



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Uso de residuos marinos como cargas en la formulación de pinturas

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: José Carlos Navarro Basto
DIRECTOR: Santiago Urréjola Madriñán
CURSO ACADÉMICO: 2022-2023

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Uso de residuos marinos como cargas en la formulación de pinturas

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

En la búsqueda del desarrollo sostenible y de la preservación de aspectos relacionados con el medioambiente, se ha tomado conciencia en aspectos que influyen tanto al mismo como a la sociedad. Este es el caso de los residuos, materiales que, debido a una selección natural de las cosas, han cumplido su función principal y se consideran ya sin valor.

Gracias a la nueva concienciación del entorno sobre el impacto causado, de los anteriormente mencionado, al ambiente, la formulación de una nueva vida útil a materiales residuales ha salido a flote. Tal es el caso de las conchas de bivalvo, en particular las de mejillón.

Las conchas de mejillón han sido un elemento escasamente utilizado en el medio, siendo este procesado como materia orgánica, teniendo un fuerte impacto ambiental debido a sus compuestos recalcitrantes.

No obstante, diversos estudios demuestran que es posible la utilización de estas conchas para múltiples usos, pero la problemática reside en si estas, en este caso de mejillón, aportan (mejoran o igualan) al desempeño de una pintura en comparación con otra comercial.

Para esto, diversas formulaciones serán elaboradas, utilizando polvo de conchas de mejillón como carga, caracterizándolas y sometiénolas a ensayos, donde finalmente se comprobará su fiabilidad ante una pintura comercial. A su vez, se utilizarán dichas cargas para la elaboración de pinturas ecológicas.

PALABRAS CLAVE

Cargas, Vehículo, Resistencia de la película, Dureza de película, Corte enrejado

AGRADECIMIENTOS

Estas primeras palabras quiero dedicarlas a aquellas personas que siempre han estado incondicionalmente para mí, en especial a mi familia, presentes tanto en los momentos felices como en la tristeza. Ellos supieron comprender el esfuerzo que para uno sostiene el estar fuera de casa y supieron ser receptivos y empáticos con el presente redactor. Realmente ha sido inspirador tener personas como ustedes a mi lado, así como un motivo de perseverancia.

Por otro lado, me gustaría agradecer a todos los que, directa o indirectamente, me apoyaron en la elaboración de este trabajo aportando ideas, corrigiendo fallos y leyendo este documento de más de 90 páginas, que para un “no conocedor de la materia” puede llegar a ser cansado.

Asimismo, una mención significativa al tutor de este TFG, el profesor Santiago Urréjola Madriñán, que, pese de las continuas molestias causadas a su persona por el suscrito, ha sabido guiarme desde primeras instancias hasta finalizar con el trabajo. A su vez, mencionar la incondicionalidad del profesor Carlos Casqueiro Placer, siendo el presente un alumno extra fuera de sus tutelados, asesoró en implementaciones de diseño de piezas CAD e impresión 3D.

Por último, he de mencionar que el proceso largo y tedioso de la escuela, como bien menciono, no es algo fácil, al contrario; solo los buenos entran y los mejores salen. Es un trabajo constante donde se refugian todas aquellos valores y virtudes que, en algún lugar de España, fueron plasmadas por Calderón de la Barca en sus versos plasmados en la oda a la vocación militar:

“Aquí la más principal hazaña es obedecer, y el modo cómo ha de ser es ni pedir ni rehusar.
Aquí, en fin, la cortesía, el buen trato, la verdad, la fineza, la lealtad, el honor, la bizarría;
el crédito, la opinión, la constancia, la paciencia, la humildad y la obediencia,
fama, honor y vida son, caudal de pobres soldados;
que, en buena o mala fortuna, la milicia no es más que una
religión de hombres honrados”.

Sin más que decir, muchas gracias a todos y cada uno de los no mencionados que, por no verme en la tesitura de dejar a alguien atrás, siempre han estado presentes dando ese último empuje para cruzar la meta. Simple, aunque no tan simple, gracias totales.

CONTENIDO

Contenido	1
1 Índice de figuras.....	3
2 Índice de Tablas	6
3 Introducción	7
3.1 Planteamiento del problema.....	9
3.2 Objetivos	9
3.3 Estructuración del trabajo	11
4 Estado del arte.....	12
4.1 Pinturas.....	12
4.1.1 Composición de las pinturas	12
4.2 Residuos	17
4.2.1 Legislación nacional reguladora	18
4.2.2 Clasificación de los residuos.....	18
4.2.3 Jerarquía de residuos	21
4.2.4 Fin de la condición de residuo	22
4.3 Los residuos y las pinturas	22
4.4 Estándares de las pinturas	23
4.4.1 Ensayos en pinturas.....	24
5 Metodología	27
5.1 Análisis de los elementos de utilización	28
5.2 Formulación de las pinturas	28
5.3 Caracterización de las formulaciones	28
5.3.1 Ensayos	28
5.4 Obtención y comparación de los parámetros de las formulaciones	32
6 Desarrollo del TFG	33
6.1 Generalidades y análisis.....	33
6.1.1 Materiales.....	33
6.2 Adecuación de componentes.....	36
6.3 Comprobación experimental de los residuos como cargas	37
6.3.1 Formulaciones tipo I	38
6.3.2 Formulaciones tipo II.....	41
6.4 Formulación de pintura ecológica.....	45
6.4.1 Formulaciones tipo III.....	45

6.5	Pintura comercial	51
7	Análisis de los resultados	52
7.1	Ensayos	52
7.1.1	Viscosidad	52
7.1.2	Arrastre	52
7.1.3	Resistencia	57
7.1.4	Dureza	62
7.2	Ensayos en pintura comercial	68
7.2.1	Arrastre	68
7.2.2	Resistencia	68
7.2.3	Dureza	69
7.3	Ensayos en pinturas Epoxi y Poliuretano sin la carga de mejillón	69
7.3.1	Epoxi sin carga	69
7.3.2	Poliuretano sin carga	71
7.4	Tabla comparativa	72
8	Factor económico en la elaboración de las pinturas y estudio	75
8.1	Obtención y procesado de la concha de mejillón	75
8.2	Costo de otros componentes de la formulación	75
8.3	Costos adicionales	75
8.4	Costos de pinturas comerciales	76
8.5	Cuadro de costos	76
9	Conclusiones y líneas futuras	77
9.1	Resumen compilatorio	77
9.2	Conclusiones	77
9.3	Líneas futuras	79
10	Bibliografía	80
	Anexo I: Implicaciones Sociales, y/o Económicas, y/o Ambientales	83
10.1	Sociales	83
10.2	Económicas	83
10.3	Ambientales	84
	Anexo II: Reflexiones Éticas y Sociales	85
	Anexo III: Tabla de comparación de resultados del corte por enrejado	86
	Anexo IV: Planos del aplicador rectangular modificado	87

1 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 Pintura rupestre de ballenas [2]	7
Figura 3-2 Producción de agricultura por especias marinas (Fuente: Apromar) [3].....	8
Figura 3-3 Producción de moluscos UE 2018 (Fuente Apromar) [3]	8
Figura 4-1 Pinturas propias	12
Figura 4-2 Esquema de los componentes de las pinturas	13
Figura 4-3 Polvo de concha de mejillón (Carbonato cálcico + impurezas)	15
Figura 4-4 División de los residuos.....	18
Figura 4-5 Montículo de pilas desechadas (Fuente: Infobae)	19
Figura 4-6 Concha de mejillón (Fuente: A. Humboldt) [23]	21
Figura 4-7 Jerarquización de residuos.....	22
Figura 4-8 Condiciones para dejar de ser residuo	22
Figura 4-9 Copa Ford	24
Figura 4-10 Durómetro de lápiz	25
Figura 4-11 Utensilio Corte enrejado resistencia superficial	25
Figura 5-1 Diagrama de flujo sobre la metodología a seguir en el TFG.....	27
Figura 5-2 Copa Ford y pintura fluyendo.....	29
Figura 5-3 Disolvente Robots sobre pintura.....	30
Figura 5-4 Corte por enrejado	30
Figura 5-5 Ensayo de dureza en pintura	32
Figura 6-1 Diseño inicial aplicador 120 μm	34
Figura 6-2 Diseño modificado aplicador 120 μm	35
Figura 6-3 Proceso de impresión 3D	35
Figura 6-4 Aplicador cuadrangular inicial y modificado de impresión 3D 120 μm	36
Figura 6-5 Componentes de la formulación Epoxi	38
Figura 6-6 Pintado formulación X1 zoom x 200.....	39
Figura 6-7 Pintado formulación X1.....	39
Figura 6-8 Pintado formulación X2 zoom x 200.....	40
Figura 6-9 Pintado formulación X2.....	40
Figura 6-10 Pintado formulación X3.....	40
Figura 6-11 Pintado formulación X3 zoom x 200.....	41
Figura 6-12 Conjunto de las formulaciones Epoxi.....	41
Figura 6-13 Componentes de la formulación de Poliuretano	41
Figura 6-14 Pintado formulación Y1 zoom x 200.....	42
Figura 6-15 Pintado formulación Y1.....	42
Figura 6-16 Pintado formulación Y2.....	43

