



Máster Universitario en Investigación Química y Química Industrial

Análisis químico de resinas, aguas y fuel: métodos analíticos y evaluación de la calidad

Forestal del Atlántico S.A.

Nuria López Teijeiro

2022/2023

UNIVERSIDAD DE A CORUÑA

Tutor UDC: Jesús José Fernández Sánchez

Tutora empresa: Sonia Canedo Ferreiro

Índice

1. Resumen	6
2. Introducción	8
2.1. Actividades	8
2.1.1. Fabricación de colas y resinas	8
2.1.2. Generación de energía	9
2.1.3. Actividad medioambiental	9
2.1.4. Puerto de sólidos	9
2.1.5. Distribución de químicos	10
2.1.6. Terminal de almacenamiento	10
2.2. Certificaciones	10
2.3. Principales reacciones	11
2.3.1. Resina urea – formol	11
2.3.2. Resina melamina – formol	14
2.3.3. Resina fenol – formol	14
3. Objetivo	17
4. Materiales y métodos.....	18
4.1. Materiales.....	18
4.1.1. Reactivos	18
4.1.2. Instrumentación y material	19
4.2. Métodos	20
4.2.1. Resinas de urea – formol y melamina – formol	20
4.2.1.1. Determinación del pH.....	20
4.2.1.2. Determinación de la viscosidad.....	21
4.2.1.3. Determinación de la densidad relativa.....	22
4.2.1.4. Determinación de la compatibilidad con agua de resinas.....	22
4.2.1.5. Determinación del tiempo de gelificación.....	23
4.2.1.6. Determinación del contenido en sólidos.....	23
4.2.2. Novolacas	24
4.2.2.1. Determinación del contenido en fenol residual	24
4.2.2.2. Determinación del punto de reblandecimiento	24

4.2.2.3. Determinación de la longitud del flujo sobre una placa de vidrio previamente calentada	25
4.2.2.4. Determinación de la granulometría	25
4.2.2.5. Determinación de agua por el método Karl – Fischer	26
4.2.3. Residuos MARPOL.....	26
4.2.3.1. Determinación del pH.....	28
4.2.3.2. Determinación de la conductividad eléctrica.....	28
4.2.3.3. Determinación de la turbidez.....	28
4.2.3.4. Determinación de la alcalinidad	29
4.2.3.5. Determinación del ion amonio	30
4.2.3.6. Determinación de cloruros.....	30
4.2.3.7. Determinación del NTK	31
4.2.3.8. Determinación del fósforo total.....	31
4.2.3.9. Determinación del Carbono Orgánico Total	32
4.2.3.10. Determinación de la Demanda Química de Oxígeno	32
4.2.3.11. Determinación de SST y SSV	33
4.2.4. Fuel.....	34
4.2.4.1. Determinación del Flash Point	34
4.2.4.2. Determinación del azufre.....	34
4.2.4.3. Determinación del agua	34
4.2.4.4. Determinación de sedimentos.....	35
4.2.4.5. Determinación de la densidad.....	35
6. Conclusión	36
7. Bibliografía.....	38

Índice figuras

Figura 1. Reacción de hidroximetilación.....	12
Figura 2. Entrecruzamiento por formación de puentes metileno.....	12
Figura 3. Entrecruzamiento por formación de puentes de éter metílico.....	13
Figura 4. Entrecruzamiento por formación de puentes cíclicos	13
Figura 5. Condensación entre los grupos amino y metil – ol	14
Figura 6. Síntesis de resina de melamina – formaldehído.....	14
Figura 7. Reacción general de metilolación entre fenol y formaldehído.....	15
Figura 8. Estructura química de la resina fenol – formaldehído	16

1. Resumen

En este trabajo se describe la empresa Forestal del Atlántico S. A. y sus actividades relacionadas con la producción de resinas sintéticas, tratamiento de residuos MARPOL y almacenamiento de fuel. Los principales temas que se abordan son los procesos de fabricación y las características de las resinas urea – formol, melamina – formol y fenol – formol. También, se detallan los métodos y técnicas utilizados para evaluar la calidad de las resinas, el agua y el fuel, mediante la determinación de parámetros como el pH, la densidad, la conductividad eléctrica, el fósforo total y el NTK, entre otros, describiendo minuciosamente los procedimientos y equipos empleados en cada análisis.

Palabras clave: resina, urea, melamina, formol, MARPOL, agua, fuel.

1. Summary

This paper describes the company Forestal del Atlántico S.A. and its activities related to the production of synthetic resins, MARPOL waste treatment and fuel storage. The main topics addressed include manufacturing processes and the characteristics of urea – formaldehyde, melamine – formaldehyde and phenol – formaldehyde resins. Also, the methods and techniques used to evaluate the quality of resins, water and fuel are detailed, by determining parameters such as pH, density, electrical conductivity, total phosphorus and NTK, among others, describing thoroughly the procedures and equipment used in each analysis.

Keywords: resin, urea, melamine, formaldehyde, MARPOL, water, fuel.

1. Resumo

Neste traballo descríbese a empresa Forestal del Atlántico S.A. e as súas actividades relacionadas coa produción de resinas sintéticas, tratamento de residuos MARPOL e almacenamento de fuel. Os principais temas abordados son os procesos de fabricación e as características das resinas urea – formol, melamina – formol e fenol – formol. Tamén se detallan os métodos e técnicas utilizados para avaliar a calidade das resinas, a auga e o fuel, mediante a determinación de parámetros como o pH, a densidade, a condutividade eléctrica, o fósforo total e o NTK, entre outros, describindo minuciosamente os procedementos e equipos empregados en cada análise.

Palabras clave: resina, urea, melamina, formol, MARPOL, auga, fuel.

2. Introducción

Forestal del Atlántico es una empresa líder en su sector con más de tres décadas de experiencia, fue fundada en 1977 bajo el nombre de DESSA por la antigua Empresa Nacional de Bazán y Astano con el objetivo de llevar a cabo operaciones de deslastre, desgasificación y limpieza de los buques procedentes de todo el mundo que llegaban a la Ría de Ferrol para su reparación y mantenimiento. En 1989, diversificaron sus actividades para incluir la fabricación de colas y resinas para la industria de la madera. Hoy, en el siglo XXI, es un complejo industrial con muchas líneas de producción y actividades que han hecho que sus ingresos aumenten de manera gradual y continua (Forestal del Atlántico, 2023).

La empresa enfoca sus actividades en la innovación de sus productos, la sostenibilidad medioambiental, la transparencia en la gestión y el apoyo a la sociedad. Asimismo, aspira a ser una de las entidades de referencia en materia de conducta ética empresarial en sus áreas de negocio (Forestal del Atlántico, 2023).

Esta organización se dedica principalmente a la producción de colas y resinas, destinadas a la industria del cartón y la impregnación del papel. Al mismo tiempo, contribuye al ahorro de energía, a la generación de electricidad y a la prevención de la contaminación marina. Además, cuenta con un gran puerto de sólidos y es proveedora de fuel para uso industrial (Forestal del Atlántico, 2023).

2.1. Actividades

2.1.1. Fabricación de colas y resinas

- Urea – Formol (UF). Estas resinas líquidas fueron creadas con el propósito específico de ser utilizadas en la industria maderera, en la fabricación de tableros de partículas, MDF, contrachapados y rechapados (Forestal del Atlántico, 2023).
- Melamina – Urea – Formol (MUF). Al igual que las resinas mencionadas anteriormente, estas también se utilizan en la producción de tableros de partículas, contrachapados y rechapados (Forestal del Atlántico, 2023).
- Melamina – Formol (MF). Es un tipo de resina líquida destinada para la impregnación de papel en la industria del mueble y del suelo (Forestal del Atlántico, 2023).

- Fenol – Formol (PF). Se trata de resinas que son utilizadas en la fabricación de tableros de contrachapado y en la impregnación de papeles Kraft. También se emplean en la industria de fundición (Forestal del Atlántico, 2023).
- Fenol – Formol (PFN). Son resinas sólidas, novolacas, en polvo o escama, mayormente utilizadas en diferentes sectores de la industria, como el de polvo de moldeo, fibra textil, abrasivos, refractarios y automoción, entre otros (Forestal del Atlántico, 2023).
- Resinas Furánicas (FR). Las resinas líquidas de Alcohol Furfurílico y Fenol se usan como aglomerantes en moldes para la industria de la fundición (Forestal del Atlántico, 2023).

2.1.2. Generación de energía

Forestal del Atlántico contribuye a la conservación y producción de energía eléctrica. En sus instalaciones hay una planta de cogeneración propia que tiene la capacidad de generar vapor industrial, exportar energía a la red nacional y proporcionar energía eléctrica a todo el complejo industrial (Forestal del Atlántico, 2023).

2.1.3. Actividad medioambiental

Desde sus inicios, esta empresa ha llevado a cabo la gestión de residuos MARPOL de los tipos A, B y C en conexión con la limpieza, deslastre y desgasificación de todo tipo de buques. Se esfuerzan por prevenir la contaminación marina y ofrecen un servicio portuario obligatorio que implica la entrega controlada de los residuos de los buques y su posterior gestión ambiental (Forestal del Atlántico, 2023).

