	220	320	460	680	1000
ISO							
Kinematic Viscosity @40°C, cSt	ASTM D-445	150±5	220±10	320±15	460±20	680±32	1000±50
Viscosity Index	ASTM D-2270	>140	>140	>140	>140	>140	>140
Pour Point, °C	ASTM D-97	≤-45	≤-40	≤-30	≤-30	≤-27	≤-24
Flash Point, °C	ASTM D-92	>220	>220	>226	>230	>240	>240
Density @15°C, kg/m ³	ASTM D-1298	850±50	850±50	850±50	860±50	870±50	870±50
Appearance	Visual	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
TOST, mod, hrs.	ASTM D-943	10000+	10000+	10000+	10000+	10000+	10000+
RPVOT, minutes	ASTM D-2272	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Rust protection, Synthetic Sea Water	ASTM D-665B	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
Water Separability, Min. to 37ml water @54°C	ASTM D-1401	-	-	-	-	-	-
Water Separability, Min. to 37ml water @82°C	ASTM D-1401	20	20	20	20	20	25
Copper Strip Corrosion, 3hrs@100°C	ASTM D-130	1b	1b	1b	1b	1b	1b
Foam Test, Tendency/Stability, ml/ml Sequence I	ASTM D-892	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Foam Test, Tendency/Stability, ml/ml Sequence II	ASTM D-892	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Foam Test, Tendency/Stability, ml/ml Sequence III	ASTM D-892	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
FZG Gear Test, Failure Stage	DIN 51354	≥12	≥12	≥12	≥12	≥12	≥12

Test Method ASTM - Typical test data are average values only. Minor variations, which do not affect performance, may occur.

Notice: Above specifications can be adjusted to customer's request

Agrol® 6

Viscosity @ 40°C, mm²/s: 9.2
Specific Gravity @ 25°C: 0.837
Flash point, COC, °C: 174

 PDF PDS (Product Data Sheet)

 PDF SDS (Safety Data Sheet)

[→ Request Sample](#)

Agrol® 7

Viscosity @ 40°C, mm²/s: 12.1
Specific Gravity @ 25°C: 0.846
Flash point, COC, °C: 177

 PDF PDS (Product Data Sheet)

 PDF SDS (Safety Data Sheet)

[→ Request Sample](#)

Agrol® 9

Viscosity @ 40°C, mm²/s: 16
Specific Gravity @ 25°C: 0.852
Flash point, COC, °C: 185

 PDF PDS (Product Data Sheet)

 PDF SDS (Safety Data Sheet)

[→ Request Sample](#)

Agrol® 10

Viscosity @ 40°C, mm²/s: 19
Specific Gravity @ 25°C: 0.853
Flash point, COC, °C: 189

 PDF PDS (Product Data Sheet)

 PDF SDS (Safety Data Sheet)

[→ Request Sample](#)

Agrol® 11

Viscosity @ 40°C, mm²/s: 21
Specific Gravity @ 25°C: 0.854
Flash point, COC, °C: 191

 PDF PDS (Product Data Sheet)

 PDF SDS (Safety Data Sheet)

[→ Request Sample](#)

Agrol® 13

Viscosity @ 40°C, mm²/s: 25
Specific Gravity @ 25°C: 0.86
Flash point, COC, °C: 192

 PDF PDS (Product Data Sheet)

 PDF SDS (Safety Data Sheet)