Figura 6-17 Pintado formulación Y2 zoom x 200.....	43
Figura 6-18 Pintado formulación Y3.....	44
Figura 6-19 Pintado formulación Y3 zoom x 200.....	44
Figura 6-20 Conjunto de las formulaciones Poliuretano.....	44
Figura 6-21 Vehículo y disolvente de la formulación ecológica.....	45
Figura 6-22 Formulación con clara de huevo sometido a calor	46
Figura 6-23 Pintado fórmula O1 sin secante	47
Figura 6-24 Pintado de la fórmula O1 con secante	47
Figura 6-25 Pintado de la fórmula O2 con secante	48
Figura 6-26 Pintado formulación O2 zoom x 200.....	48
Figura 6-27 Pintado de la fórmula O3 con secante	49
Figura 6-28 Pintado formulación O3 zoom x 200.....	49
Figura 6-29 Pintado de la fórmula O4 con secante	50
Figura 6-30 Pintado formulación O4 zoom x 200.....	51
Figura 6-31 Pintado de la pintura comercial zoom x200	51
Figura 6-32 Pintado de la pintura comercial	51
Figura 7-1 Antes y después formulación O2 zoom x200	54
Figura 7-2 Antes y después formulación O3 zoom x200	54
Figura 7-3 Antes y después formulación O4 zoom x200	54
Figura 7-4 Antes y después formulación Y1 zoom x200	55
Figura 7-5 Antes y después formulación Y2 zoom x200	55
Figura 7-6 Antes y después formulación Y3 zoom x200	56
Figura 7-7 Antes y después formulación X1 zoom x200	56
Figura 7-8 Antes y después formulación X2 zoom x200	57
Figura 7-9 Antes y después formulación X3 zoom x200	57
Figura 7-10 Corte enrejado O2 zoom x200 Y x250	58
Figura 7-11 Corte enrejado O3 zoom x200 Y x250	58
Figura 7-12 Corte enrejado O4 zoom x200 Y x250	59
Figura 7-13 Corte enrejado Y1 zoom x200 Y x250	59
Figura 7-14 Corte enrejado Y2 zoom x200 Y x250	60
Figura 7-15 Corte enrejado Y3 zoom x200 Y x250	60
Figura 7-16 Corte enrejado X1 zoom x200 y x250.....	61
Figura 7-17 Corte enrejado X2 zoom x200 y x250.....	61
Figura 7-18 Corte enrejado X3 zoom x200 y x250.....	61
Figura 7-19 Dureza 6B en fórmula O2 zoom x200.....	62
Figura 7-20 Dureza 6B en fórmula O3 zoom x200.....	63

Figura 7-21 Durezas 6B y B en fórmula O4 zoom x200.....	63
Figura 7-22 Durezas 3H y 6H en fórmula Y1 zoom x200	64
Figura 7-23 Durezas 6B y B en fórmula Y1 zoom x200.....	64
Figura 7-24 Durezas 6B y B en fórmula Y2 zoom x200.....	64
Figura 7-25 Durezas 3H y 6H en fórmula Y2 zoom x200	65
Figura 7-26 Durezas 6B y B en fórmula Y3 zoom x200.....	65
Figura 7-27 Durezas 3H y 6H en fórmula Y3 zoom x200	66
Figura 7-28 Durezas 6B y B en fórmula X1 zoom x200.....	66
Figura 7-29 Durezas 3H y 6H en fórmula X1 zoom x200	66
Figura 7-30 Durezas 6B y B en fórmula X2 zoom x200.....	67
Figura 7-31 Durezas 3H y 6H en fórmula X2 zoom x200	67
Figura 7-32 Durezas 6B y B en fórmula X3 zoom x200.....	67
Figura 7-33 Durezas 3H y 6H en fórmula X3 zoom x200	68
Figura 7-34 Antes y después formulación comercial zoom x200	68
Figura 7-35 Corte enrejado comercial zoom x200 y x250	69
Figura 7-36 Durezas 6B y B en pintura comercial zoom x200	69
Figura 7-37 Corte enrejado Epoxi sin carga zoom x200 y x250.....	70
Figura 7-38 Durezas 6B y B en pintura Epoxi sin carga zoom x200	70
Figura 7-39 Durezas 3H y 6H en pintura Epoxi sin carga zoom x200	71
Figura 7-40 Antes y después Poliuretano sin carga zoom x200.....	71
Figura 7-41 Corte enrejado Poliuretano sin carga zoom x200 y x250	72
Figura 7-42 Durezas 6B y B en pintura Poliuretano sin carga zoom x200	72

2 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5-1 Tabla de durezas (Fuente: ISO 15184:2020)	31
Tabla 6-1 Fórmula X1	39
Tabla 6-2 Fórmula X3	40
Tabla 6-3 Fórmula Y1	42
Tabla 6-4 Fórmula Y2	43
Tabla 6-5 Fórmula Y3	44
Tabla 6-6 Fórmula O1	47
Tabla 6-7 Fórmula O2	48
Tabla 6-8 Fórmula O3	49
Tabla 6-9 Fórmula O4	50
Tabla 6-10 Componentes pintura comercial	51
Tabla 7-1 Viscosidades	52
Tabla 7-2 Tabla de descartes	73
Tabla 7-3 Tabla de formulaciones y ensayos	74
Tabla 8-1 Tabla de costes	76
Tabla 0-1 Clasificación de los resultados del ensayo corte enrejado (Fuente: UNE-EN ISO 2409:2021)	86

3 INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, son cientos de miles los problemas que acaparan el intelecto humano con el afán de innovar y subsistir. Es así como cosas tan banales o triviales como puede ser los residuos que la naturaleza cede pueden llegar a ser material de gran interés para la vida humana. El psicólogo ruso Lev Vygotsky asegura que el desarrollo físico, intelectual y social está intrínsecamente ligado con el contexto o coyuntura del momento, es decir, para que el hombre tenga una evolución no puede haber carencia de problemas [1].

El mar, gran masa de agua que alberga a miles de especies vivas e inertes, es fuente de muchos elementos que, por considerarlos de alguna manera, son potencialmente útiles para la vida. Desde los propios animales hasta el carbonato cálcico presente en las conchas del mejillón, son algunos de estos componentes que el hombre ha utilizado, utiliza y utilizará en su entorno para la adecuación de la vida.

A su vez, la relación del mar con el hombre es más que una unión cliente-proveedor, es más bien una relación amical y emocional. El hombre siempre ha buscado vencer a las fuertes tempestades que este ofrece en virtud de lograr la pesca o de llegar y descubrir nuevas tierras en ultramar, y quizás, con esta última, plasmar estas hazañas en pinturas que paralice el tiempo hasta la actualidad.

Definitivamente, la correspondencia de las pinturas con la historia va ligada tanto con el hombre como con su evolución, siendo la pintura la primera evidencia de expresión humana, de intelecto y raciocinio, desde hace ya más de 31000 años [2].



Figura 3-1 Pintura rupestre de ballenas [2]

La pintura como tal ha ido evolucionando, y esta expresión humana ha ido variando su significado en la vida (ceremonias funerarias de civilizaciones antiguas), pasando a ser utilizada en distintos ámbitos, de diferentes maneras, formas y colores (pinturas anticorrosivo), pero siempre conteniendo esa razón primordial, almacenar inteligencia sobre algo (proteger, decorar o plasmar un recuerdo/idea).

La evolución de la pintura se centra en los materiales del momento. En primera instancia, se producían con materiales resaltantes del entorno como la sangre u otras sustancias coloridas, posterior y paulatinamente reemplazadas por aceites y diversos pigmentos.