Desde 2020, han asumido la gestión de su nueva planta de tratamiento de residuos MARPOL. Con esta iniciativa mejoran su capacidad para ofrecer un servicio más eficiente y responsable en el manejo de los residuos contribuyendo a la protección del medio ambiente y la salud de la comunidad marina (Forestal del Atlántico, 2023).

2.1.4. Puerto de sólidos

El puerto tiene una extensión de 50.000 m² y una línea de atraque de 400 m, permitiendo un calado mínimo de 14 m, que combinadas con la ubicación geográfica de la empresa en Punta Promontorio (Mugaros) y las modernas redes de comunicación por carretera, convierten a Forestal del Atlántico en una zona industrial estratégicamente ubicada en tierra y mar (Forestal del Atlántico, 2023).

2.1.5. Distribución de químicos

- Fuelóleos. Suministra fuelóleos de alta calidad para uso industrial (Forestal del Atlántico, 2023).
- Urea. La urea, presentada en forma perlada, es utilizada principalmente como fertilizantes en usos agrícolas y como elemento esencial en la fabricación de resinas en la industria (Forestal del Atlántico, 2023).
- Metanol. El metanol es un componente principal en la producción de formaldehído y se usa ampliamente en la industria para la fabricación de combustibles biodiesel, entre otros usos (Forestal del Atlántico, 2023).
- Formol. Las soluciones de formol se emplean principalmente en la producción de resinas y también como desinfectante en diversas aplicaciones (Forestal del Atlántico, 2023).

2.1.6. Terminal de almacenamiento

La terminal de almacenamiento presenta una capacidad de aproximadamente 283.000 m³ distribuidos en diferentes tanques. Las principales mercancías recibidas son el gasóleo, fuel, metanol y urea (Forestal del Atlántico, 2023).

2.2. Certificaciones

Todas y cada una de las ramas de servicio de Forestal del Atlántico cuenta con las más altas certificaciones de calidad (Forestal del Atlántico, 2023):

- EMAS: distingue a la empresa como una industria química sostenible y respetuosa con el medio ambiente.
- ISO 14001: UNE-EN ISO 14001 garantiza la gestión ambiental de la totalidad de nuestras actividades de producción.
- ISO 9001: UNE-EN ISO 9001 certifica que Forestal cumple los más altos requerimientos en gestión de calidad.
- CALIDAD DE SERVICIO PARA TERMINALES DE GRANELES: Certificado de Conformidad Calidad de Servicio para Terminales de Graneles de acuerdo a los Referenciales de Puertos del Estado.
- AUTORIZACIÓN OEA: Acreditación global para probar el cumplimiento de medidas relacionadas con la seguridad y buenas prácticas en la cadena de suministro internacional de mercancías.

- CERTIFICADO ISCC: ISCC es el primer sistema internacional de certificación que puede ser usado para la sostenibilidad y el ahorro de gases efecto invernadero para todo tipo de biomasa y bioenergía.
- SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD PARA LABORATORIOS ISO/IEC 17025 (ENAC).

Alcance de la acreditación: fuelóleos

- Azufre mediante fluorescencia de energía dispersiva de rayos X, excepto toma de muestra (ASTM D4294).
- Densidad. Método del tubo en U oscilante, excepto toma de muestra (UNE – EN ISO 12185).
- Viscosidad a 50°C (ASTM D445).

2.3. Principales reacciones

2.3.1. Resina urea – formol

La principal característica de la resina urea – formol es que, una vez moldeada, no se ablanda con el calor sino que se endurece como resultado de su estructura interna. También destaca por otras características importantes como una alta resistencia a la tracción, un alto módulo de flexión, baja absorción de agua, baja contracción, alta dureza superficial y buena resistividad de volumen (Tecnología de los Plásticos, 2012).

La fabricación de esta resina implica cuatro etapas: la primera, de adición, en medio ligeramente alcalino, la segunda, de condensación, en medio ácido, la tercera de adición de urea y neutralización, y la cuarta de curado.

Durante la reacción de adición entre la urea y el formaldehído (hidroximetilación), se producen diversas especies hidroximetilureas de tipo mono, di y trisustituida, junto con moléculas oligoméricas. Debido a que los derivados de metil – ol se condensan rápidamente en medio ácido, este proceso se lleva a cabo en un medio básico y requiere un cuidadoso control del pH (Vallejo, 2010).

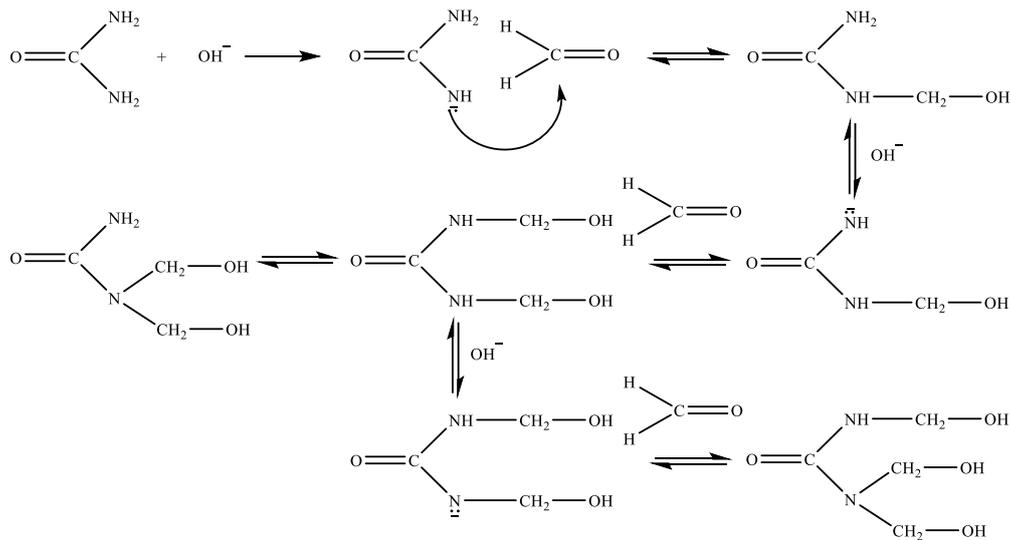


Figura 1. Reacción de hidroximetilación

La reacción de condensación entre las especies hidroximetilurea da lugar a prepolímeros al formar enlaces aminometileno además de enlaces de tipo éter. Debe fomentarse la formación de los enlaces aminometileno con respecto al éter, que son los responsables de la emisión de formol. También es importante controlar el grado de condensación porque cuanto mayor sea el grado de condensación, mayor será el peso molecular de las moléculas de resina producidas, lo que reduce su solubilidad en agua (Vallejo, 2010).

En estas figuras se muestran las diversas variantes de puentes que pueden ser construidos:

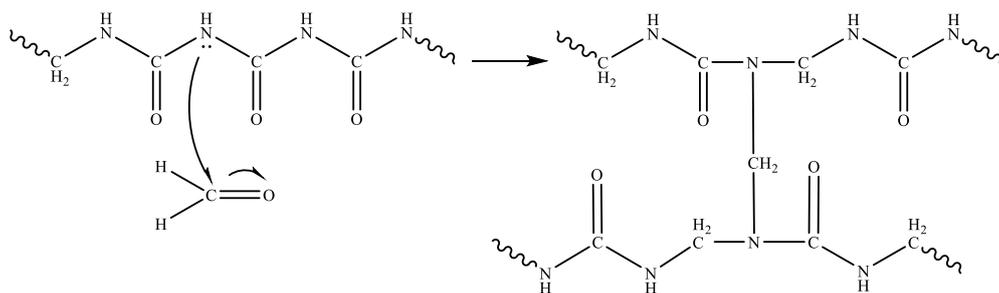


Figura 2. Entrecruzamiento por formación de puentes metileno

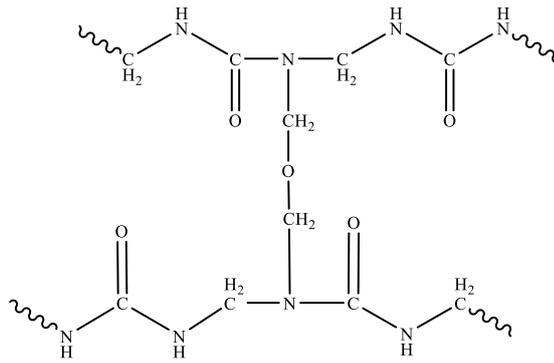


Figura 3. Entrecruzamiento por formación de puentes de éter metílico

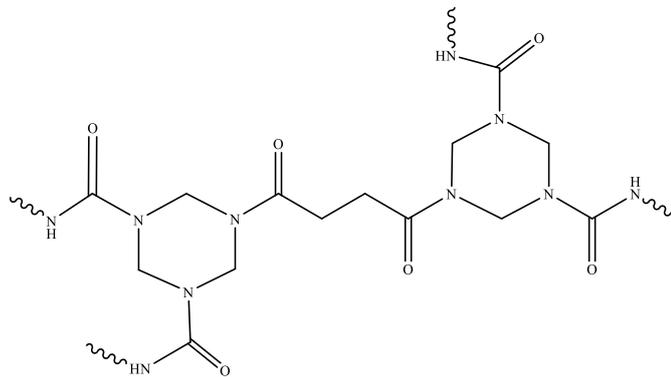


Figura 4. Entrecruzamiento por formación de puentes cíclicos

El siguiente paso consiste en añadir urea por segunda vez y neutralizar para conseguir una baja relación molar de formaldehído a urea. Para obtener resinas con buenas propiedades y bajas emisiones de formaldehído, es crucial completar este paso. La relación molar se ajusta para obtener un pequeño exceso de formaldehído libre necesario para la reacción de endurecimiento. Además, la urea sin reaccionar contribuye a la estabilidad de las resinas durante el almacenamiento (Vallejo, 2010).