Anexo 2. Catálogos de biocidas

	Protecto™ BN 99	Myacide™ AS Technical, Myacide™ AS Plus and Protecto™ BN 98	Myacide™ S2	Myacide™ S30	Myacide™ S15	Myacide™ GDA 50 Technical, Myacide™ GA 50 and Protecto™ GA 50	Myacide™ GA 45	Myacide™ GA 25	Myacide™ GA 15	Protecto™ PE and PES	Myacide™ HT Technical, Myacide™ HT and Protecto™ HT	Dazomet Technical Myacide™ DZ and Protecto™ DZ
 Chemical Name	2-Bromo-2-nitropropane-1,3-diol	2-Bromo-2-nitropropane-1,3-diol	2-Bromo-2-nitropropane-1,3-diol	2-Bromo-2-nitropropane-1,3-diol	2-Bromo-2-nitropropane-1,3-diol	1,5-Pentanedial	1,5-Pentanedial	1,5-Pentanedial	1,5-Pentanedial	Phenoxyethanol	1,3,5-tris-(2-hydroxyethyl)-1,3,5-hexahydrotriazine	3,5-Dimethyl-2H-1,3,5-thiadiazine-2-thione
Name using IUPAC guidelines	2-Bromo-2-nitro-1,3-propanediol	2-Bromo-2-nitro-1,3-propanediol	2-Bromo-2-nitro-1,3-propanediol	2-Bromo-2-nitro-1,3-propanediol	2-Bromo-2-nitro-1,3-propanediol	Pentanedial	Pentanedial	Pentanedial	Pentanedial	2-Phenoxyethanol	1,3,5-Triazine-1,3,5-(2H,4H,6H)-trihexanol	Tetrahydro-3,5-dimethyl-2H-1,3,5-thiadiazine-2-thione
Common Name (Active Ingredient)	Bronopol	Bronopol	Bronopol	Bronopol	Bronopol	Glutaraldehyde	Glutaraldehyde	Glutaraldehyde	Glutaraldehyde	Phenoxyethanol	Triazine	Dazomet
CAS Number (Active Ingredient)	52-51-7	52-51-7	52-51-7	52-51-7	52-51-7	111-30-8	111-30-8	111-30-8	111-30-8	122-99-6	4719-04-4	533-74-4
EINEK Number (Active Ingredient)	200-143-0	200-143-0	200-143-0	200-143-0	200-143-0	203-806-5	203-806-5	203-806-5	203-806-5	204-589-7	225-208-0	208-576-7
Mol. Formula (Active Ingredient)	C ₃ H ₆ BrNO ₄	C ₃ H ₆ BrNO ₄	C ₃ H ₆ BrNO ₄	C ₃ H ₆ BrNO ₄	C ₃ H ₆ BrNO ₄	C ₅ H ₈ O ₂	C ₅ H ₈ O ₂	C ₅ H ₈ O ₂	C ₅ H ₈ O ₂	C ₆ H ₁₀ O ₂	C ₆ H ₁₂ N ₃ O ₃	C ₆ H ₁₀ N ₂ S ₂
Mol. Wt. (Active Ingredient)	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	100.11	100.11	100.11	100.11	138.17	219.0	162.3
Physical Form	Solid	Solid	Liquid	Liquid	Liquid	Liquid	Liquid	Liquid	Liquid	Liquid	Liquid	Solid
Appearance	White to almost white	White to off-white	Clear to practically clear colorless to yellow	Clear to practically clear colorless to yellow	Clear to practically clear colorless to yellow	Clear to practically clear colorless to yellow	Clear to practically clear colorless	Clear to practically clear colorless	Off-white powder			
Concentration	min. 99%	min. 98%	38.7 to 42.6% (w/w)	27.7 to 32.3% (w/w)	9.5 to 10.5% (w/w)	50.0 to 51.0% (w/w)	43.7 to 46.4% (w/w)	24.3 to 25.8% (w/w)	14.3 to 15.8% (w/w)	min 99.5% (w/w)	76.6 to 81.4% (w/w)	min 99.0%
Solubility (in water @ 23°C)	28%	28%	Unlimited	Unlimited	Unlimited	Unlimited	Unlimited	Unlimited	Unlimited	2.4%	Unlimited	0.36%
pH (1% solution in water)	5.0 to 7.0	4.5 to 7.0	Max 4.5	Max 4.5	Max 6.0	3.7	4.6	4.8	5.7	approx. 7 (0.1% in water)	approx. 10 (0.2% in water)	approx. 7.0
Density @ 20°C	1.1 g (Bulk)	1.1 g (Bulk)	1.23 g	1.20 g	1.06 g	1.13 g	1.19 g	1.06 g	1.04 g	1.11 g	1.15 g	0.65 (Bulk)
Shelf life when store in sealed containers/Ambient temperature	3 years	3 years	2 years	2 years	2 years	6 months	6 months	6 months	6 months	2 years	6 months	2 years
Log POW (Active Ingredient)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	-0.22	-0.22	-0.22	-0.22	1.12	1.21	N/A
Antibacterial activity (Typical M.I.C.)*	12.5 to 25ppm	12.5 to 25ppm	31 to 61ppm	41 to 83ppm	125 to 250ppm	50 to 1250ppm	56 to 1389ppm	100 to 2500ppm	167 to 4167ppm	3200 to 15000ppm	500 to 1000ppm	2 to 375ppm
Antifungal activity (Typical M.I.C.)*	400 to 6400ppm	400 to 6400ppm	960 to 15700ppm	1333 to 21333ppm	4000 to 64000ppm	250 to 1250ppm	278 to 1389ppm	500 to 2500ppm	833 to 4167ppm	600 to 3200ppm	500 to 1000ppm	47 to 375ppm
Typical use pH range	2 to 9	2 to 9	2 to 9	2 to 9	2 to 9	3 to 8	3 to 8	3 to 8	3 to 8	2 to 10	2 to 9	7 to 9

*M.I.C. data was generated using in-house methodology-figures are based on finished product, not % active ingredient.

<p>ACTICIDE® HF</p> <hr/> <p>Combination of CIT/MIT and formaldehyde</p>	<ul style="list-style-type: none"> • • • 	<p>Excellent hot climate stability</p> <p>Broad spectrum biocide</p> <p>Wide range of aqueous based products</p>
<p>ACTICIDE® IFL family</p> <hr/> <p>Combination of CIT/MIT and hydroxymethyl ureide derivatives</p>	<ul style="list-style-type: none"> • • • 	<p>Broad spectrum biocide</p> <p>Wide range of aqueous based products</p> <p>Contains low odour formaldehyde donor system</p>
<p>ACTICIDE® LA family</p> <hr/> <p>Combinations of CIT/MIT and Bronopol</p>	<ul style="list-style-type: none"> • • 	<p>Formaldehyde and bivalent metal ion sensitive formulations</p> <p>Monovalent stabilised</p>
<p>ACTICIDE® MBZ family</p> <hr/> <p>Aqueous formulations of MIT/BIT/ZPT</p>	<ul style="list-style-type: none"> • • • 	<p>Novel synergistic biocides</p> <p>CIT, AOX, VOC and formaldehyde free</p> <p>Enhanced activity</p>