En aquel mundo antiguo, la búsqueda de la innovación no tenía impedimentos. Los medios y formas eran, la mayoría de las veces, correctos e infinitos, siempre y cuando se llegase a algún resultado, no tomando en cuenta que en el futuro alguno de estos nuevos residuos, originarios de productos creados o no creados por el hombre, podían causar un detrimento para el desarrollo de la vida. La consciencia en reutilizar esos desechos no estaba estructurada y la falta de emprendimiento hacia una carrera del desarrollo sostenible en la explotación de nuevos recursos y de materia de escaso reutilizamiento, eran prácticamente nulos (en el caso de las pinturas, se crearon productos químicos que contienen derivados del petróleo).

Es así como la unión de la innovación, desechos marinos, evolución y consciencia verde puede ayudarnos en la búsqueda de medios que sustituyan sustancias lesivas, sustentando el reciclaje óptimo,

para eliminar residuos marinos como pueden ser las conchas de mejillón. Aproximadamente, el 80% de la producción de agricultura de especies marinas se ve focalizado en los bivalvos, siendo una gran fuente de residuos a nivel orgánico-marino (Figura 3-2).

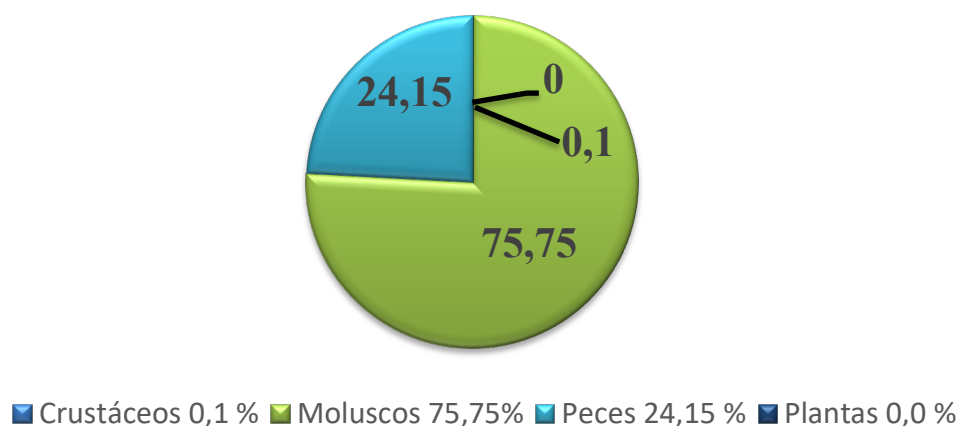


Figura 3-2 Producción de agricultura por especies marinas (Fuente: Apromar) [3]

El mejillón es uno de los bivalvos más importantes dentro de las especies acuícolas dentro de la UE. Según un estudio realizado por la Asociación empresarial de acuicultura española, la acuicultura del mejillón representa el 77,5 % de la cosecha total de moluscos dentro de la unión, constituyendo más de 527 192 toneladas (datos del 2018). En España, la puesta en el mercado de los mismo se eleva a más de 273 600 toneladas (2018) (Figura 3-3) siendo más del 50% de la cosecha europea y, aproximadamente, el 78,5 % de la nacional [3].

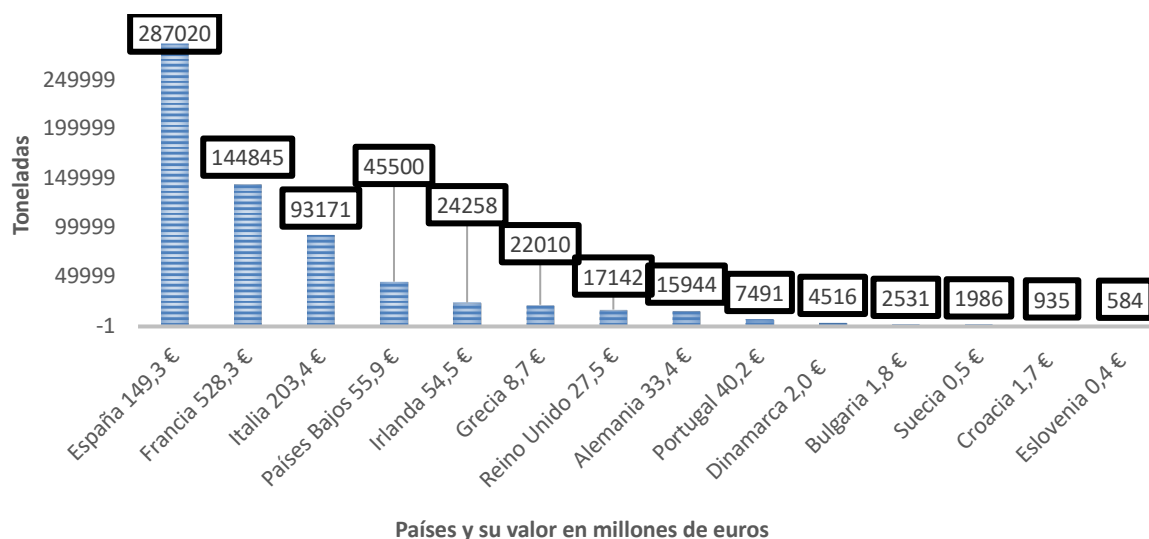


Figura 3-3 Producción de moluscos UE 2018 (Fuente Apromar) [3]

Por otro lado, un estudio estadístico realizado por la compañía Statista revela que el consumo de kilogramo de mejillón per cápita anual es muy cercano a la unidad [4], por lo que, si consideramos la población actual de España, 47 615 034 habitantes [5] (según el Avance de la Estadística del Padrón Continuo), el consumo de mejillón serían 47 615 034 kilogramos de mejillones anuales. Focalizándonos en Galicia, se cuenta con más de 3 300 bateas de cultivo de mejillón. Se estima que la producción ronda las 60 toneladas por batea, siendo esta aproximadamente de unas 198 000 toneladas de este bivalvo de media anual. Dado este número tan elevado, ¿Qué se debe hacer con los desechos del mejillón (conchas de mejillón)?

Diversas alternativas para la reutilización de estos desechos orgánicos se han propuesto, entonces ¿Qué tiene de especial este trabajo? La búsqueda de nuevos usos de las conchas de mejillón llega de la mano de la búsqueda del reemplazo de sustancias que generan gases de efecto invernadero, como algunos componentes de las pinturas, de tal manera que, mediante ensayos, se pruebe y justifique que no hacen falta más derivados del petróleo, sino que se puede aplicar materiales verdes para la sustentación y continuidad del desarrollo humano.

3.1 Planteamiento del problema

Los residuos orgánicos son un material contaminante para el medioambiente. Puede que uno de los factores por los que abundan los residuos orgánicos sea el poco interés o la suposición de que, al ser de composición orgánica, estos materiales se usan directamente para la fabricación de fertilizantes o compost.

La innovación ha hecho que, a lo largo del tiempo, se realicen diversos estudios de sobre las posibles utilidades que se le pueden dar a estos recursos sin centrarnos simplemente a la fabricación de compost. Este es el caso de las pinturas fabricadas con estiércol de vaca brindando un estilo de vida antibacteriano, no tóxico y ecológico, aportando también resistencia al agua, durabilidad y se secado rápido [6].

Entrando en detalle y en enfocándonos en la anterior idea, los recursos marinos también son una gran fuente de oportunidades, donde contienen residuos orgánicos que pueden servir como componente para la creación y reutilización de estos bienes considerados ahora como residuos por haber dejado su función principal.

Se han tenido trabajos de investigación donde las conchas de los bivalvos, además de plasmar la gran capacidad de limpiador y fertilizador de suelos ácidos, reseñan su implemento como árido para la fabricación de hormigones en masa, morteros para revestimiento [7], concreto, elaboración de biomateriales, filtros de depuración de aguas e incluso su utilidad en la obtención de aceite de jojoba [8], ¿Pero serán estos elementos (conchas de bivalvos) propicios como cargas en la formulación de pinturas?

Realmente, el problema se centra en si es potencialmente útil y eficaz cambiar elementos de cargas de pintura con el producto del tamizado de la concha de mejillón, obteniendo los mismos resultados o incluso mejorándolos. Se habla de conchas de mejillón, así como podría hablarse de cualquier otra concha perteneciente a la familia de los bivalvos, considerados como residuos marinos, aunque, debido a la cercanía y abundancia a la zona gallega, se ha optado por establecer esta especie como principal exponente de los residuos orgánicos a explotar en el presente trabajo.