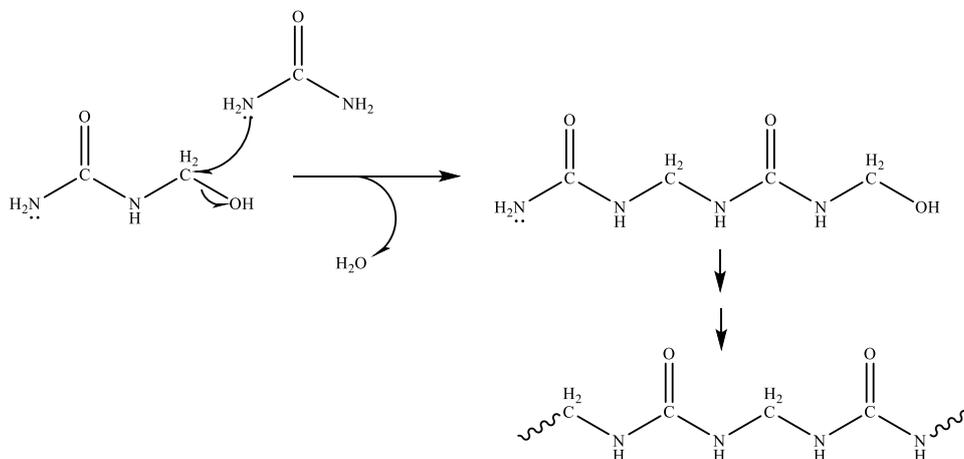


Figura 5. Condensación entre los grupos amino y metil – ol

Finalmente, se lleva a cabo el endurecimiento de la resina, el cual se logra mediante la continuación de la reacción de condensación. Para este proceso se requiere un ambiente ácido, que se puede obtener mediante la adición de un endurecedor latente como el sulfato de amonio, o bien, a través de la adición directa de ácidos o compuestos ácidos disociados en agua (Vallejo, 2010).

2.3.2. Resina melamina – formol

Las resinas de urea – formol y melamina – formol comparten características generales muy similares, pero sus aplicaciones son bastante diferentes. Ambas resinas son comúnmente denominadas como amino – resinas o resinas amínicas (Tecnología de los plásticos, 2014).

La síntesis de esta resina implica una reacción química entre la melamina y el formaldehído en presencia de un catalizador ácido, bajo condiciones controladas de temperatura y pH. El formaldehído se añade a la melamina en cantidades estequiométricas, de acuerdo con la proporción deseada. Durante la reacción, se producen varios pasos de condensación, dando lugar a polímeros cada vez más grandes, hasta formar una resina termoestable. La resina de melamina – formol se purifica posteriormente y se ajusta a las propiedades finales requeridas antes de su uso en diversas aplicaciones industriales amínicas (Tecnología de los plásticos, 2014).

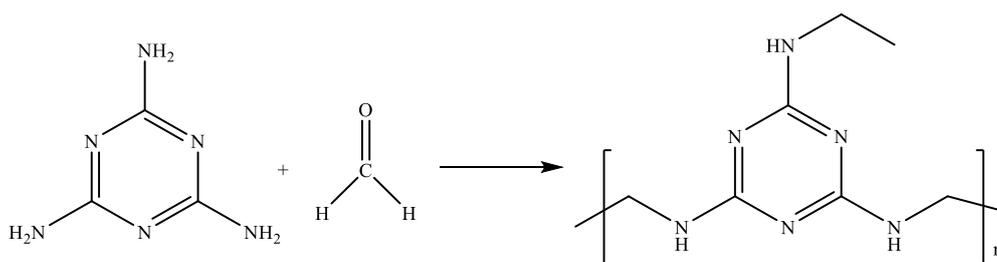


Figura 6. Síntesis de resina de melamina – formaldehído

2.3.3. Resina fenol – formol

La resina fenol – formaldehído es un polímero termoestable sintético que se obtiene a través de la reacción entre los fenoles y el formaldehído.

La molécula de fenol reacciona fácilmente con aldehídos alifáticos y aromáticos mediante una adición aldólica de la molécula de fenol a las posiciones orto y para del grupo carbonilo del aldehído. Esto da como resultado la formación de compuestos de

adición conocidos como derivados de metil – ol, que al reaccionar entre sí, dan lugar a la formación de las resinas fenol – formaldehído. Durante la reacción, se produce la eliminación de moléculas de agua, cuyos átomos de hidrógeno provienen del anillo de benceno y cuyos átomos de oxígeno provienen del aldehído. La reacción se lleva a cabo en etapas; en primer lugar, el formaldehído se adiciona a las posiciones orto y para de la molécula de fenol, seguido de la reacción de las moléculas sustituidas con la eliminación de agua. El enlazamiento de las moléculas continúa hasta formar una red extensa de resina fenol – formaldehído (Covarrubias et al., 2016).

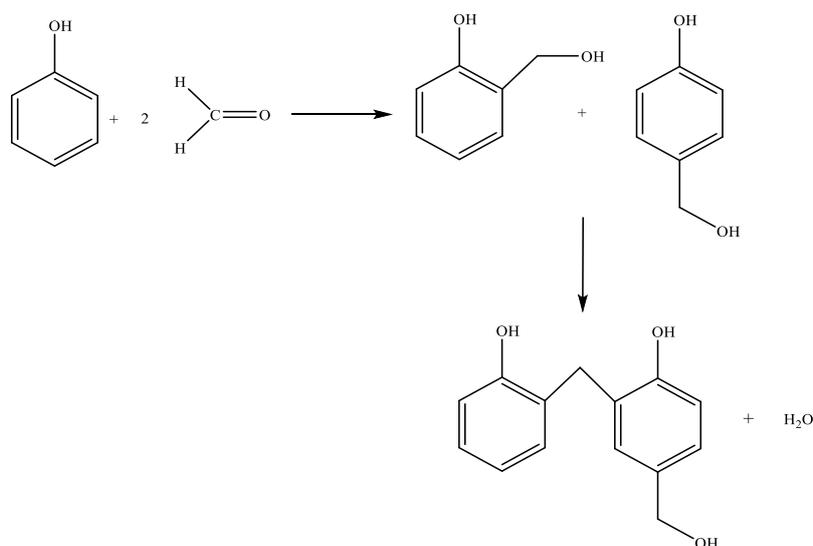


Figura 7. Reacción general de metilolación entre fenol y formaldehído

La polimerización del fenol – formaldehído se produce por la liberación de calor a medida que se produce la reacción. El polímero resultante tiene una estructura altamente compleja, formando una red tridimensional interpenetrada. Los anillos fenólicos se unen mediante unidades CH₂ del formaldehído, proporcionando de esta manera una resina termoestable que no puede ser fundida o moldeada de nuevo (Covarrubias et al., 2016).

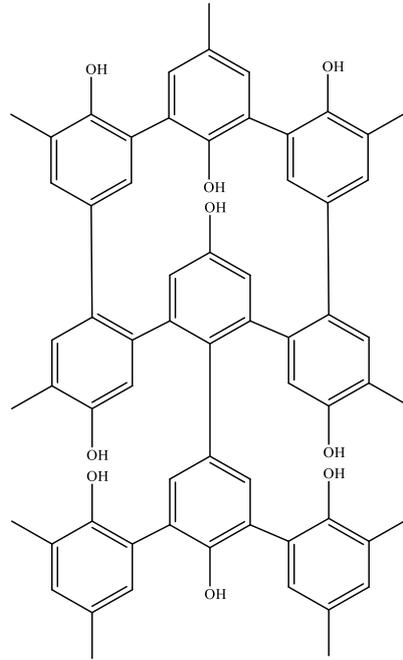


Figura 8. Estructura química de la resina fenol – formaldehído

En función de la relación molar de fenol – formaldehído se pueden encontrar diferentes tipos de resina (Covarrubias et al., 2016):

- Novolacas: son resinas de fenol – formaldehído obtenidas con una relación molar de formaldehído a fenol menor a uno, utilizando catálisis ácida para la polimerización. En estas resinas, las unidades de fenol están unidas principalmente por grupos metileno.
- Resoles: son resinas de fenol – formaldehído catalizadas por base que se fabrican utilizando una proporción de formaldehído a fenol superior a uno. La mezcla de fenol, formaldehído, agua y catalizador se calienta a la temperatura requerida, dependiendo del tipo de resina que se quiera obtener.

3. Objetivo

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Máster es aplicar técnicas de análisis químico a resinas de melamina – formol y urea – formol, novolacas, aguas y fuel, con el propósito de evaluar su calidad mediante la determinación precisa de parámetros relevantes. Los resultados obtenidos serán utilizados para identificar desviaciones o incumplimientos y así poder llevar a cabo acciones correctivas que garanticen el cumplimiento con los estándares requeridos.