Densil® ZOD Antimicrobial	LONZA (Arch Quimica)	Densil® ZOD Antimicrobial is a three-active blend biocide formulated to offer dry-film coating protection in humid environments. Densil® ZOD Antimicrobial offers controlled-leaching and low water solubility properties of Zinc Omadine® Antimicrobials, comp... Vea Mas
Densil™ FAZ Antimicrobial	LONZA (Arch Quimica)	Densil™ FAZ Antimicrobial is a three-active blend formulated for use in exterior paint and coating formulations. Like our Zinc Omadine™ ZOE™ product, it contains Zinc Omadine and it uses a proprietary color-stable technology. The basic concept of Densil™ ... Vea Mas
Lonzacure™ DETDA 80	LONZA (Arch Quimica)	Lonzacure™ DETDA 80 is a low viscosity liquid aromatic diamine. It is one of the key components for polyurea processing. A typical application of this product is spray coating for protective coatings in civil engineering applications. Lonzacure™ DETDA 80 ... Vea Mas
Lonzacure™ DETDA 80 LC	LONZA (Arch Quimica)	Lonzacure™ DETDA 80 LC is a low color and low viscosity liquid aromatic diamine. It is one of the key components for polyurea processing. A typical application of this product is spray coating for protective coatings in civil engineering applications. Lon... Vea Mas
Lonzamon™ AAEMA	LONZA (Arch Quimica)	Lonzamon™ AAEMA is an acrylic monomer used for the production and modification of polymers for adhesive and coating applications.
Omicide® CO	LONZA (Arch Quimica)	Omicide® CO is a powerful broad-spectrum fungicide for dry film protection. The ingredients of this formulation gather the necessary features to ensure the protection of long-term full line of architectural coatings: it has stability to hydrolysis, water-... Vea Mas

Name	Form @ 25°C	Viscosity, cps @ 25 °C	Viscosity, cps @ (#) °C	Acid Value mgKOH/g	Cloud Point, °C
BTC® 1010	Liquid	20	-	-	-9
BTC® 1010-80%	Liquid	210	-	-	-
BTC® 1010-E	Liquid	-	-	-	-
BTC® 12 SPECIAL	Liquid	30	-	-	-
BTC® 1210-80%	Liquid	262	-	-	-
BTC® 1218-50	Liquid	-	-	-	-
BTC® 1218-80	Liquid	-	-	-	-
BTC® 2125 M 50	Liquid	50	-	-	-
BTC® 2125 M 80 E	Liquid	-	-	-	-
BTC® 2125 M P40	Prill	-	-	-	-
BTC® 2125M	Liquid	50	-	-	-
BTC® 2125M-80%	Liquid	320	-	-	-
BTC® 50	Liquid	75	-	-	-2
BTC® 50 E	Liquid	-	-	-	-
BTC® 65	Liquid	60	-	-	-3
BTC® 675	Liquid	90	-	-	-
BTC® 776	Liquid	50	-	-	-9
BTC® 80 E	Liquid	400	-	-	-
BTC® 818	Liquid	20	-	-	-
BTC® 818-80%	Liquid	210	-	-	2

Anexo 3. Catálogos de ceras

Portfolio WAXES

	Engineering Resin	PVC	Masterbatch	Polish/Emulsions	Hot melt	Water based Coatings	Solvent based Coatings	Powder Coatings	Water based inks	Solvent based inks	Lubricants	Powder metallurgy	Road construction
Montan Waxes													
LICOLUB WE 4	█	█	█										
LICOLUB WE 40	█	█	█										
LICOLUB WM 31	█	█	█										
LICOMONT CAV 102	█	█	█										
LICOMONT NAV 101	█	█	█										
LICOWAX E	█	█	█					█					
LICOWAX KLE	█	█	█										
LICOWAX KPS	█	█	█										
LICOWAX KSL	█	█	█										
LICOWAX KST	█	█	█										
LICOWAX LP	█	█	█										
LICOWAX O	█	█	█										
LICOWAX OP	█	█	█					█					
LICOWAX S	█	█	█										
LICOWAX SW	█	█	█										
Polyolefin waxes													
LICOWAX PE 130		█	█					█		█			
LICOWAX PE 190		█	█					█		█			
LICOWAX PE 520		█	█	█				█		█			
LICOCENE PE 4201		█	█					█		█			█
LICOCENE PE 5301		█	█					█		█			
LICOCENE PO 462 TP*		█	█					█		█			
LICOCENE DP 1302		█	█					█		█			
LICOCENE DP 1502		█	█					█		█			
LICOCENE DP 1602		█	█					█		█			
LICOCENE DP 2602		█	█					█		█			
LICOCENE DP 3602 TP*		█	█					█		█			
LICOCENE DP 6102		█	█					█		█			
LICOCENE DP 6502		█	█					█		█			
LICOCENE DP 7502 TP*		█	█					█		█			
Polar polyolefin waxes													
LICOLUB H 12	█	█	█										
LICOWAX 371 FP	█	█	█					█					
LICOWAX PED 121	█	█	█					█					
LICOWAX PED 521	█	█	█					█					
LICOWAX PED 522	█	█	█					█					
LICOWAX PED 153	█	█	█					█					
LICOWAX PED 191	█	█	█					█					
LICOWAX PED 192	█	█	█					█					