Es de importante porte denotar que la solución a esto (reutilizar las conchas de bivalvos) no solo mejoraría el costo en cuanto a materiales derivados del petróleo, sino que también evitar un desecho contaminante y la comprobación de un mejor producto.

3.2 Objetivos

El presente trabajo tiene la prioridad de enfatizar en uno de los puntos menos destacados en cuanto al uso de las conchas de bivalvo, conchas de mejillón, es decir, como base en la elaboración de cargas para la formulación de pinturas, además de buscar rescatar la importancia del estudio mediante ensayos para la comprobación y caracterización de este nuevo uso del residuo. Es necesario enfatizar que toda la caracterización de las formulaciones, derivadas de la reutilización de estos productos del mar, serán comparados con productos comerciales para verificar mejoras, igualdades y empeoramiento de las pinturas formuladas.

Se plantean dos objetivos principales en la realización del siguiente trabajo:

- El principal objetivo recae en la comprobación del uso de las conchas de bivalvo, en específico las conchas de mejillón, como carga en la formulación de pinturas.

- Tras la formulación de pinturas con cargas de concha de mejillón, el segundo objetivo a lograr es la elaboración de pinturas ecológicas, donde se pretende lograr una formulación óptima, siendo participante la carga a base de concha de mejillón.

Se reseña a continuación los hitos específicos a seguir para la estructuración del presente trabajo y para la cumplimentación de los objetivos principales:

Se busca comprobar las características de las formulaciones en cuestión. A su vez, esta base recogerá el uso exhaustivo de las normativas nacionales e internacionales para los ensayos de caracterización y comprobación de las distintas formulaciones.

Teniendo en cuenta que es un trabajo de investigación, se recopilará toda la bibliografía pertinente, a través de documentación plasmada en físico y en digital, y también mediante conferencias con expertos en la materia, para la elección de los componentes y formulación de las pinturas, sobre todo, la selección del vehículo, ya que será una pieza clave en las capacidades adherente de la pintura. Para el mejor entendimiento de los recursos a usar se explicará e introducirá a cada compuesto utilizado en la formulación de las pinturas.

Una vez expuesto las formulaciones y el lector tengan conocimiento con los medios a trabajar, se dispondrá las formulaciones de las pinturas, entrando a tallar una documentación más específica de las cantidades a utilizar, los procedimientos previos y ensayos a utilizar, y los recursos que se emplearán para el resultado óptimo de la pintura (tamizado, secado, entre otros). En este aspecto, se tendrá en cuenta la problemática de la posible coloración adscrita a la carga, ya que, al no ser totalmente blanquecina, puede dar un color no deseado a la pintura, por lo que muchas veces es de obligada acción realizar un blanqueamiento químico, generando residuos menos ecológicos. Se estudiará si realmente aporta color.

Se buscará adecuar una formulación a base de productos ecológicos a un empleo lo más próximo de una pintura comercial, es decir, se buscará medios ecológicos que puedan aportar mayor caracterización a dicha pintura ecológica. Recogiendo puntos anteriormente expuestos, es necesario informar al lector sobre las simplificaciones que pueden llegar a ser utilizadas para resolver problemas. Se hará a conocer el porqué de la base de las formulaciones, las suposiciones que uno tiene al plantear las fórmulas y la razón por la que optamos por experimentar o ensayar con una y no con otra fórmula.

Una vez el lector tenga todos los datos, se procederá a estudios de caracterización y comprobación de las pinturas, donde se recogerá los datos resultantes de la práctica y experimentación. Se entablarán dos ensayos con enfoque de caracterización y tres ensayos con entidad comprobadora, de los cuales, del segundo grupo, dos ensayos mantendrán una normalización estandarizada por organismos internacionales de estandarización (ISO) (corte enrejado y resistencia) y un ensayo será del mundo comercial (ensayo de arrastre de la industria automovilística) con la estandarización propia de los Estados Unidos de Norteamérica.

El objetivo de estos ensayos no solo será aplicarlo a las formulaciones propias, sino que también serán aplicados a la pintura comercial que será utilizada para comparar, con el fin de mitigar los posibles fallos humanos en los ensayos y poner a todas las pinturas en las mismas condiciones evitando casuísticas derivadas de los posibles errores comentados anteriormente, además de tener un manejo de normativa nacional (UNE) e internacional.

En la conclusión, este trabajo busca demostrar que las conchas de mejillón dentro de las formulaciones de pinturas son una opción viable para la industria y pueden ser un elemento reutilizable, contribuyendo con la disminución de residuos orgánicos y favoreciendo la reutilización de productos de alta cantidad en España, así como presentar una formulación de pintura que sea mayoritariamente ecológica. A su vez, se pretende dar respuesta a preguntas como: ¿Este polvo de concha de mejillón son realmente utilizables como cargas dentro de la formulación? ¿Se pueden generar pinturas mayoritariamente ecológicas con la implementación de dichas cargas? ¿presenta alguna mejoría frente a la pintura comercial estudiada y frente a las formulaciones base sin cargas? ¿Aportarán, las cargas, coloración a la pintura? Entre otras.

3.3 Estructuración del trabajo

Esta memoria tiene una estructura normalizada donde se puntualizan y describen los puntos importantes a reseñar sin profundizar. Primero se introduce al lector con una leve concienciación sobre la importancia que tiene la resolución de problemas como parte de la evolución y como la pintura fue la primera muestra de la humanidad en la expresión del ser pensante. Esta idea se liga con la importancia del mar y los recursos que el mismo nos da y muchas veces no son aprovechados al máximo. Terminando la concienciación sobre la utilidad y necesidad que existe hoy en día en reutilizar materia que se cree que es desecho. Esto intenta poner en contexto actual y remarcar la importancia de innovar y reutilizar. La parte esencial del trabajo recae en el estudio de la viabilidad de pinturas a base de cargas provenientes del carbonato cálcico producto de las conchas de mejillón. Se trabajará con experimentos en las distintas formulaciones que nos ayudará a tener datos suficientes para su posterior comparación con pinturas comerciales.

Posterior a la introducción se dividirá en los siguientes apartados:

- Estado del arte: Se realiza la explicación del concepto propio de pintura, así como la composición de estas, entrando en detalle en los sujetos que varían según el tipo de pintura, y subdivisión de las pinturas.
Por otro lado, se buscará introducir las conchas de bivalvo, en concreto de mejillón, contextualizándolas en España y zonas marisqueras donde este producto se encuentra en abundancia. A su vez, estudiaremos la composición de las conchas de bivalvos, encuadrando, como punto adicional, una reseña sobre el mejillón y algunas características de este, y también su relación con el desuso de estas, así como su importancia e impacto al medioambiente. Finalmente, se explicará los ensayos aplicables dentro de la evaluación de las pinturas y el propósito que tiene cada uno. También se recogerá las normas nacionales e internacionales que regula cada uno de estos.
- Metodología: Resalta la composición del trabajo y los puntos en los que se enfocará el mismo, manteniendo dicho orden a lo largo de este. Se utilizará para tal objetivo una representación gráfica, diagrama de flujo, que de un resumen visual a la progresión que se llevará para la resolución de las hipótesis planteadas por el presente trabajo.
- Desarrollo experimental: Este capítulo se enfocará en la formulación de las pinturas, viendo las variaciones según las diferentes proporciones de carga, polvo de mejillón, y los comportamientos que presenta cada pintura según el ensayo que se le aplique. Como ayuda explicativa y para la mejor comprensión de este apartado, siendo las pinturas un producto que es necesario tenerlo en visual para su comprensión y entendimiento, el presente trabajo usará figuras explicativas resultante de los ensayos aplicados.
- Análisis de los resultados: Se comparará los resultados de las pinturas de formulación propia con una pintura comercial ajena a las ya utilizadas en la comprobación de la carga (Epoxi y Poliuretano), además de las utilizadas como base de este estudio (las mencionadas anteriormente). Se hará un cuadro comparativo donde se reseñará los aspectos positivos y negativos que tienen las diferentes formulaciones con respecto a la pintura comercial y al hecho de agregar o retirar el uso de cargas a base de carbonato cálcico derivado de residuos marinos como son las conchas de bivalvo, en específico las conchas de mejillón.
- Factor económico: Se mostrará el coste ocasionado por la formulación de pinturas y se plasmará el coste agregado que causa utilizar una carga de concha de mejillón dentro de una formulación.
- Conclusión y líneas futuras: Se ubicarán los objetivos logrados verificando el cumplimiento positivo y negativo de los mismos, así como recomendaciones para la mejora de este estudio donde dichas líneas futuras revelarán las carencias que tiene el producto y con que medios se pueden estudiar para su mejoría.