4. Materiales y métodos

4.1. Materiales

4.1.1. Reactivos

- Acetona.
- Ácido ascórbico.
- Ácido clorhídrico 0,1 N.
- Ácido sulfúrico 0,1 N.
- Ácido sulfúrico 0,02 N.
- Agua destilada.
- Catalizador melamínico.
- Catalizador ureico.
- Catalizador Cu.
- Cromato potásico 5%.
- Dicromato potásico.
- Disolución heptano + tolueno.
- Disolución reguladora de borato.
- Disolución xileno + acetona.
- Disolución xileno + tolueno.
- Fenolftaleína.
- Gas portador.
- Gas detector: hidrógeno y aire comprimido.
- Hidróxido de sodio 6 N.
- Hidróxido de sodio 0,1 N.
- Hidróxido de sodio 0,01 N.
- Indicador de Tashiro.
- Metanol anhidro.
- Naranja de metilo.
- Nitrato de plata 0,1 M.
- 1 – octanol 5 g/l.
- Reactivo Karl Fischer.
- Rojo de metilo – Verde de bromocresol.

- Tampón de tetraborato.

4.1.2. Instrumentación y material

- Agitador de varilla de vidrio.
- Agitador TOC X5.
- Analizador XRF.
- Aparato de destilación.
- Balanza analítica.
- Baño de agua templada.
- Bloque de digestión LT200.
- Bureta de 50 ml graduada con precisión 0,1 ml.
- Conductímetro.
- Cromatógrafo de laboratorio equipado con un detector de ionización de llama.
- Cronómetro.
- Densímetro.
- Densímetro con tubo de oscilación.
- Desecador.
- Destilador.
- Digestor.
- Espectrofotómetro (Hach Lange DR 3900).
- Estufa con circulación de aire forzada.
- Estufa con ventilación natural.
- Filtro de fibra de vidrio.
- Jeringa.
- Karl Fischer.
- Matraz de digestión.
- Matraz Erlenmeyer.
- Matraz esférico.
- Matraz Kitasato.
- Medidor de pH.
- Microjeringa, capaz de inyectar de 0,5 μ l a 1 μ l.
- Molde cilíndrico para fabricar pastillas.
- Mufla.

- Perlas de vidrio.
- Petrotest PM.
- pH – metro.
- Pipeta.
- Pinza metálica.
- Placa calefactora.
- Placa de vidrio.
- Platillos de aluminio.
- Probeta de 100 ml.
- Refrigerante a reflujo.
- Regla.
- Sistema de punto de reblandecimiento DP70.
- Sistema de vacío.
- Soporte metálico basculante.
- Soporte con fondo blanco.
- Tamizadora de chorro de aire.
- Termómetro de 0 – 100°C con precisión de 0,1°C.
- Tubo colector.
- Tubos de ensayo.
- Turbidímetro portátil.
- Varilla de vidrio.
- Vaso de precipitados de 100 ml, 600 ml.
- Viscosímetro Brookfield.

4.2. Métodos

4.2.1. Resinas de urea – formol y melamina – formol

4.2.1.1. Determinación del pH

La medición del pH es una práctica común en la fabricación y formulación de resinas de urea y melamina debido a su impacto en las propiedades y el rendimiento de estas resinas. El pH afecta al equilibrio de la reacción de polimerización, lo cual puede tener repercusiones en la calidad de la resina y su capacidad para curar adecuadamente. Además, puede afectar a la viscosidad, lo que altera su procesabilidad. Asimismo, el pH

también puede comprometer la estabilidad y la vida útil de la resina, de manera que es importante controlar cuidadosamente este factor durante todo el proceso de producción y almacenamiento (Mariano, 2013).

Según Wang et al. (2017), el pH óptimo de las resinas urea – formol está en el rango de 7 a 8, y un valor demasiado bajo o demasiado alto afecta negativamente la resistencia al agua y la dureza de la resina curada. Por otro lado, en la patente ES2266349T3 titulada "*Resina de melamina y formaldehído esterificadas solubles en agua*", se encontró que el pH óptimo para la síntesis de resinas de melamina – formol es de 8,5 a 9, ya que un pH más alto o más bajo resulta en una disminución de la eficiencia de la reacción y en una mayor cantidad de productos no deseados.

La determinación del pH se llevó a cabo empleando un medidor de pH.

4.2.1.2. Determinación de la viscosidad

La viscosidad es una propiedad física fundamental en las resinas debido a su impacto en la capacidad de procesamiento y aplicación en varias industrias, incluyendo las de adhesivos, pinturas, recubrimientos y materiales compuestos.

Se define la viscosidad de una resina como la resistencia del líquido a fluir, y se puede medir utilizando diversos métodos y unidades, siendo el viscosímetro uno de ellos. La unidad más comúnmente utilizada para su medición es el centipoise (cP). Puede variar por diferentes factores, como la temperatura, la concentración de sólidos, la composición química, el tiempo de almacenamiento y el pH (Global Composites, 2019). Una resina con una viscosidad demasiado alta puede ser complicada de procesar y aplicar, mientras que una resina con una viscosidad demasiado baja puede resultar en problemas de estabilidad y adherencia (Lee, 1967).

Por lo tanto, es crucial controlar y ajustar la viscosidad para garantizar un procesamiento y una aplicación adecuados en diferentes superficies y sustratos. En algunos casos, se pueden utilizar aditivos y diluyentes para ajustarla, siempre y cuando se mantengan las características deseadas en la aplicación final.

En este caso, el procedimiento utilizado para determinar esta variable se conoce como viscosidad dinámica, donde se emplea un viscosímetro Brookfield. Este dispositivo se basa en la medición del par resistente generado por un rotor móvil que

gira a una velocidad constante dentro del producto a evaluar, en este caso, una resina. De esta manera, se puede determinar la viscosidad del líquido en cuestión.

4.2.1.3. Determinación de la densidad relativa

La densidad relativa de una resina se define como la relación entre su densidad y la densidad de un líquido de referencia, que suele ser agua a una temperatura específica (Ecuacionde, 2023). Cabe destacar que la densidad relativa puede ser influenciada por factores como la composición química, el contenido de sólidos y la temperatura de la resina.

Su medición se realiza con un densímetro, un instrumento basado en el principio de Arquímedes. Se compone de una varilla de vidrio hueca con un ensanchamiento en la parte inferior y un lastre en el extremo opuesto. Se sumerge cuidadosamente el densímetro en el líquido y se espera a que flote verticalmente. Luego, se lee el nivel de hundimiento en la escala graduada del vástago del densímetro que indica la densidad relativa del líquido.

4.2.1.4. Determinación de la compatibilidad con agua de resinas

Las resinas de melamina de Forestal del Atlántico, como ya se mencionó anteriormente, se utilizan principalmente para impregnar papel en la industria del mueble y del suelo. Por este motivo, es fundamental que la resina mantenga su estabilidad dimensional y no se deforme o hinche cuando se expone al agua. La determinación de la compatibilidad con agua ayuda a evaluar si la resina puede resistir la absorción de agua y mantener su forma original sin comprometer la estructura del producto.

En primer lugar, se tara el vaso de precipitados en la balanza y se pesan aproximadamente 10 g de resina. A continuación, se añade agua destilada a la resina con ayuda de la bureta, agitando y controlando con el termómetro que la temperatura esté siempre a 25°C, para lo cual se irá calentando la mezcla en el baño de agua templada. En el momento que la mezcla comience a ponerse turbia, se para de añadir agua.

El valor de la compatibilidad con el agua se obtiene haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Compatibilidad en peso (25}^{\circ}\text{C)} = \frac{V}{P}$$

4.2.1.5. Determinación del tiempo de gelificación

El tiempo de gelificación es un factor fundamental en la elaboración de resinas, ya que establece cuánto tiempo tarda en pasar de un estado líquido a un estado sólido o semisólido, en otras palabras, es el lapso en el que la resina adquiere una estructura molecular tridimensional flexible pero que no fluye. La gelificación marca el final del “tiempo de trabajo” de la resina, lo que implica que ya no es posible darle forma ni suavizarla de manera efectiva. Intentar manipularla en este punto puede comprometer las propiedades del compuesto (Gordin, 2004).

Para determinar dicho factor en resinas de melamina – formol y urea – formol, destinadas para la impregnación del papel, se llena un vaso de precipitados de 600 ml con agua y se coloca sobre la placa calefactora. Posteriormente, se miden 80 ml de resina de melamina – formol y 60 ml de resina de urea – formol con una probeta de 100 ml. En el caso de las resinas de melamina – formol, se añaden 0,9 ml de catalizador melamínico a la vez que se agita la mezcla con la varilla de vidrio, mientras que a las resinas de urea – formol se le añaden 0,3 mL de catalizador ureico a la vez que se agita de la misma manera. Estos catalizadores se incorporan para acelerar el proceso de gelificación. Cuando la mezcla esté bien homogeneizada, se coloca una cantidad de esta en un tubo de ensayo hasta cubrir aproximadamente 4 dedos del tubo. Una vez que el baño esté hirviendo, se introduce el agitador en el tubo y este en el baño, al tiempo que se pone el cronómetro a cero y se comienza a agitar la muestra hasta que se endurece.

4.2.1.6. Determinación del contenido en sólidos

La expresión "contenido en sólidos" se utiliza para describir la proporción de material no volátil presente en un adhesivo después de que el solvente volátil se ha evaporado (Forza, 2022).