TP* Test Product █ Recommended █ Applicable

	Engineering Resin	PVC	Masterbatch	Polish/Emulsions	Hot melt	Water based Coatings	Solvent based Coatings	Powder Coatings	Water based inks	Solvent based inks	Lubricants	Powder metallurgy	Road construction
Modified polyolefin waxes													
LICOCENE PE SI 3361 TP*													
LICOCENE DP MA 1332 TP*													
LICOCENE PE MA 4221	█	█	█										
LICOCENE PE MA 4351	█	█	█										
LICOCENE DP MA 6252													
LICOCENE DP MA 6452													
LICOCENE DP MA 7452 TP*													
Ceridust													
CERIDUST 2051								█	█	█			
CERIDUST 3251								█	█	█			
CERIDUST 3610								█	█	█			
CERIDUST 3620								█	█	█			
CERIDUST 3715								█	█	█			
CERIDUST 3910	█							█	█	█			
CERIDUST 3920 F								█	█	█			
CERIDUST 3940 F								█	█	█			
CERIDUST 3941 F								█	█	█			
CERIDUST 5551	█							█	█	█			
CERIDUST 6050 M								█	█	█			
CERIDUST 6721								█	█	█			
CERIDUST 7820 TP*								█	█	█			
CERIDUST 8330 TP*								█	█	█			
CERIDUST 8020								█	█	█			
CERIDUST 9202 F								█	█	█			
CERIDUST 9205 F								█	█	█			
CERIDUST 9610 F								█	█	█			
CERIDUST 9615 A								█	█	█			
CERIDUST 9630 F								█	█	█			
Amide Waxes													
LICOLUB FA 1 P	█	█	█										
VEGETABLE BASED	█	█	█										
LICOWAX C	█	█	█										
LICOWAX C MICRO POWDER PM												█	
Special products													
LICOCARE SBW 11 TP*													
LICOLUB CE 2	█	█	█										
LICOLUB H 4	█	█	█										
LICOMONT BS 100													█
LICOWAX R 21													
WAX EMULSIFIER 2106													
WAX EMULSIFIER 4106													

TP* Test Product █ Recommended █ Applicable

Self-emulsifying KahlWaxes

Self-emulsifying, hard, pale-colored wax containing an emulsifier used in self-gloss emulsions.

	MP	penetration at 25 °C	gloss	hydrophobicity
4035 Self-gloss Wax	74–80 °C	approx. 8 dmm	74 GU	excellent
4036 Self-gloss Wax	75–81 °C	approx. 8 dmm	72 GU	very good
2090 Self-gloss Wax non-ionic	80–83 °C	approx. 6 dmm	74 GU	very good
4052 Self-gloss Wax Blend	79–85 °C	approx. 5 dmm	75 GU	good
4091 Self-gloss Wax	80–86 °C	approx. 5 dmm	68 GU	excellent
5109 Sunflower + Carnauba Self-emulsifying Wax	78–84 °C	approx. 6 dmm	–	–
5115 Rice + Myrica Self-emulsifying Wax	73–79 °C	approx. 6 dmm	–	–

Economic wax compounds

Wax blends with the best cost/performance ratio.

	MP	acid value	saponification value
1540 Beeswax Substitute white	61–65 °C	17–24 mg KOH/g	87–104 mg KOH/g
1545 Beeswax Substitute yellow	61–65 °C	17–22 mg KOH/g	87–102 mg KOH/g
2039N Candellilla Wax Blend	68–73 °C	12–22 mg KOH/g	43–65 mg KOH/g
7304 Candellilla Wax Substitute	76–82 °C	12–22 mg KOH/g	35–55 mg KOH/g
6702 Candellilla Wax Substitute	72–78 °C	5–20 mg KOH/g	70–95 mg KOH/g
2901 Carnauba Wax Substitute	76–82 °C	2–10 mg KOH/g	35–45 mg KOH/g
7307 Shellac Wax Substitute	83–89 °C	5–15 mg KOH/g	60–80 mg KOH/g
2909 Japan Wax Substitute	49–55 °C	5–15 mg KOH/g	120–150 mg KOH/g

KahlGums

A KahlGum is a Xanthan gum biopolymer utilized as a viscosity modifier. Xanthan gum is a high molecular weight polysaccharide produced by fermentation with *Xanthomonas Campestris*. KahlGum is cleaned with ethanol, dried and grinded. KahlGums interacts synergistically with galactomannans to provide a wide range of rheological properties. The interaction between Xanthan gum and guar gum or CMC results in an increasing viscosity.

6656 | FQ40

Conforms to the requirements of E415 as food additive. Particle size: 95 % pass 40 mesh (400 µm).

6678 | FQST80 | salt-tolerant

Compatible with solutions containing high concentrations of various salts and registered as food additive (E415). Particle size: 95 % pass 80 mesh (180 µm).

6673 | FEE | fast dispersible

Granulate, very fast dispersible without any lumping. Is conform with European Pharmacopoeia and USP/NF and with the requirements of E415 as food additive. Particle size: 100 % pass 16 mesh (1180 µm).

6653 | TQ40 | standard grade

Particle size: 95 % pass 42 mesh (370 µm).

6649 | TQC80 | enzyme-free

Conforms to the requirements of E415 as food additive. Enzyme-free. Particle size: 95 % pass 80 mesh (180 µm).

6754 | TQTS80 | pH stable and clear soluble

Stable over a pH range of 2–12. Particle size: 95 % pass 80 mesh (180 µm).

6650 | FQ80

Conforms to the requirements of E415 as food additive. Particle size: 95 % pass 80 mesh (180 µm).