4 ESTADO DEL ARTE

4.1 Pinturas

Según el libro de Antoni Palet “Tratado de pintura”, se puede entender como pintura a la adecuación y aplicación de ciertos compuestos, que juntos y sobre una superficie afectada por fenómenos físicos tales como la porosidad o tensión superficial, cumplen una función adicional a la supuesta del material soportante [9].

A su vez, las pinturas son una forma de arte visual que han sido valoradas por su belleza y significado durante siglos. La técnica y la habilidad del artista en su uso de colores, formas y texturas son factores clave en la evaluación de una pintura. Además, la importancia de estas recae significativamente en el potencial poder repelente hacia ciertas sustancias que ya desde el pasado han estado presentes en el detrimento de algún sustrato elaborado por el hombre. Se puede decir que las pinturas son una forma valiosa de expresión humana que ha sido apreciada a lo largo de la historia no solo por su belleza visual sino también por su importancia en la protección de objetos para el desarrollo y crecimiento de estos.

En este apartado se hablará de manera somera sobre lo que realmente es una pintura. Enfatizaremos en los conceptos que se estiman oportunos y de carácter relevante para esta investigación.

4.1.1 Composición de las pinturas

Las pinturas (Figura 4-1) no son más que una conjunción de tres componentes (vehículo, pigmentos y aditivos) que generan una sustancia acuosa que se convierte en una película sólida tras un tiempo luego de su aplicación (secado), con la finalidad de dar soporte, pigmentación y propiedades a la base en la que se impregne; en otras palabras, juntos estos componentes crean la textura y el color de la pintura, y determinan sus propiedades y su apariencia final.



Figura 4-1 Pinturas propias

La estructura de la pintura divide las funcionalidades básicas de formador, funcionalidad y capacidad que tiene una pintura para su clasificación posterior según su requerimiento en la industria [10]. En la composición de una pintura, se deberá considerar factores que se desean lograr con en el fluido, variando esto factores como la proporción. Es por ello por lo que se tendrá que buscar la mejor relación dentro de los “ingredientes” con el fin de maximizar las propiedades deseadas sin reducir algunas secundarias, dicho de otra manera, el formulador deberá realizar procesos adaptativos a los componentes, como tamizado o licuado, para la correcta obtención del producto.

A continuación, se plasma gráficamente la distribución general de la organización de las pinturas en cuanto a composición se refiere (Figura 4-2).

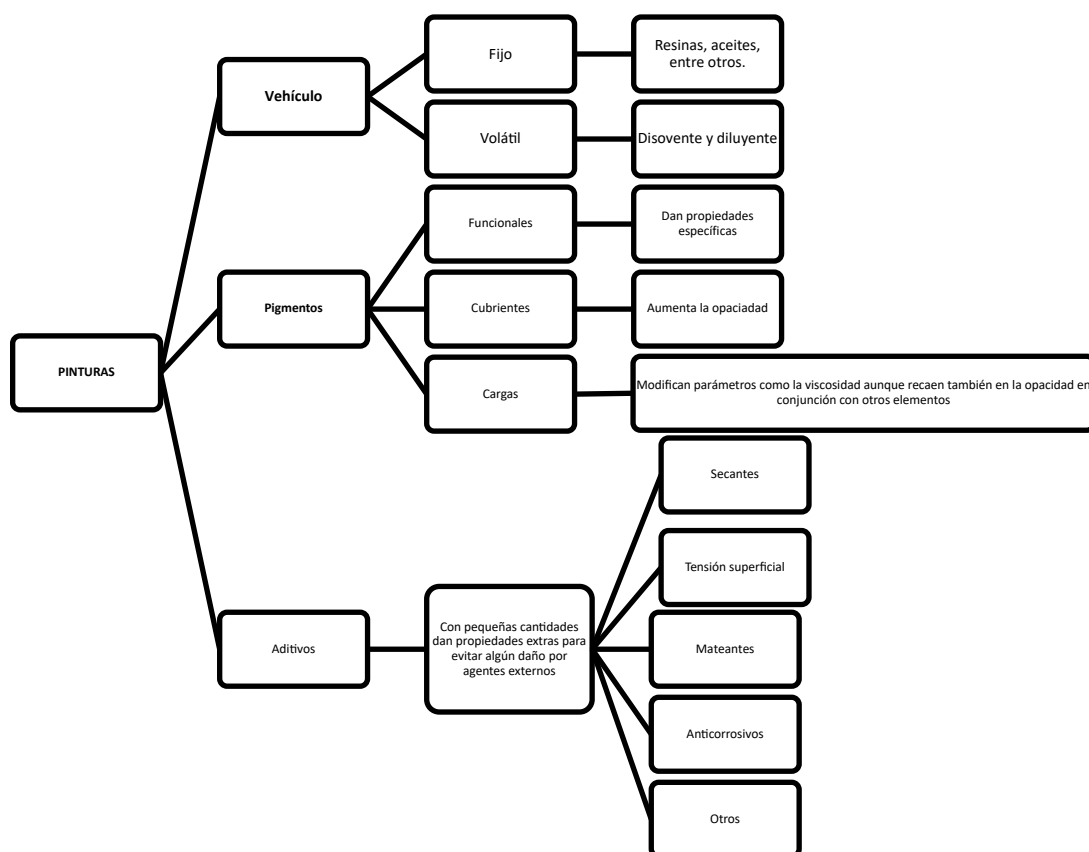


Figura 4-2 Esquema de los componentes de las pinturas

4.1.1.1 Vehículo

Cumple la función de transporte del fluido además de dar forma al mismo. Por otro lado, busca unificar las partículas que entren dentro de la formulación, como pueden ser las cargas, cuando la capa de pintura esté finalmente seca. Además de esta propiedad unificadora, conferirá grandes aportaciones en la caracterización de la pintura en cuanto parámetros como viscosidad, dureza, resistencia, entre otros [10].

4.1.1.1.1 Vehículo fijo

Será la parte sólida de la pintura que perdurará luego del secado de esta. La formulación variará, aunque siempre se tomará de base este componente para su posterior clasificación. Dentro de estos vehículos se encuentran tanto componentes naturales como artificiales, siendo los más rescatables los siguientes:

- Aceites
- Óleo-resinosas
- Resinas gliceroftálicas y fenólicas modificadas
- Resinas de clorocaucho
- Resinas vinílicas y acrílicas
- Amínicas
- Alquitranes y breas
- Resinas epoxi
- Brea-epoxi
- Poliuretano
- Silicatos inorgánicos
- Resinas de silicona

Dentro de las formulaciones para la elaboración de las pinturas se deberá tener en cuenta las propiedades químicas de cada una de estas resinas para el entendimiento posterior de las propiedades resultantes de la pintura.

4.1.1.1.2 Vehículo volátil

Constituye la parte netamente líquida y que dará paso al fluido a tener un mejor método de aplicación. El vehículo volátil está compuesto básicamente por una mezcla de disolventes.

Estos disolventes, por lo general, suelen ser alcoholes o ésteres, además de otros productos orgánicos. A su vez, su utilización suele ir ligada a la solubilización de resinas y en la adecuación de la velocidad de evaporación, por ende, es imperativo un correcto poder disolvente y su velocidad de evaporación.

- Disolvente verdadero

Reduce la viscosidad propia del vehículo, forma disoluciones claras y transparentes, sin ayuda de otro componente.

- Disolvente latente

En presencia del disolvente verdadero se comporta como tal, rebajando la viscosidad del sistema.

- Diluyente

Cumple la función de reducir la viscosidad, con esto para reducir el coste de la pintura, cuando esta siga cumpliendo con las propiedades. La utilización de productos orgánicos pertenece a tres tipos:

- Compuestos oxigenados, alcoholes, cetonas y de diferentes longitudes de cadena.
- Disolventes aromáticos, derivados del petróleo de cadena cíclica.
- Disolventes alifáticos, derivados del petróleo de cadena lineal.