Este parámetro es importante para determinar las posibilidades tanto de los productos como de la producción. Dicho contenido tiene un impacto significativo en el tiempo de secado, la susceptibilidad a la humedad y a la capacidad para adherirse a diferentes papeles y sustratos (Intercol, 2023).

El procedimiento es el siguiente, se introducen los platillos de aluminio vacíos en la estufa durante 10 minutos a 120°C y luego se pasan a un desecador para que

enfrien hasta temperatura ambiente. A continuación, se pesan los platillos vacíos en la balanza analítica y se anota el peso (P_1). Posteriormente, se pesan 2 g de resina y se anota este nuevo peso (P_2). El platillo con la muestra se lleva a la estufa durante 2 horas y una vez transcurrido este tiempo, se colocan en un desecador hasta que alcancen la temperatura ambiente. Se pesan de nuevo y se anota este peso (P_3).

Para el cálculo del contenido en sólidos se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido en sólidos (\%)} = \left(\frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \right) \times 100$$

4.2.2. Novolacas

4.2.2.1. Determinación del contenido en fenol residual

Los fenoles residuales en las novolacas hacen referencia a las moléculas que no reaccionan y permanecen en la mezcla de fenol y formol utilizada para producir la resina. Estas resinas, como ya se explicó anteriormente, se generan mediante una reacción entre fenol y formol en presencia de un catalizador ácido, que resulta en un polímero con una estructura reticulada de red tridimensional. Sin embargo, es difícil eliminar todas las moléculas de fenol no reactivas en el producto final, lo que conduce a la presencia de fenoles residuales. La cantidad de estos está influenciada por factores tales como las condiciones de reacción y la proporción de monómeros utilizados (Alonso, 2002). En general, se espera que la cantidad de fenoles residuales en este tipo de resina sea baja, normalmente menos del 1%, aunque puede variar según el proceso de fabricación específico y el uso previsto de la resina.

Con la intención de controlar el contenido de fenol presente en las novolacas, se disuelve una porción de muestra en un solvente adecuado y se determina por cromatografía de gases siguiendo la norma ISO 8974. Para ello, se pesan entre 1,5 y 2 g de resina en un matraz Erlenmeyer y se le añaden 10 ml de patrón interno (1 – octanol 5 g/l) y 50 mL de disolvente (acetona). Utilizando una microjeringa, se inyecta en el cromatógrafo un volumen igual a 1 μ l. Finalmente, se registran los picos y se miden sus áreas.

4.2.2.2. Determinación del punto de reblandecimiento

El punto de reblandecimiento de una novolaca se refiere a la temperatura en la que la resina empieza a ablandarse y a ser moldeable debido al aumento de la

temperatura. Este parámetro es importante en la evaluación de las propiedades termomecánicas, debido a que puede afectar a su capacidad para soportar cargas y resistencia al calor (Mettler Toledo, 2023).

Se emplea principalmente en el ámbito del control de calidad, aunque también resulta útil en la investigación y el desarrollo al establecer las temperaturas de trabajo y los parámetros de procesamiento. Para determinar este valor, se utiliza un sistema de punto de reblandecimiento DP70 (Mettler Toledo, 2023).

4.2.2.3. Determinación de la longitud del flujo sobre una placa de vidrio previamente calentada

La longitud de flujo de una resina se refiere a la máxima distancia que puede recorrer la resina antes de que la resistencia al flujo detenga su movimiento. Puede variar en función de su reactividad y viscosidad. En condiciones en las que la resina se solidifica rápidamente o su viscosidad en estado líquido es elevada, es posible que la longitud de flujo se vea disminuida (ISO 8619, 2003).

Previamente, se preparan las pastillas y para ello se toma una muestra de 0,5000 g de resina en polvo, que se introduce en la cavidad del molde de hacer pastillas. A continuación, se cierra el molde y se comprime la resina usando una palanca. Por último, se desmolda la pastilla. Estas se colocan sobre una placa de vidrio previamente calentada a 125°C en una estufa con ventilación natural. Después de 3 minutos en posición horizontal y 20 minutos en posición inclinada, se mide la longitud de flujo de las pastillas con una regla.

4.2.2.4. Determinación de la granulometría

La medición del tamaño de partícula de materiales en polvo, como las resinas fenólicas, es una técnica importante conocida como granulometría. El tamaño de partícula puede afectar significativamente a las propiedades y al desempeño de la resina en aplicaciones específicas, por lo que su evaluación es esencial. El análisis de tamizado es la técnica comúnmente utilizada, donde la resina en polvo pasa a través de un tamiz. El tamaño se determina midiendo la cantidad de material retenido en el tamiz y se expresa en términos de tamaño de malla (ISO 4610, 2001).

La granulometría es fundamental para evaluar la uniformidad del tamaño de partícula y la distribución de tamaños en la muestra. Una distribución uniforme de tamaños de partículas puede ser deseable para lograr una mezcla homogénea de la

resina con otros materiales. Asimismo, puede ser útil para seleccionar la resina fenólica en polvo adecuada para una aplicación específica.

4.2.2.5. Determinación de agua por el método Karl – Fischer

El método de valoración Karl – Fischer es ampliamente utilizado para determinar de manera precisa y cuantitativa el contenido de agua en muestras líquidas y sólidas. Se considera uno de los métodos de valoración más usualmente empleados en la actualidad (Servicios Técnicos de Investigación, 2022).

Para realizar el análisis, la resina se mezcla con un disolvente apropiado que no contiene agua, como el metanol anhidro, y se agrega el reactivo que contiene yodo mediante una bureta automática. El agua presente en la muestra reacciona con el reactivo hasta que se ha consumido por completo, y se detecta la presencia de yodo libre en la solución. El punto final de la valoración se determina utilizando un electrodo de platino mediante técnicas voltamétricas (Servicios Técnicos de Investigación, 2022).

4.2.3. Residuos MARPOL

MARPOL es el acrónimo de la expresión en inglés “Marine Pollution”, y es un convenio internacional que se refiere a la prevención de la contaminación marina y, en particular, a los residuos generados durante el servicio de los buques y sus operaciones de mantenimiento y limpieza. Estos residuos incluyen las aguas residuales y los residuos de los distintos cargamentos, y se clasifican en cinco anexos (SYM Naval, 2019).

El Anexo I de MARPOL establece las reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos. Este anexo se aplica a las aguas de lastre que se contaminan con petróleo crudo, las aguas de lastre contaminadas por productos petrolíferos, así como a las mezclas oleosas que se generan en las sentinas de la cámara de máquinas o en los equipos de depuración de combustibles y aceites de los motores de los buques. Es importante destacar que estos residuos son altamente peligrosos para el medio ambiente, por lo que su eliminación adecuada es fundamental para prevenir daños a los ecosistemas marinos (SYM Naval, 2019).

Esta clase se subdivide, a su vez, en tres subclases (Tradebe, 2023):

- Tipo A. Se corresponde a los residuos de carga de crudo que provienen de buques petroleros y aguas de lastre que han sido afectadas por crudo.

- Tipo B. Se refiere a los residuos oleosos de carga de hidrocarburos distintos al crudo, que presentan una densidad inferior a 1 y también provienen de buques petroleros.
- Tipo C. Incluye los lodos, aguas de sentina y residuos oleosos generados en las salas de máquinas de los buques, así como en los equipos de purificación de los combustibles y lubricantes de motor.

El Anexo II establece las directrices para prevenir la contaminación causada por el transporte a granel de sustancias perjudiciales. Estas reglas abarcan el tratamiento adecuado de las aguas de lastre, el lavado de tanques y la gestión de las mezclas que contengan sustancias peligrosas (SYM Naval, 2019).

El Anexo III insta las normas para prevenir la contaminación causada por sustancias perjudiciales transportadas por mar en paquetes, contenedores, tanques portátiles y vagones cisterna. Se refiere a los residuos de cualquier material de carga que permanezcan a bordo en bodegas de carga o tanques después de completar los procedimientos de descarga y limpieza, incluyendo los residuos generados durante las operaciones de carga y descarga, así como los derrames (SYM Naval, 2019).

El Anexo IV establece las reglas para prevenir la contaminación causada por las aguas residuales de los buques. Esto incluye los desagües y otros residuos provenientes de inodoros, urinarios y WC; los desagües provenientes de lavabos, fregaderos y conductos ubicados en áreas de servicios médicos (clínicas, hospitales, etc.); los desagües provenientes de espacios donde se transporten animales vivos, así como otras aguas residuales cuando se mezclen con los desagües mencionados anteriormente (SYM Naval, 2019).

El Anexo V implanta las normas para prevenir la contaminación causada por los desechos sólidos de los buques. Se considera desechos sólidos a todos los restos de alimentos, excepto pescado fresco, así como los residuos generados por las tareas domésticas y las labores rutinarias del buque en condiciones normales de servicio. El plástico representa el mayor riesgo, ya que puede flotar durante años. Los peces y mamíferos marinos a veces confunden los plásticos con alimentos y pueden quedar atrapados en cuerdas, redes, bolsas, entre otros. Los buques pueden contar con incineradores a bordo para la eliminación de basura y otros desechos (SYM Naval, 2019).