6671 | FQ200

Conforms to the requirements of E415 as food additive. Particle size: 95 % pass 200 mesh (75 µm).

6652 | TQ28 | easy dispersible

Easy dispersible without any lumping. Particle size: 100 % pass 28 mesh (600 µm).

6670 | TQ540 | pH stable

Stable over a pH range of 2–12. Particle size: 95 % pass 42 mesh (370 µm).

6655 | TQT80 | clear soluble

Is conform with European Pharmacopoeia and USP/NF and with the requirements of E415 as food additive. Particle size: 100 % pass 80 mesh (180 µm).



Recommended Products

Typical Properties

(Selector Guide on reverse side)

Product	Melt Point (°C)	Density (g/cc@25°C)	Mean Particle Size (µm)	Max. Particle Size (µm)
AquaMatte 22	135 - 140	0.99	6.0 - 8.0	22.00
AquaPoly 250	117 - 123	0.98	8.0 - 10.0	31.00
AquaPolyfluo 411	117 - 123	1.10	6.0 - 8.0	22.00
AquaPolysilk 19	102 - 118	1.06	9.0 - 11.0	31.00
Fluo HT	>316	2.20	2.0 - 4.0	12.00
Fluo X-1406	>316	2.20	Primary particle size < 0.3 µm	
MicroKlear 116	107 - 113	0.97	4.0 - 5.25	15.56
MicroKlear 709	119 - 124	1.10	4.0 - 6.0	22.00
MicroMatte 1213 UVW	150 - 156	1.11	5.0 - 7.5	22.00
Micropro 440W	150 - 156	0.94	7.0 - 10.0	31.00
Micropro 500	141 - 143	0.94	4.5 - 7.5	22.00
Microdispersion 526E	N/A	1.00	N/A	N/A
MicroTouch Series	N/A	1.05	Available from 5 µm - 35 µm mean	
MP-22XF	102 - 106	0.94	5.0 - 6.0	22.00
MPP-620VF	114 - 116	0.95	5.0 - 7.0	22.00
MPP-620XF	114 - 116	0.95	4.5 - 5.5	22.00
NyloTex Series	218 - 224	1.14	Wide range available (20 mesh - 200 mesh)	
Polyfluo 150	113 - 116	1.15	3.5 - 5.5	15.56
Polyfluo 190	121 - 132	0.99	9.0 - 12.0	31.00
Polyfluo 523XF	113 - 117	1.26	3.5 - 5.5	15.56
Polyfluo 900	121 - 132	1.02	9.0 - 12.0	31.00
Polysilk 14	96 - 118	1.04	7.5 - 9.5	31.00
PropylMatte 31	160 - 170	0.86	8.0 - 12.0	31.00
PropylMatte 31HD	160 - 170	1.07	8.0 - 12.0	31.00
PropylMatte 31SA	160 - 170	1.02	8.0 - 12.0	31.00
PropylTex Series	160 - 170	0.89	Wide range available (14 mesh - 325 mesh)	
PropylTex HD Series	160 - 170	1.07	Wide range available (200 mesh - 325 mesh)	
Superslip 6515	124 - 137	0.95	6.0 - 8.0	22.00
Synfluo 178VF	104 - 110	1.03	4.0 - 7.0	22.00



MICRO POWDERS, INC.
High Performance Wax Additives

Industrial Coatings

Coatings for industrial products present a range of performance challenges, from improving slip and lubricity to boosting abrasion resistance and anti-blocking. The right Micro Powders additive can enhance these properties while imparting visual and tactile effects that include mattifying, texturing, and soft touch.

Anexo 4. Catálogos de dispersantes

LIGNOSULFONATE BLENDS							
TRADE NAME	CHEMICAL DESCRIPTION	FORM @ 25°C	DENSITY, G/ML @ 25°C	Moisture %	PH (5% AQ SOLN)	NPE FREE	U.S. EPA CLEARANCE
STEPSPERSE DF-200	Anionic*/Lignosulfonate Blend	Powder	0.21	6	8.6	No	40 CFR 180.910
STEPSPERSE DF-500	Anionic/Lignosulfonate Blend	Powder	0.37	6	9.9	Yes	40 CFR 180.910 40 CFR 180.930
STEPSPERSE DF-600	Nonionic/Lignosulfonate Blend	Powder	0.37	6	8.8	Yes	40 CFR 180.910 40 CFR 180.930

*Alkylphenol based

ETHER SULFATES							
TRADE NAME	CHEMICAL DESCRIPTION	ACTIVE %	FORM @ 25°C	DENSITY, G/ML @ 25°C	VISCOSITY, CPS @ 25°C	POUR POINT °C	U.S. EPA CLEARANCE
STEOL TSP-16N	Ethoxylated Polyarylphenol Sulfate, Ammonium Salt	93	Liquid	1.15	8,600	6	40 CFR 180.920 (<15% in pesticide)
STEOL TSP-16N-60	Ethoxylated Polyarylphenol Sulfate, Ammonium Salt	60	Liquid	1.1	480	-12	40 CFR 180.920 (<15% in pesticide)

POLYARYLPHENOL ALKOXYLATES							
TRADE NAME	CHEMICAL DESCRIPTION	FORM @ 25°C	DENSITY, G/ML @ 25°C	VISCOSITY, CPS @ 25°C	POUR POINT, °C	HLB	U.S. EPA CLEARANCE
MAKON TSP-16	Tristyrylphenol Ethoxylate, POE-16	Liquid	1.11	920	19	13	40 CFR 180.910 40 CFR 180.920 (<15% in pesticide)