4.1.1.2 Pigmentos

Los pigmentos se usan en la formulación de pinturas con la finalidad de atribuir una capacidad cubriente a la formulación además de, muchas veces, teñir pinturas o tintas plásticas entre otros productos. Se pueden clasificar en los siguientes tipos [9]:

4.1.1.2.1 Funcionales

Dícese de la capacidad de atribuir una capacidad adicional a la pintura. Se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Pigmentos anticorrosivos

Como su nombre lo dice, estos pigmentos contienen químicos dispersos que poseen la capacidad de inhibir la corrosión del acero, es decir se basan en la sinergia química con un metal o bien mediante el efecto barrera.

- Pigmentos con acciones específicas

En su mayoría buscan fortalecer un aspecto intrínseco al propósito por el cual han sido fabricadas, es decir tiene la finalidad de potenciar resistencia ante factores externos que pueden ser hongos y bacterias, anti-organismos incrustantes o pinturas ignífugas. Normalmente, aumenta el uso de entidad metálica en la formulación.

4.1.1.2.2 Cubrientes

Son productos opacos que buscan cubrir sin ningún propósito particular. Suelen ser utilizadas en pinturas de fondo y de acabado.

4.1.1.2.3 Cargas

En general son de naturaleza inorgánica y desempeñan a la función de dar estructura y cuerpo a la pintura. Sin embargo, esto varía dependiendo de la carga utilizada.

La viscosidad y la reología son algunos de los parámetros que se ven afectados por el uso de cargas; por otro lado, características como el brillo se verán modificadas ostensiblemente. Estas cargas deberán tener su respectiva parametrización en tres aspectos importantes:

En primer lugar, se deberá respetar la absorción de aceite del material a utilizar, que nos indica el grado de molturación y la naturaleza del producto. Este factor será necesario para conseguir una pasta en el límite de fluidez requerido y con el objetivo de comprobar su homogeneidad.

En segundo lugar, el índice de refracción que nos indica la capacidad de cubrición de una carga, refiriéndose en la opacidad futura que pueda recaer en una pintura.

En tercer lugar, el tamaño de partícula, donde una carga ideal será aquella que llenará todos los huecos por sí misma sin dejar aire ocluido. La importancia del tamaño ya que cuanto menor sea el tamaño de la partícula mayor será la superficie ligada.

A su vez, estos efectos irán de acorde a la relación entre los índices de refracción de la carga y el vehículo utilizado donde, cuanto mayor sea la diferencia mayor será opacidad de la pintura. Dentro de las cargas de mayor relevancia para el desarrollo de pinturas, especialmente las plásticas, se encuentran el carbonato cálcico [11].

4.1.1.2.3.1 Carbonato cálcico

El carbonato cálcico (Figura 4-3) normalmente se encuentra en la naturaleza que suelen ser derivados de animales tanto vivos como muertos (actualmente conchas de bivalvos, antiguamente microorganismos del cretáceo).

Este producto varía en características según el entorno en donde se haya extraído, es por esto por lo que se encuentran distintos tipos en el mercado, donde se diferencian por el color, granulometría, impurezas entre otras cosas.

Esta sustancia suele ser utilizada a gran escala en pinturas plásticas ya que presentan un bajo coste, además de otras propiedades como la baja viscosidad y absorción de aceites. Por otro lado, presenta carencias en su resistencia ante agentes químicos, aunque mantiene resistencia y opacidad en el exterior.

Los factores por tomarse en cuenta para la consideración del uso de este carbonato como carga en la elaboración de pinturas será el tamaño de partículas medio y su nivel de absorción de aceite [12].

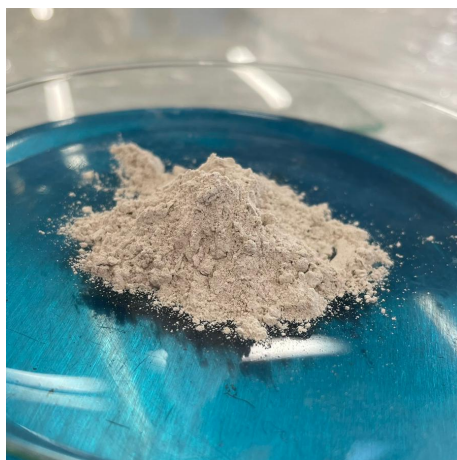


Figura 4-3 Polvo de concha de mejillón
(Carbonato cálcico + impurezas)

4.1.1.2.3.2 Otras cargas

En función a los requerimientos de las pinturas se pueden elegir otros tipos de cargas, donde resaltan algunos como la Dolomita, que es la unión de carbonato cálcico y magnésico, con densidad superior pero opacidad inferior; el sulfato de bario (en estado natural conocido como barita), que posee gran dureza, baja absorción de aceite pero elevada densidad; caolín, silicato de aluminio, que aporta buena resistencia al exterior y a los agentes químicos además de una opacidad superior; entre otros como el talco, mica, sílice diatomeas, arenas de mármol, entre otras (cargas poliméricas, aerogeles, harinas de cuarzo, fibras de celulosa) [10].

4.1.1.3 Aditivos

Dentro de los componentes fundamentales de la pintura encontramos los aditivos. Estos no constituirán más del 2% de los componentes de la pintura, sin embargo, influyen sobre las propiedades de la pintura antes y después de su secado, es por este motivo que los aditivos cumplen la función reguladora o correctora de un problema. A su vez, estos aditivos no solo pueden corregir problemas, sino que pueden ganar unas propiedades en reemplazo de otras por lo que hay que ser cuidadosos en la elección de estos.

Las propiedades que un aditivo puede variar son las siguientes:

- Modificadores de tensión superficial

También conocidos como tensioactivos, generan una capa mono molecular que busca disminuir la tensión interfacial contribuyendo al contacto entre las masas.

- Agentes secantes

Sustancia que se usa para eliminar humedad de una sustancia. Estos pueden cumplir su función catalizando la reacción de oxidación o bien coadyuvando la acción de los secantes primarios (sales de calcio, cinc, entre otros).

- Estabilizadores de luz

Se utiliza básicamente de manera decorativa y como protección ante agentes del medioambiente como son las radiaciones UV. Esta se puede clasificar según su longitud de onda, pero las más dañinas son las UV-A y UV-B, a pesar de que los rayos UV-C son los más agresivos. Estas, al tener una alta frecuencia contienen niveles altos de energía. Al impactar con materiales macromoleculares como los plásticos o películas de pinturas, se generan radicales libres que debilitan al material.

- Biocidas

Dentro de los materiales que serán cubiertos por pinturas, hay muchos que son altamente propensos a ser atacados por microorganismos que son capaces de modificar sus propiedades físicas y mecánicas. Estos microorganismos atacan también a las pinturas, generalmente a las de base acuosa, disminuyendo sus características fundamentales como puede ser la viscosidad, pH entre otras. Los microorganismos se alimentan de los componentes biodegradables de las formulaciones. Los tipos de microorganismos causantes son principalmente líquenes, algas, hongos y bacterias.

- Mateantes

Se encargan de otorgar rugosidad una vez la película está seca debido a que a menor rugosidad superficial más brillo tendrá la película.

- Reológicos

Buscan brindar un mayor espesor a la formulación modificando, en aspectos relacionados con la deformación y el flujo del material, las velocidades de corte y a la consistencia.

- Inhibidores de corrosión en el envase

Las pinturas tienden a causar corrosión en envases de hojalata debido a que muchas de ellas tienen una composición acuosa. Con el uso de nitrito de sodio y el benzoato de sodio se elude en gran medida esta corrosión, aunque finalmente se tenga un efecto negativo en la sensibilidad del agua de la película.

- Inhibidores instantáneos de corrosión en sustratos ferrosos

Durante la aplicación de formulaciones con base acuosa sobre superficies de sustratos ferrosos recién arenados se puede apreciar una oxidación prematura sobre la superficie debido a la elevada energía libre. Mediante la incorporación de aditivos que protegen el envase, comentado anteriormente, pero en mayores proporciones, se evita este malgaste de material superficial [11].

Tras la introducción a las pinturas, y luego del análisis de los componentes de estas, la generalización de la pintura como materia sintética y derivada del petróleo es común. Sin embargo, las propiedades de distintos cuerpos no estudiados habitualmente buscan la manera conseguir productos que hagan variar dichos componentes de la pintura.

La conjunción entre el efecto en la sociedad, medioambiental y económica ha producido un incremento en dicho factor reemplazante, por lo que, en mucho de los casos, materiales que se consideraban de uso nulo, han vuelto a ser usados implementados en un ámbito ajeno a lo que comúnmente era utilizado.