4.2.3.1. Determinación del pH

El pH es una medida utilizada para determinar el grado de acidez o alcalinidad de una solución, que indica la concentración de iones de hidrógeno (H^+) presentes en la misma. En soluciones acuosas, los valores de pH oscilan entre 0 y 14, siendo las soluciones con valores inferiores a 7 ácidas, y las de pH superior a 7 básicas o alcalinas. Por su parte, una solución neutra tiene un pH de 7 (Trancho Bedoya, 2018).

En el caso de las aguas residuales, es importante mantener los valores de pH dentro de un rango específico de 6,5 a 8,5, debido a que los valores fuera de este rango pueden tener un impacto negativo en la vida biológica de la zona donde se viertan. Además, si los valores de pH no se encuentran dentro de dicho rango, la eliminación de los contaminantes presentes en el agua residual mediante tratamientos biológicos puede ser más difícil. Por lo tanto, es esencial controlar el pH de las aguas residuales para garantizar su tratamiento adecuado y proteger el medio ambiente (Trancho Bedoya, 2018).

La medida del pH se realiza con un electrodo de pH previamente calibrado.

4.2.3.2. Determinación de la conductividad eléctrica

La capacidad de una sustancia de conducir corriente eléctrica se denomina conductividad eléctrica (CE), y este parámetro es muy utilizado para evaluar la concentración de sales disueltas en el agua (HANNA Instruments, 2023).

Se requiere el uso de un conductímetro y una sonda potenciométrica para la determinación de la conductividad. La medida de CE se obtiene aplicando un voltaje entre dos electrodos del conductímetro y midiendo la resistencia de la solución.

4.2.3.3. Determinación de la turbidez

La turbidez del agua es una propiedad óptica que provoca que la luz sea dispersada y absorbida en lugar de transmitida. Los sólidos en suspensión juegan un papel importante en la dispersión de la luz que pasa a través del líquido. A mayor turbidez, mayor será la cantidad de luz dispersa (HANNA Instruments, 2023).

El tamaño, el tipo, la concentración y la cantidad de partículas, así como la longitud de onda de la radiación, afectan la cantidad de dispersión de luz que se produce en la turbidez (HANNA Instruments, 2023).

Se emplea un turbidímetro portátil para determinar este factor y el resultado se expresa en FTU (Unidad de Turbidez de Formazina).

4.2.3.4. Determinación de la alcalinidad

La capacidad del agua para neutralizar ácidos se define como alcalinidad. Se trata de una medida de su capacidad amortiguadora, es decir, su capacidad para resistir cambios en el pH cuando se agregan ácidos. La presencia de sustancias solubles que neutralizan los ácidos (álcali) es la principal responsable de la alcalinidad del agua (HACH, 2023).

Los tres iones alcalinos primarios que contribuyen a esta propiedad son:

- Bicarbonatos (HCO_3^-).
- Carbonatos (CO_3^{2-}).
- Hidróxidos (OH^-).

Se requiere la presencia de alcalinidad para mantener estable el pH y así facilitar la etapa de digestión anaeróbica durante el tratamiento de aguas residuales. También es necesario mantener una concentración mínima de alcalinidad para una actividad biológica adecuada (HACH, 2023).

Este parámetro se determina mediante una valoración. Primero, se toma una cantidad de muestra y se añaden unas gotas de fenolftaleína dando coloración rosa. Luego, se valora con HCl 0,1 N hasta viraje a incoloro y se anota el volumen de ácido “F”. Seguidamente, se añade naranja de metilo y se vuelve amarillo. Por último, se valora hasta que el color cambie a rojo anotando el volumen de ácido utilizado como “AM”.

Para el cálculo de la alcalinidad se usa la información proporcionada a continuación:

Volumen ácido	Hidróxidos	Carbonatos	Bicarbonatos
AM = 0	F	0	0
F > AM	F – AM	2AM	0
F = AM	0	F + AM	0
F < AM	0	2F	AM – F
F = 0	0	0	AM

$$mg/L = \frac{(mL_{\text{ácido}} \times N_{\text{ácido}}) \times 50 \times 1000}{ml_{\text{muestra}}}$$

Alcalinidad total = bicarbonatos + carbonatos + hidróxidos

4.2.3.5. Determinación del ion amonio

El amonio es un compuesto inorgánico de nitrógeno que en presencia de oxígeno se puede transformar en nitrato a través de un proceso llamado nitrificación. En el agua, este proceso produce un elevado consumo de oxígeno. Además, el amonio es una fuente de nutrientes para cierto tipo de algas, lo que puede dar lugar a la eutrofización provocando una proliferación descontrolada de las mismas (GRAF, 2023).

Se determina mediante una volumetría con destilación previa, y para ello, se miden 50 ml de muestra y se ajusta el pH a 9,5 mediante la adición de NaOH. Después, se agregan 5 ml de tampón de tetraborato para reducir la hidrólisis de los cianatos y los compuestos orgánicos nitrogenados. La muestra se vierte en el matraz de destilación junto con 2,5 ml de solución reguladora de borato. A continuación, se destila en la corriente de vapor y se recogen en un matraz Erlenmeyer que contiene ácido sulfúrico 0,02 N. Finalmente, se añaden unas gotas de indicador de Tashiro y se valora la muestra por retroceso con NaOH 0,01 N hasta que se observe el cambio de color de violeta a verde.

La concentración de ion amonio se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$mg \text{ NH}_3 - N/L = \frac{(V_{NaOH} - V_{blank}) \times 280}{ml_{\text{muestra}}}$$

4.2.3.6. Determinación de cloruros

El cloro es un desinfectante que se utiliza con frecuencia para el tratamiento de aguas residuales porque elimina una parte importante de los organismos presentes en ellas debido a que estos se inactivan a través de la oxidación de la materia celular. Es una tecnología muy usada ya que, en comparación con otros métodos para desinfectar aguas residuales, es muy eficaz en términos de calidad/coste. En cambio, el empleo de cloro para la desinfección hace que parte de él pueda persistir en el efluente de agua residual, prolongando el efecto desinfectante incluso después de haber sido liberado al mar. Aun en concentraciones muy bajas, resulta tóxico para los organismos acuáticos (Santiago Díaz, 2017).

Se realiza una valoración para determinar la concentración de cloruros presente en las aguas. Para ello, se toman 2 ml de muestra con una pipeta y se introducen en un matraz Erlenmeyer. Se añaden unas gotas de indicador cromato potásico 5%, de manera que se observa una coloración amarilla. Por último, se valora con nitrato de plata 0,1 M hasta apreciar un cambio de color a naranja.

4.2.3.7. Determinación del NTK

NTK, o Nitrógeno Total Kjeldahl, refleja la cantidad total de nitrógeno que contienen las aguas, suma del nitrógeno orgánico en sus diversas formas y el ion amonio NH_4^+ (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2023). Debido a que demasiado nitrógeno puede tener efectos negativos, es crucial mantener los niveles bajo control. Por ejemplo, puede generar la eutrofización y un aumento en la cantidad de microorganismos, lo que reducirá la cantidad de oxígeno disuelto en el agua (Santiago Díaz, 2017).

El método Kjeldahl consta de tres etapas. En la primera, la digestión, el nitrógeno orgánico se transforma en NH_4^+ . Se miden 100 ml de muestra con una probeta y se lleva a un matraz de digestión, al cual se le añade el catalizador en forma de pastilla y 10 ml de H_2SO_4 . Esta mezcla se calienta en la unidad de digestión a 350°C durante 180 minutos. La digestión termina cuando la muestra pasa a ser totalmente transparente con un ligero color azul debido al Cu del catalizador. Después, se deja enfriar a temperatura ambiente y se añaden 100 ml de agua destilada. La segunda etapa es la destilación, donde se van a incorporar a la muestra 50 ml de NaOH para neutralizar el pH y convertir el NH_4^+ en NH_3 . El NH_3 condensa y se captura en 5 ml de H_2SO_4 0,1 N. Y finalmente, se hace una valoración con NaOH 0,1 N, utilizando un indicador mixto de rojo de metilo – verde de bromocresol con el que se observa un cambio de color de rojo a verde.

4.2.3.8. Determinación del fósforo total

El fósforo es uno de los principales componentes del agua implicados en el crecimiento y desarrollo de microorganismos, y una escasez o exceso de su concentración puede causar los mismos problemas que el nitrógeno (HACH, 2023). Existen tres formas de fósforo: polifosfatos inorgánicos, fosfatos orgánicos y ortofosfatos solubles, que juntos forman el fósforo total.

Para su medición, se utilizan tubos con una solución ácida que contiene iones de molibdato y antimonio, en ellos, se incorporan 0,4 ml de muestra y se agitan manualmente para formar un complejo de fosfomolibdato de antimonio. Luego, se llevan al bloque de digestión durante 15 minutos a 170°C. Se dejan enfriar a temperatura ambiente y se vuelven a agitar manualmente. A continuación, se añaden 0,5 ml de ácido ascórbico, se agitan y se dejan reposar 10 minutos para que se forme un complejo de molibdeno de color azul fuertemente coloreado. Pasado este tiempo, se agitan una última vez y se llevan a un espectrofotómetro de sobremesa de espectro visible (320 – 1100 nm) y haz de luz dividido que expresa el resultado en mg/l.