Architectural Coatings Selector Guide

● Extremely Effective
 ● Very Effective
 ○ Effective

◆ Available as a Waterborne Dispersion

Product	Description	Suggested Use Level	Recommended System Type*	Interior/Exterior	Burnish Resistance	Marring and Gloss Control	Block Resistance	Resistance to Dirt/Pick Up	Cleanability	Water Repellency/Beading	Scratch and Mar Resistance	Lubricity and Smooth Feel	Soft Touch	Heel Mark Resistance	Non-Skid	Film Clarity	In-Can Stability	Gloss Retention
◆ AquaBead 519	Hydrophobically modified synthetic wax	1.0-4.0%	S	E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
AquaBead 525E	Paraffin/carnauba wax emulsion	2.0-10.0%	W	E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
AquaKlean 403	Polyethylene/paraffin wax emulsion	3.0-10.0%	W	I,E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ AquaMatte 22	Oxidized polyethylene	2.0-5.0%	W	I,E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ AquaMatte 31	Oxidized polyethylene	2.0-5.0%	W	I,E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
AquaPoly 215VF	Oxidized polyethylene	1.0-2.0%	W	I	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ AquaPolyfluo 411	Modified oxidized polyethylene/PTFE	0.5-2.0%	W	I,E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Aquawax 214VF	Oxidized Fischer-Tropsch wax	1.0-2.0%	W	I	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ MicroMatte 1213 UWW	Densified modified polypropylene	2.0-5.0%	W,S	I	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Micropro 400	Modified polypropylene	2.0-4.0%	S	E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
MicroTouch Series	Aliphatic polyurethane	2.0-8.0%	W	I	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
MP-22XF	Fischer-Tropsch wax	1.0-2.0%	W,S	I,E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ Polyfluo 190	Polyethylene/PTFE	0.5-2.0%	W,S	I,E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ Polyfluo 900	Ceramic Modified Polyethylene/PTFE	0.5-2.0%	W,S	I,E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ PropylMatte 31	Polypropylene	2.0-5.0%	W,S	I,E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ PropylMatte 31HD	Densified polypropylene	2.0-5.0%	W	I,E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
◆ PropylMatte 31SA	Polyethylene/PTFE	2.0-5.0%	W,S	I,E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PropylTex Series	Polypropylene	3.0-10.0%	W,S	I,E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PropylTex HD Series	Densified polypropylene	3.0-10.0%	W	I,E	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
SuperGlide 904	Fischer-Tropsch wax/Ethylene bis(stearamide)	0.5-2.0%	S	I	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Synfluo 172VF	Fischer-Tropsch wax/PTFE	0.5-2.0%	S	I	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

* W = Water, S = Solvent


 MICRO POWDERS, INC.
 580 White Plains Road, Tarrytown, NY 10591 | T:914.793.4058 | micropowders.com | email:mpi@micropowders.com
 1-04/18

The information contained herein is to the best of our knowledge true and correct and any suggestions are made without guarantee, express or implied, since conditions of use are beyond our control. Micro Powders, Inc. disclaims any liability incurred in connection with the use of any data or suggestions. Nothing contained herein shall be construed as a recommendation to infringe on any existing patents covering any material or its use.

Additives

TRADE NAME	PRODUCT DESCRIPTION	HLB	FUNCTION						APPLICATION	
			Humectant	Emulsifier	Dispersant	Rheology modifier	pH regulator	Synthetic intermediate		
NON-IONIC SURFACTANTS										
ALKONAT [®] , ULTRAPERSE [®] and ALKOSYNT line								The ALKONAT [®] , ALKOSYNT and ULTRAPERSE [®] products stand out for their stability over wide pH and temperatures ranges and compatibility with other agents.		
ALKONAT [®] L 10	Lauryl alcohol ethoxylated (3-23 EO)	3.6	🔥	🔥					Construction paint, pigment dispersion and emulsifier for the production of resins.	
ALKONAT [®] L 20		6.2	🔥	🔥						
ALKONAT [®] L 30		8.1	🔥	🔥						
ALKONAT [®] L 60		11.5	🔥	🔥	🔥					
ALKONAT [®] L 90		13.4	🔥	🔥	🔥					
ALKONAT [®] L 100		13.9	🔥	🔥	🔥					
ALKONAT [®] L 200		16.5	🔥	🔥	🔥					
ALKONAT [®] L 230		16.9	🔥	🔥	🔥					
ALKONAT [®] C 20		Cetyl alcohol (2-20 EO)	5.3	🔥	🔥					
ALKONAT [®] C 100			12.9	🔥	🔥	🔥				
ALKONAT [®] C 200	15.7		🔥	🔥	🔥					
ALKONAT [®] CE 50 F	Cetyl stearyl alcohol (5-25 EO)	10	🔥	🔥						
ALKONAT [®] CE 200 F		15.4	🔥	🔥	🔥					
ALKONAT [®] CE 250 F		16.1	🔥	🔥	🔥					
ALKONAT [®] OC 100	Oleyl-cetyl alcohol (10-30 EO)	15.3	🔥	🔥						
ALKONAT [®] OC 300		—	🔥	🔥	🔥					
ULTRAPERSE [®] 230 W35	Fatty alcohol ethoxylated	16.9	🔥	🔥	🔥					
ALKOSYNT IT 30	Isotridecyl alcohol ethoxylated (3-12 EO)	8.0	🔥	🔥	🔥					
ALKOSYNT IT 60		11.4	🔥	🔥	🔥					
ALKOSYNT IT 80		12.8	🔥	🔥	🔥					
ALKOSYNT IT 90		13.3	🔥	🔥	🔥					
ALKOSYNT IT 100		13.8	🔥	🔥	🔥					
ALKOSYNT IT 120		14.5	🔥	🔥	🔥					
ALKOSYNT ID 30	Isodecyl Alcohol Ethoxylated (3-6 EO)	8.7	🔥	🔥	🔥					
ALKOSYNT ID 60		12.1	🔥	🔥	🔥					
ALKOSYNT 955	Synthetic alcohol ethoxylated	12.5	🔥	🔥	🔥					
ALKOSYNT 2370		12.3	🔥	🔥	🔥					
ULTRANEX[®] line								ULTRANEX [®] products stand out for their stability over wide pH and temperature ranges, and compatibility with other agents. They are used in construction paint, pigment dispersion and emulsion polymerization.		
ULTRANEX [®] NP 40	Alkylphenol ethoxylates (4-50 EO)	8.9	🔥	🔥	🔥				Construction paint, pigment dispersion and emulsifier for the production of resins.	
ULTRANEX [®] NP 60		10.9	🔥	🔥	🔥				Prevents pigment floating and emulsifying agent for resin production.	