Los residuos han sido el motor de la economía circular y de la reutilización de materia para nuevos propósitos. No obstante, es preciso conocer sobre las generalidades de estos antes de su implementación en cualquier industria.

4.2 Residuos

Hablar de residuos no es hablar de un concepto en concreto, sino que dependerá de la situación y circunstancia que se considere, de tal manera que si consultamos a la ley 7/2022 [13] de la legislación española se define residuo como “aquellas materias derivadas de actividades de producción y consumo que no ha alcanzado ningún valor económico”. Otras leyes nacionales, ya derogadas, también aportaban definiciones, como la ley 22/2011 que generaliza aún más el término, “cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseché o tenga la intención o la obligación de desechar”.

Asimismo, organismos y consejos internacionales plantean también definiciones propias de los residuos, como el presentado en año 1975 por la UE en su directiva CEE 75/442 [14]. Como se puede leer, el termino de residuo en sí es complicado de definir por lo que las definiciones son muy amplias y buscan abarcar la totalidad de lo que supone.

Con la información brindada podemos extrapolar la definición de residuo con el aditivo conveniente para referirnos a un residuo procedente del entorno al que se quiera hacer mención como residuo marino, que no se referirá a cosa ajena que todo el material sin una supuesta utilidad que resida en el mar.

La relación de proporción entre el desarrollo y residuos es directa. La industria y el afán del hombre por crear riqueza material, ha aumentado el índice de consumo, y por ende de producción de residuos. Con esto, uno se puede ver enfrentado a problemáticas de gran magnitud como puede ser el agotamiento de recursos no renovables o la contaminación medioambiental. De tal manera, organismos nacionales e internacionales han buscado la disminución de daños colaterales producto de desecho de estos residuos.

Es así como los residuos son materia de estudio y análisis, donde la transformación de estos en materiales de utilidad es preservar la vida humana, de manera que todo material inerte y desechable, según nuestro estilo de vida, finalmente tenga una menor repercusión sobre el medioambiente y se sean nuevamente catalogados como recursos, manteniendo nuestra calidad de vida y salud.

4.2.1 Legislación nacional reguladora

Definitivamente la ley reguladora por excelencia en España es la ley 7/2022 [13], mencionada anteriormente, que dentro de sus objetivos busca mantener y reducir a niveles ínfimos los detrimentos ocasionados por la generación y gestión de residuos. A su vez, esta ley se sustenta en tres pilares; la salud humana, el medio ambiente y la economía circular, manteniendo en consonancia un uso eficiente y eficaz de los recursos, así como el compromiso con los agentes sociales

La ley 7/2022 además busca, en gran medida, referirse a los principales focos de preocupación actual como son el cambio climático y las basuras marinas, siendo enfáticamente reseñado la incidencia de los residuos biodegradables ya que son considerados altamente reducibles, representando un valor en torno al cuatro por ciento en cuanto a contaminación. Dicha contaminación se produce debido a la emisión de gases de efecto invernadero gracias al metano emitido al entorno procedentes de los vertederos.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que existen diversas normativas restrictivas que adecuarán el buen uso de los residuos según su entorno, velando que se cumpla lo regido por la legislación nacional, tal como la presentada por el ministerio de defensa (MDE). Este ministerio, dentro de sus particulares, vela por la integridad medioambiental. La Directiva 107/1997 [15], es el referente del MDE, donde además se encuadra normativas de estándar internacional respectivas al medioambiente (ISO 14001), muestra las estrategias para un desarrollo propicio y compatible en la misión general de la defensa.

Asimismo, dentro de las subdelegaciones de la defensa, se puede encuadrar a la normativa propia de la Armada, que, a través de un Sistema de Gestión Medioambiental (SGA) crea un carácter de responsabilidad y exhorta cumplir los procedimientos para el mantenimiento de la política medioambiental.

Estas legislaciones muestran el compromiso de este país miembro de la Unión Europea en aportar en el crecimiento de sus políticas medioambientales, siendo consientes con el entorno y cumplimentando normas vigentes e internacionales como la ISO 14001.

4.2.2 Clasificación de los residuos

Los residuos, en general, debido a su diversidad, con complejos de clasificar, por lo que se busca agruparlos dependiendo diversos detalles como puede ser su origen o su peligrosidad, aunque la distribución más general, entendible en cualquier ámbito, y aglomerante son estas tres se le conoce como clasificación por su composición: inorgánicos, orgánicos y peligrosos (Figura 4-4) [16].

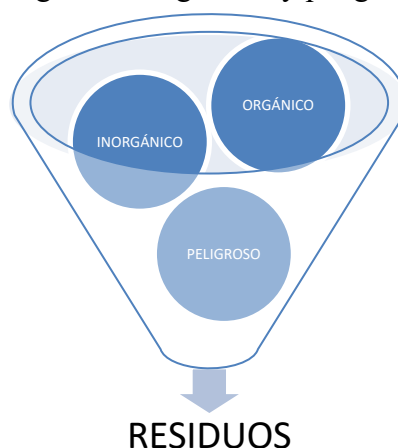


Figura 4-4 División de los residuos

4.2.2.1 Residuos inorgánicos

Los residuos, como concepto general, son masas heterogéneas donde casi la mitad está compuesta por materiales inorgánicos. Los mismos se define como todo aquel desecho que no procede de un

proceso natural o de origen no biológico. Dentro de estos residuos podemos encontrar papel, cartón, vidrios, entre otros, resaltando en mayor medida el plástico.

La mayor parte de estos residuos suelen ser tratables y se busca el proceso óptimo para su integración y recuperación operativa, con el fin de devolverlos a la cadena productiva, contribuyendo a la calidad ambiental, aunque el plástico es un tema aparte, ya que es una tendencia que es difícil de frenar y, lamentablemente, ese desenfreno tiene una alta tasa de probabilidad de terminar en los océanos.

Con la gran ampliación de producción mundial en la fabricación de plásticos, los desechos de este aumentaron equitativamente, de tal manera que ya en el año 2015 alcanzó los 322 millones de toneladas anuales, pudiéndose estimar, si continuamos a tal intensidad, un alcance de 2 000 millones de toneladas en el 2025, según un informe del 2016 presentado por la entidad Plastics Europe [17].

4.2.2.2 Residuos peligrosos

Serán los productos como pinturas, pilas (Figura 4-5; [18]) y todo lo proveniente del sistema sanitario (debido a los componentes tóxicos que son susceptibles a disolverse en agua). Se necesita un sistema específico de recogida debido a que son altamente tóxicos y porque se tiene que regular su vertido en sitios controlados. Las pilas son de los productos más peligrosos debido a que suelen contener productos tóxicos y radioactivos nocivos para el medioambiente como el mercurio. Este último, en caso de no ser debidamente desechado es absorbido por materiales marinos como las algas y plancton, que son alimentos necesarios para la supervivencia de las especies marinas y por tanto de los hombres. Se ha demostrado que una pila puede contaminar hasta 600 000 litros de agua [19].



Figura 4-5 Montículo de pilas desechadas (Fuente: Infobae) [18]

4.2.2.3 Residuos orgánicos

Dentro de la hablada heterogeneidad de los todos los residuos, la segunda mitad suelen ser productos derivados de restos de comida o de materiales con origen biológico, que fue parte de un ser vivo o que es un ser vivo ahora inerte. Normalmente, la continuidad en la reutilización de estos compuestos está derivada al aporte de la tierra como abono o compost. Los nutrientes inherentes a estos residuos aportan una riqueza en fertilidad a la tierra evitando, a su vez, el uso de abonos químicos soslayando la contaminación del agua.

La importancia de estos residuos son la gran capacidad biodegradable que, mediante una gestión adecuada, puede cumplir un importante cambio:

En primer lugar, la reducción de la cantidad de residuos en vertederos reduce la cantidad de material que se envía a los vertederos, disminuyendo la huella de carbono y preservando los recursos naturales. A sí mismo, si se logra producir compost a partir de estos residuos, como ha sido mencionado anteriormente, es un fertilizante orgánico que mejora la salud del suelo y proporciona nutrientes a las plantas.

Por otro lado, la gestión adecuada de los residuos orgánicos previene la contaminación del suelo y del agua, protegiendo la salud ambiental y humana además de reducir la emisión de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático.

Es por esto por lo que la gestión adecuada de los residuos orgánicos es esencial para preservar los recursos naturales, proteger el medio ambiente y mitigar el cambio climático [20].