4.2.3.9. Determinación del Carbono Orgánico Total

El Carbono Orgánico Total (COT) es una medida utilizada para determinar la cantidad de compuestos orgánicos presentes en una muestra de agua. Estos compuestos pueden estar disueltos en el agua, presentes como material no disuelto en suspensión o en forma líquida (HACH, 2023).

La materia orgánica, aunque los compuestos en sí no sean tóxicos, puede tener un impacto negativo en el medio ambiente cuando se encuentra en ríos o arroyos. Los residuos orgánicos agotan los niveles de oxígeno en el agua, lo cual puede resultar en la asfixia de los peces y afectar de diversas maneras a los ecosistemas acuáticos (HACH, 2023).

El TOC se mide mediante un proceso de tres pasos. En primer lugar, se agrega 1 ml de muestra a una cubeta de reacción que contiene ácido. Posteriormente, esta cubeta se coloca en el agitador TOC X5 para liberar la fracción de carbono inorgánico (TIC) presente en la muestra. Una vez liberado el TIC, la cubeta de reacción se une a una cubeta indicadora de pH mediante una tapa que tiene una membrana permeable al gas en ambos lados. A continuación, la combinación de las cubetas se coloca en un bloque de digestión LT200, donde se lleva a cabo un proceso de digestión a una temperatura de 100°C durante 2 horas. Luego, se dejan enfriar a temperatura ambiente y se llevan a un espectrofotómetro de sobremesa de espectro visible (320 – 1100 nm) y haz de luz dividido que expresa el resultado en mg/l.

4.2.3.10. Determinación de la Demanda Química de Oxígeno

La DQO o Demanda Química de Oxígeno es una medida utilizada para cuantificar la cantidad de cualquier sustancia, tanto orgánica como inorgánica, que

puede ser oxidada por un oxidante fuerte. La cantidad de oxidante consumido se expresa en su equivalente de oxígeno (HANNA Instruments, 2004).

La DQO se determina a través de unos tubos de reacción que contienen dicromato potásico. El primer paso consiste en agitar manualmente dichos tubos y a continuación se le añaden 2 ml de muestra. Se vuelven a agitar y se colocan en un bloque de digestión durante 15 minutos a 170°C. Cuando todavía siguen calientes se agitan nuevamente y se dejan enfriar a temperatura ambiente. Por último, se llevan a un espectrofotómetro de sobremesa de espectro visible (320 – 1100 nm) y haz de luz dividido que expresa el resultado en mg/l.

4.2.3.11. Determinación de SST y SSV

Los sólidos en suspensión totales se utilizan para evaluar la calidad general del agua después de un proceso de tratamiento, siendo inaceptable un valor elevado de estos (MicroLab Industrial, 2023).

En primer lugar, se coloca un filtro de fibra de vidrio sobre una placa de aluminio y se calienta en la estufa durante 15 minutos a 105°C. Pasado este tiempo, se lleva a un desecador y se deja enfriar. A continuación, se pesa (P_1) y se coloca en el sistema de filtración a vacío. Se toma una muestra de agua (V) y se transfiere al filtro. Se mantiene el vacío por un minuto más para retirar el exceso de humedad del filtro. Con ayuda de una espátula, se retira el filtro y se coloca de nuevo en la placa de aluminio. Nuevamente, se introduce en la estufa durante 30 minutos a 105°C. Por último, se deja enfriar en el desecador y una vez que alcanza la temperatura ambiente, se pesa (P_2).

Para calcular la cantidad de SST se emplea la siguiente fórmula:

$$SST \text{ (ppm)} = \frac{(P_2 - P_1)}{V}$$

Si los sólidos totales se someten a combustión bajo una temperatura de 525°C durante 2 horas, la materia orgánica se transforma en CO_2 y H_2O , y esta pérdida de peso se corresponde con los sólidos en suspensión volátiles (Aguamarket, 2021).

4.2.4. Fuel

4.2.4.1. Determinación del Flash Point

El flash point o punto de inflamación se refiere a la temperatura mínima a la cual un líquido, en condiciones específicas y normalizadas, libera vapores en una cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable de vapor y aire. En otras palabras, es la temperatura más baja a la cual un líquido puede emitir suficientes vapores para crear una mezcla que pueda encenderse y arder en presencia de una fuente de ignición (Stauffer et al., 2008).

Este valor se obtiene empleando el equipo Petrotest PM.

4.2.4.2. Determinación del azufre

Analizar el contenido de azufre en los combustibles es esencial debido a los efectos contaminantes asociados con la combustión de los mismos. Durante este proceso, se generan gases perjudiciales para el medio ambiente, como el dióxido de carbono (CO_2) y el dióxido de azufre (SO_2) (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023).

El SO_2 se forma cuando el azufre, presente como impureza en el combustible, se combina con el oxígeno del aire durante la combustión. La liberación de SO_2 tiene efectos perjudiciales, ya que contribuye a la formación de lluvias ácidas (OMI, 2020).

Para medir el contenido de azufre se utiliza un analizador XRF de sobremesa.

4.2.4.3. Determinación del agua

El contenido de agua en el fuel es importante porque puede provocar problemas en el procesamiento y corrosión de los equipos (INEN, 2013).

El método utilizado para determinarla sigue la norma ASTM D95. El procedimiento implica medir con una probeta 100 ml de muestra que se vacían en el matraz de destilación. A continuación, se miden 100 ml de disolución xileno + acetona y se incorporan al mismo matraz. Se añaden unas perlas de vidrio y se agita bien el contenido. Se coloca el matraz sobre la placa calefactora y se monta el conjunto de destilación. Luego, se abre al agua para establecer la circulación por la camisa de refrigeración. El matraz se calienta de forma que el destilado condensado gotee a una

velocidad de 2 a 5 gotas por segundo. Finalmente, se lee el volumen de agua recogido en el colector.

4.2.4.4. Determinación de sedimentos

Al igual que ocurre con el contenido de agua en el fuel, la presencia de sedimentos puede causar dificultades en el procesamiento y generar corrosión en los equipos usados (INEN, 2013).

Se realiza una filtración a vacío con calor. Primero, se colocan dos filtros (up y down) sobre dos placas de aluminio y se calientan en la estufa durante 15 minutos a 120°C. Transcurrido este tiempo, se llevan a un desecador y se dejan enfriar. A continuación, se pesan y se pone uno sobre el otro para colocarlos en el sistema de filtración. Se toma una muestra de fuel (M) y se transfiere al filtro. Luego, se realizan un par de lavados con una disolución de heptano/tolueno. Una vez que el filtrado sale limpio, se cierra el vacío y se colocan los papeles sobre las placas de aluminio. Se vuelven a introducir en la estufa durante 30 minutos a 120°C. Finalmente, se dejan enfriar en el desecador y se pesan.

$$\text{Sedimentos (\%)} = \frac{up - down}{M} \times 100$$

4.2.4.5. Determinación de la densidad

El parámetro de la densidad es fundamental para verificar tanto la pureza como la homogeneidad del fuel, ya que cualquier cambio en su valor puede afectar negativamente a su calidad y desempeño. Por lo tanto, medir la densidad es un factor clave en la evaluación de la calidad del producto (Mettler Toledo, 2023).

Se emplea el método de oscilación con tubo en forma de U, el cual implica la introducción mediante una jeringa de una pequeña cantidad de muestra, menos de 1 ml, calentada previamente a 50°C. Posteriormente, se lee el valor que proporciona el instrumento.

6. Conclusión

A partir de la información presentada previamente, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

La empresa Forestal del Atlántico se dedica a la fabricación de resinas, tales como urea – formol, melamina – formol y fenol – formol que son utilizadas principalmente en la industria maderera, y cuenta con diversas certificaciones y medidas para garantizar la calidad de sus productos. En cuanto a la producción de resinas novolacas, es fundamental controlar la cantidad de fenoles residuales presentes en el producto final, dado que estos compuestos pueden ser perjudiciales para la salud y el medio ambiente debido a su toxicidad.

Para esta organización, resulta de gran importancia controlar la contaminación marina causada por residuos y sustancias peligrosas, por este motivo, asumen la gestión de tratamientos de residuos MARPOL con el fin de proteger la salud de la comunidad marina. Para evaluar la calidad del agua, se emplean diferentes parámetros como el pH, la conductividad eléctrica, la turbidez, la alcalinidad, los cloruros y el contenido de fósforo y nitrógeno.

Asimismo, la evaluación de muestras de fuel es esencial para determinar su calidad y su impacto ambiental potencial. Se considera la medición de parámetros como el contenido de azufre, el contenido de agua y la densidad como aspectos fundamentales para este propósito.

6. Conclusion

From the information previously presented, the following conclusions can be drawn:

The Forestal del Atlántico company is dedicated to the manufacture of resins, such as urea – formaldehyde, melamine – formaldehyde and phenol – formaldehyde, which are used mainly in the wood industry, and has various certifications and measures to guarantee the quality of its products. Regarding the production of novolac resins, it is essential to control the amount of residual phenols present in the final product, since these compounds can be harmful to health and the environment due to their toxicity.

For this organization, it is of great importance to control marine pollution caused by waste and hazardous substances, for this reason, they assume the management of MARPOL waste treatments in order to protect the health of the marine community. To assess water quality, different parameters are used, such as pH, electrical conductivity, turbidity, alkalinity, chlorides, and phosphorus and nitrogen content.