Additives

TRADE NAME	PRODUCT DESCRIPTION	HLB	FUNCTION						APPLICATION
			Humectant	Emulsifier	Dispersant	Rheology modifier	pH regulator	Synthetic intermediate	
ANIONIC SURFACTANTS									
OXIMULSION Line								The OXIMULSION generates latexes with low coagulum, promotes electrostatic stability and controls particle size.	
OXIMULSION 3230	Sodium Salt of Monoalkyl Sulfosuccinate	—	🔥	🔥	🔥				Surfactant for emulsion polymerization of styrene-acrylic, styrene-butadiene, vinyl-acrylic and acrylic resins
OXIMULSION 31230	Proprietary information	—	🔥	🔥	🔥				
ALKOPON[®] Line									
ALKOPON [®] NNP 940	Sodium Salt of Sulfated nonylphenol Ethoxylate	—	🔥	🔥	🔥				Emulsifying agent for emulsion polymerization of styrene-acrylic, styrene-butadiene, vinyl acrylic and acrylic latexes. Allows generating latexes with low coagulum content, promotes electrostatic stabilization and controls particle size.
ALKOPON [®] OP 2530	Potassium Salt of Ethoxylate Nonylphenol Sulfate	—	🔥	🔥	🔥				
ALKOPON [®] PS	Sodium dodecylbenzenesulfonate	—	🔥	🔥	🔥				Primary surfactant for emulsion polymerization.
ALKIFOS[®] Line									
ALKIFOS [®] 40 NPK	Ethoxylated Nonylphenol Phosphate	—	🔥	🔥	🔥				Surfactant for emulsion polymerization of styrene-acrylic, styrene-butadiene, vinyl-acrylic and acrylic resins. Generates latexes with low coagulum, promotes electrostatic stability and controls particle size.
ALKIFOS [®] 60 NPK	Potassium Salt of Ethoxylate Nonylphenol Phosphate	—	🔥	🔥	🔥				
ALKIFOS [®] 95 NPK		—	🔥	🔥	🔥				
ALKIFOS [®] 160 PET		Triethanolamine Salt of ethoxylated nonylphenol Phosphate	—	🔥	🔥	🔥			
ALKIFOS [®] 160 TSPH	Ethoxylated Tristyrylphenol Phosphate	—	🔥	🔥	🔥				

Anexo 5. Catálogos de fluidos de silicona



Chemical and Industrial Manufacturing

Consumer Solutions

Siloxyated Polyethers

Siloxyated Polyethers	End Cap	Visc., cSt	HLB-EO	CER	Major Industries Served
DOWSIL™ 3581 Performance Modifier	OH	7,500	0.9	2.00	<ul style="list-style-type: none"> • Adhesives • Agriculture/Crop Protection • Cleaners and Detergents • Engineering Industries • Mold Release • Paints, Coatings and Inks • Paper • Personal Care • Polyurethane Foam Additives • Pressure Sensitive Adhesives • Textiles and Leathers
XIAMETER™ OFX-5329 Fluid	OH	360	6.7	0.94	
DOWSIL™ 5604 Additive	OH	300	8.5	0.36	
DOWSIL™ OFX-5247 Fluid	OH	2,305	6.6	0.32	
XIAMETER™ OFX-0190 Fluid	OAc	2,000	6.6	0.31	
XIAMETER™ OFX-5220 Fluid	OAc	1,000	7.4	0.26	

Siloxyated Polyethers	Aqueous Surface Tension, dynes/cm			Aqueous Cloud Point, 1% Weight Solution
	0.10%	0.01%	0.001%	
DOWSIL™ 3581 Performance Modifier	IS	IS	IS	Insoluble
XIAMETER™ OFX-5329 Fluid	34.5	42.9	68.6	< Room Temperature
DOWSIL™ 5604 Additive	30.9	32.3	43.7	51.0
DOWSIL™ OFX-5247 Fluid	32.1	35.4	44.4	47
XIAMETER™ OFX-0190 Fluid	30	33.5	44.9	39
XIAMETER™ OFX-5220 Fluid	29.8	34.1	43.7	39