Likewise, the evaluation of fuel samples is essential to determine their quality and their potential environmental impact. The measurement of parameters such as sulfur content, water content and density are considered as fundamental aspects for this purpose.

6. Conclusión

A partir da información presentada anteriormente, pódense extraer as seguintes conclusións:

A empresa Forestal del Atlántico dedícase á fabricación de resinas, como urea – formol, melamina – formol e fenol – formol, que se utilizan principalmente na industria da madeira, e conta con diversas certificacións e medidas para garantir a calidade dos seus produtos. En canto á produción de resinas novolacas, é fundamental controlar a cantidade de fenóis residuais presentes no produto final, xa que estes compostos poden ser prexudiciais para a saúde e o medio ambiente pola súa toxicidade.

Para esta organización é de gran importancia controlar a contaminación mariña provocada por residuos e substancias perigosas, por iso asumen a xestión dos tratamentos de residuos MARPOL co fin de protexer a saúde da comunidade mariña. Para avaliar a calidade da auga utilízanse diferentes parámetros, como o pH, a condutividade eléctrica, a turbidez, a alcalinidade, os cloruros e o contido de fósforo e nitróxeno.

Así mesmo, a avaliación das mostras de combustible é fundamental para determinar a súa calidade e o seu potencial impacto ambiental. A medida de parámetros como o contido de xofre, o contido de auga e a densidade considéranse aspectos fundamentais para este fin.

7. Bibliografía

Aguamarket. *Sólidos*. 2021. [Fecha de consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2082#:~:text=S%C3%B3lidos%20suspendidos%3A%20Material%20que%20permanece,volatiliza%20a%20600%20grados%20cent%C3%ADgrados>.

Alonso Rubio, M. V. *Formulación y curado de resinas fenol-formaldehído tipo “resol” con sustitución parcial del fenol por lignosulfonatos modificados*. [Tesis doctoral]. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2002.

American Society for Testing and Materials. (2002) *Water in Petroleum Productis and Bituminous Materials by Destillation* (ASTM D95).

Covarrubias, H. E., Sáenz, A., Castañeda, A. O. Resinas termoestables de fenol – formaldehído. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. 2016, 17(6).

Ecuacionde. *Densidad*. 2023. [Fecha de consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://ecuacionde.com/densidad/>

Equipos y Laboratorio de Colombia. *Artículos. Que es el Nitrógeno Total Kjendahl*. 2023. [Fecha de consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-es-el-nitrogeno-total-kjendahl>

Forestal del Atlántico S.A. *Historia*. 2023. [Fecha de consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <http://www.forestaldelatlantico.com/historia.html>

Forestal del Atlántico S.A. *Empresa*. 2023. [Fecha de consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <http://www.forestaldelatlantico.com/empresa.html>

Forestal del Atlántico S.A. *Misión, visión y valores*. 2023. [Fecha de consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <http://www.forestaldelatlantico.com/mision-vision-yvalores.htm>

Forestal del Atlántico S.A. *Servicios*. 2023. [Fecha de consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <http://www.forestaldelatlantico.com/servicios.html>

Forza. *¿Qué es el contenido de sólidos?*. 2022. [Fecha de consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://forzabuilt.com/blog/solids-content/>

Global Composites. *Medida de la viscosidad de una resina poliéster*. 2019. [Fecha de consulta: 07 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.globalcomposites.es/medida-de-la-viscosidad-de-una-resina-poliester/>

Gordin, S., Eslami, A. M., Price, H. L. *Gel Time and Temperature for Two Thermosetting Resins* [En línea]. Estados Unidos, 2004. [Fecha de consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: <https://peer.asee.org/gel-time-and-temperature-for-two-thermosetting-resins.pdf>.

GRAF. *Amonio (NH₄ – N)*. 2023. [Fecha de consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: [¿Qué es el amonio? - Léxico | GRAF](#)

HACH. *Alcalinidad*. 2023. [Fecha de consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: [Alcalinidad - Productos y descripción general de los parámetros de calidad del agua | Hach](#)

HACH. *Fósforo*. 2023. [Fecha de consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <https://es.hach.com/parameters/phosphorus>

HACH. *Medición de carbono orgánico total (TOC)*. 2023. [Fecha de consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <https://es.hach.com/parameters/toc>

HANNA Instruments. *Demanda Química de Oxígeno*. 2004. [Fecha de consulta: 29 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.hannainst.es/blog/81/demanda-quimica-de-oxigeno>

HANNA Instruments. *Conductímetro*. 2023. [Fecha de consulta: 29 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.hannainst.es/86-conductimetro#>

HANNA Instruments. *Conceptos clave de la turbidez*. 2023. [Fecha de consulta: 29 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.hannainst.es/blog/1779/conceptos-clave-de-la-turbidez>

INEN. (2013) *Productos de petróleo. Determinación de agua y sedimento por centrifugación* (NTE INEN 1494:2013).

Intercol. *Solid content of adhesives*. 2023. [Fecha de consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.intercol.info/adhesives/hot-melt-en-lijm/283-solid-content-of-adhesives.html>

Lee, L. H., Neville, K. *Handbook of epoxy resins*. 1ª. ed. McGraw-Hill, 1967. ISBN: 978 – 0070369979.

Mettler Toledo. *¿Qué es el punto de goteo? ¿Qué es el punto de reblandecimiento?* 2023. [Fecha de consulta: 09 mayo 2023]. Disponible en: https://www.mt.com/es/es/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analitics/Thermal_Values/dropping-point-determination.html

Mettler Toledo. *Medición de la densidad*. 2023. [Fecha de consulta: 30 mayo 2023]. Disponible en: https://www.mt.com/es/es/home/applications/Laboratory_weighing/density-measurement.html

MicroLab Industrial. *Análisis de sólidos suspendidos totales*. 2023. [Fecha de consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://n9.cl/ep10l>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Dióxido de azufre*. 2023. [Fecha de consulta: 21 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/dioxido-azufre.aspx#:~:text=El%20origen%20del%20SO2%20es,temperatura%20y%20de%20generaci%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica.>

Organización Internacional de Normalización. (2003) *Plásticos. Resinas fenólicas en polvo. Determinación de la longitud del flujo sobre una placa de vidrio previamente calentada* (ISO 8619).

Organización Internacional de Normalización. (2001) *Plásticos. Resinas de homopolímeros y copolímeros de cloruro de vinilo. Análisis de tamiz utilizando un aparato de tamiz de chorro de aire* (ISO 4610).

Organización Marítima Internacional (OMI). *Azufre 2020: reduciendo las emisiones de óxidos de azufre*. 2020. [Fecha de consulta: 21 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>

Santiago Díaz, I. *Tratamiento y vertido de aguas residuales por buques en zonas especiales: gestión de lodos generados por el proceso*. [Trabajo de fin de grado]. Universidad de Cantabria, Cantabria, 2017.

Servicios Técnicos de Investigación. *Determinación de agua mediante el método Karl – Fischer*. 2022. [Fecha de consulta: 19 mayo 2023]. Disponible en: <https://ssti.ua.es/es/instrumentacion-cientifica/unidad-de-analisis-termico/determinacion-de-agua-mediante-el-metodo-karl-fischer.html>

Stauffer, E., Dolan, J. A., Newman, R. *Fire Debris Analysis*. Academic Press, 2008. ISBN: 978 – 0 – 12 – 663971 – 1.

SYM Naval. *Normativa MARPOL*. 2019. [Fecha de consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: [Normativa MARPOL | Blog | SYM Naval \(sym-naval.com\)](#)

Tecnología de los plásticos. *Resinas urea – formaldehído (UF)*. 2012. [Fecha de consulta: 21 mayo 2023]. Disponible en: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/11/resinas-urea-formaldehido.html>

Tecnología de los plásticos. *Resinas melamina – formaldehído (MF)*. 2012. [Fecha de consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/11/resinas-melamina-formaldehido-mf.html>

Tecnología de los plásticos. *Resinas fenol – formaldehído*. 2013. [Fecha de consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/10/resinas-fenol-formaldehido.html>

Tradebe. *MARPOL I. Prevención de la contaminación por hidrocarburos procedentes de buques*. 2023. [Fecha de consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: [MARPOL I | Prevención de la contaminación por hidrocarburos procedentes de buques | Tradebe Marpol](#)

Trancho Bedoya, A. *Prevención mediante alternativas de gestión sostenible de residuos y aguas residuales en buques de pasaje tipo crucero*. [Trabajo Fin de Grado], Universidad de Cantabria, Cantabria, 2018.

Vallejos Calzada, S. *Estudio de la reducción de emisión de formaldehído en las resinas de urea formaldehído*. [Tesis Doctoral], Universidad de Burgos, Burgos, 2010.

Wang, L. F., Xu, X. G., Xu, X. Y., Yang, J., Liu, C. H. Influence of pH value on preparation and properties of melamine formaldehyde resin. *Materials*. 2011. **26**(3), pp. 495 – 499.

Wonner, J., Scholl, F., Schlöttig, K., Wölfert, G. 2002. Resinas de melamina y formaldehído eterificadas, diluibles con agua (No. 2 266 349). <https://patentimages.storage.googleapis.com/2e/26/84/b6298ed233a01d/ES2266349T3.pdf>