Table 2

Product	Type	Active Content [%]	Viscosity [cSt]	pH	Potential Applications	Commercially Available		
						AMR	EUR	PAC
Element 14 PDMS-XXX	Fluid	100%	350-60000	-	food process, non-aqueous	•	•	•
AF9000NE	Compound	100%	1550	-	food process, non-aqueous	•	•	•
AF9010E	Emulsion	10%	1250	4.5 - 5.5	food process, aqueous		•	
AF9020E	Emulsion	20%	1750	4.5 - 5.5	food process, aqueous		•	
AF9030E	Emulsion	30%	3500	4.5 - 5.5	food process, aqueous		•	
SAG 710	Emulsion	10%	1500	3.5 - 4.5	food process, aqueous	•	•	•
SAG 720	Emulsion	20%	1500	3.5 - 4.5	food process, aqueous	•		•
SAG 730	Emulsion	30%	1500	3.5 - 4.5	food process, aqueous	•	•	•
SAG 770	Emulsion	30%	1500	3.5 - 5.0	food process, protein & starch foams	•	•	
SAG 47	Compound	100%	1400	-	general, non-aqueous	•	•	
Y-14991	Compound	100%	60000	-	general, pulp & paper	•	•	•
SAG 471	Concentrate	100%	2200	7.0 - 8.5	fermentation	•	•	
SAG 5693	Concentrate	100%	350	7.0 - 8.5	food process, fermentation	•	•	
SAG 7133	Emulsion	10%	700	7.0 - 8.5	general, aqueous, oil & mining	•	•	•
SAG 2001	Emulsion	10%	700	3.0 - 12	general, aqueous	•		•
SAG 10	Emulsion	10%	2000	7.0 - 8.5	general, aqueous	•	•	•
SAG 30	Emulsion	30%	2000	7.0 - 8.5	general, aqueous	•	•	•
SAG 220	Emulsion	20%	700	7.0 - 8.5	general, aqueous		•	
SAG 240	Emulsion	40%	900	7.0 - 8.5	general, aqueous		•	
SAG 290	Concentrate	90%	3000	-	general, aqueous	•	•	•

Anexo 6. Catálogo de espesantes

AEROSIL® – an Overview

	Rheology control Anti-sagging	Anti-settling Pigment stabilization	Corrosion protection	Other effects
Solvent-based coatings (2-pack systems)	AEROSIL® R 972 AEROSIL® R 974 AEROSIL® R 805 AEROSIL® R 812 AEROSIL® R 812S	AEROSIL® R 972 AEROSIL® R 974 AEROSIL® R 805 AEROSIL® R 812 AEROSIL® R 812S	AEROSIL® R 972 AEROSIL® R 974 AEROSIL® R 805 AEROSIL® R 812 AEROSIL® R 812S	AEROSIL® R 7200 ¹⁾ AEROSIL® R 9200 ¹⁾ AERODISP® 1030 ¹⁾
Solvent-based coatings (baking and air drying systems)	AEROSIL® 200 AEROSIL® 300 AEROSIL® R 972 AEROSIL® R 974 AEROSIL® R 805 AEROSIL® R 812 AEROSIL® R 812S	AEROSIL® 200 AEROSIL® R 972 AEROSIL® R 974	AEROSIL® R 972 AEROSIL® R 974 AEROSIL® R 805 AEROSIL® R 812 AEROSIL® R 812S	AEROSIL® R 7200 ¹⁾ AEROSIL® R 9200 ¹⁾ AERODISP® 1030 ¹⁾
Water-based coatings (clear coats)	AEROSIL® 200 AEROSIL® COK 84 AEROSIL® R 816 AERODISP® WR 8520			
Water-based coatings (pigmented systems)	AEROSIL® 200 AEROSIL® COK 84 AEROSIL® R 974 AEROSIL® R 816 AEROSIL® R 805 AEROSIL® R 812 AEROSIL® R 812S AERODISP® WR 8520	AEROSIL® 200 AEROSIL® COK 84 AEROSIL® R 816 AEROSIL® R 972 AEROSIL® R 974 AERODISP® WR 8520	AEROSIL® R 816 AEROSIL® R 972 AEROSIL® R 974 AEROSIL® R 805 AEROSIL® R 812S	
UV-curing coatings	AEROSIL® 200 AEROSIL® R 972 AEROSIL® R 974 AEROSIL® R 711			AEROSIL® R 7200 ¹⁾ AEROSIL® R 9200 ¹⁾
Powder coatings				AEROSIL® 200 ²⁾³⁾ AEROSIL® R 972 ²⁾³⁾ AEROSIL® R 812S ²⁾ AEROSIL® R 8200 ²⁾³⁾ AEROXIDE® Alu C ²⁾⁴⁾ AEROXIDE® Alu C805 ²⁾⁴⁾ AEROXIDE® Alu 130 ²⁾⁴⁾
Unsaturated polyester	AEROSIL® 200 AEROSIL® 300 AEROSIL® 380			

- 1) scratch resistance improvement
 2) free flow additive, anti-caking
 3) dispersing additive
 4) increase in electropositive charge