4.2.2.3.1 Residuos marinos

Cabe reseñar que con estos residuos no se referirá a desechos que en su concepción fueron ajenos al lecho o al entorno marino, sino que, al hablar de estos residuos, nos referimos a todos aquellos derechos que en algún momento pertenecieron al ecosistema marino pero que por haber cumplido un propósito final en concreto han derivado a ser considerado como productos que el hombre y el propio mar desechan.

Según el libro "The Blue Planet: An Introduction to Earth System Science" de Brian J. Skinner y Stephen C. Porte [21], el total de agua presente en la Tierra es de aproximadamente 1,386 millones de kilómetros cúbicos (km³). De esta cantidad, el 97.5% radica en los mares y océanos (agua salda). Con tanta masa es razonable pensar en las altas cantidades de residuos que, por proceso natural del desarrollo del ecosistema, se generan.

Los residuos marinos propios del mar son residuos orgánicos provenientes de distintos tipos de moluscos, bivalvos, y en general, especies acuíferas que perecieron y cerraron la cadena sin fin del mundo subacuático.

4.2.2.3.1.1 Los bivalvos

Los bivalvos son un grupo de animales acuáticos que pertenecen al grupo de especies Phyllo Mollusca. Se caracterizan por sus conchas de dos partes, que están articuladas entre sí en un extremo. Estas conchas protegen el cuerpo del animal y normalmente están hechas de carbonato de calcio.

Los bivalvos se encuentran en una amplia variedad de hábitats, incluidos los ambientes de agua dulce, marinos y terrestres. Algunos de los ejemplos más conocidos de bivalvos incluyen almejas, ostras, mejillones, vieiras y berberechos.

Los bivalvos también son importantes económicamente, ya que se recolectan como alimento y perlas. Algunas especies también se utilizan como bioindicadores para medir la calidad del agua. A su vez, tiene importante peso en muchas culturas como alimento tradicional y se pueden consumir cocidos o crudos, y se pueden preparar de muchas maneras, como al vapor, fritos, horneados, etc.

Lamentablemente, el alto consumo de estos, además de la elevada producción y cadena de vida de estas especies, generan un alto nivel de almacenaje de conchas de mejillón que, muchas veces, pasan a ser considerados residuos por el simple hecho de no ser más que un recipiente de la "verdadera" utilidad del mejillón, ser un comestible [22].

4.2.2.3.1.1.1 Conchas de bivalvos y su composición

Las conchas de los bivalvos están compuestas principalmente de carbonato de calcio, que se organiza en dos capas principales: el periostraco exterior y la capa interior o nácar.

El periostracum es una capa orgánica delgada que cubre la superficie del caparazón y sirve como barrera protectora. Está compuesto por una mezcla de proteínas, pigmentos y otros compuestos orgánicos.

La capa de nácar es la capa más interna de la concha y está compuesta principalmente de carbonato de calcio en forma de cristales de aragonito. Los cristales de aragonito están muy juntos y dispuestos en una estructura en capas, con finas láminas de material orgánico intercaladas entre las capas. Esto le da a la capa de nácar su característico aspecto iridiscente.

Se pueden encontrar otros componentes en las conchas de bivalvos, como magnesio, estroncio y varios oligoelementos, pero el carbonato de calcio es el componente principal. Esto varía dependiendo de la especie o el entorno.

Definitivamente, en España, el mejillón es el bivalvo por excelencia y su abundancia maximiza el consumo y su cultivo a nivel nacional, en otras palabras, es el principal exponente de estas especies y, por tanto, el máximo aportador de residuos orgánicos de esta familia de bivalvos [23].

4.2.2.3.1.1.1 *Los mejillones*

La importancia de los mejillones no solo recae en el aspecto económico, sino también, desde el punto de vista ecológico, desempeñan un papel clave en la filtración del agua y el ciclo de nutrientes. Los mejillones (Figura 4-6) [24] se alimentan por filtración, lo que significa que filtran grandes volúmenes de agua a través de sus branquias para capturar partículas de comida. Al hacerlo, también filtran los sedimentos y otros contaminantes, lo que ayuda a mantener el agua limpia. También juegan



Figura 4-6 Concha de mejillón
(Fuente: A. Humboldt) [24]

un papel clave en el ciclo de los nutrientes a través del ecosistema al eliminar la materia orgánica del agua y depositarla en el fondo marino.

Asimismo, los mejillones también se consideran especies bioindicadores, lo que significa que su presencia o ausencia, o la salud de sus poblaciones, pueden indicar la salud general de un ecosistema. A su vez, son sensibles a los cambios en la calidad del agua y la contaminación, por lo que se puede utilizar para medir la salud general de un cuerpo de agua.

En cuanto a su composición, las conchas de los mejillones, como todos los bivalvos, están compuestas de carbonato de calcio. Específicamente, las conchas de los mejillones están compuestas de una mezcla de calcita y aragonito, que son formas de carbonato de calcio. La calcita constituye la mayor parte de la concha, mientras que el aragonito se encuentra en la capa más interna (nácar). Proteínas y otros compuestos orgánicos que también se encuentran en las conchas de los mejillones, estos compuestos son importantes para la formación de las conchas y son responsables de la resistencia y flexibilidad de las conchas. El color de las conchas de los mejillones también puede variar según la especie, la química del agua y el medio ambiente. Algunas especies pueden tener caparazones azules, negros o morados [25].

4.2.3 *Jerarquía de residuos*

Dentro de las oportunidades que nos ofrece la legislación y la pirámide de prioridades que se ofrece comprendida dentro de la misma, el máximo fin que se le puede dar a un producto ya desechado será el otorgarle un valor o uso, de manera que este deje de ser considerado desecho y se pueda cumplir la economía circular, siendo esto una vez ya está producido el residuo, por lo que la prioridad que se adecuará para la reducción de residuos se presenta de la siguiente manera:

- Prevención; se entenderá como la evasión o no uso/consumo de alguna sustancia que puede generar residuos.
- Reducción; la reducción exhaustiva del producto, siempre y cuando se pueda permitir.
- Reutilización; búsqueda de un nuevo uso.
- Reciclado; diferenciación según el tipo de residuo, identificando y dividiendo uno de otros para la mejor conservación de los residuos.
- Valorización en otro aspecto; energética.
- Eliminación; Erradicar el elemento.

Esta jerarquía (Figura 4-7) está establecida como referencia y, en la medida de lo posible, debe ser cumplida, no obstante, en el caso de tener que evitar una debido al mayor beneficio obtenido por otra, se podrá hacer cumpliendo la sostenibilidad de la protección medioambiental, así como aspectos económicos y sociales. Además, en el caso de llevar a cabo la eliminación de los residuos se deberá utilizar el medio más económico [13].

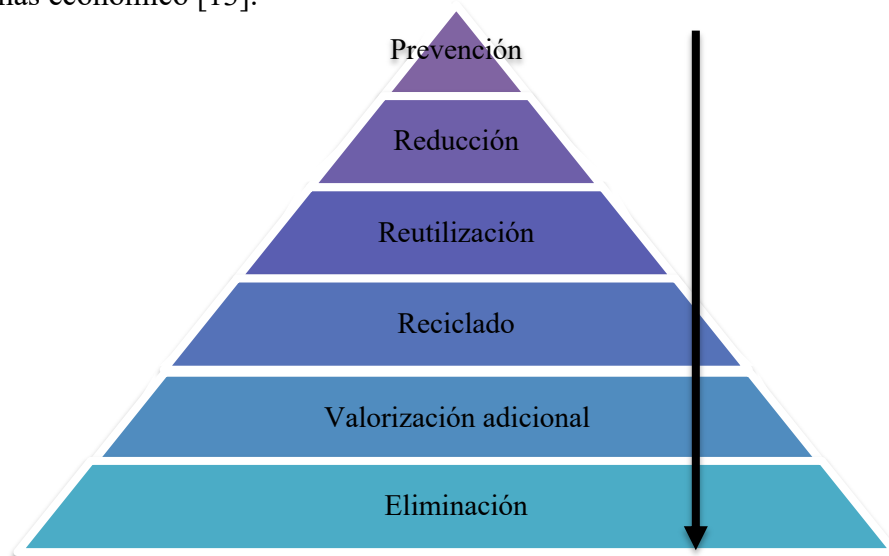


Figura 4-7 Jerarquización de residuos

4.2.4 Fin de la condición de residuo

Dentro de la legislación española, en específico en el artículo 5 de la ley 7/2022, de 8 de abril, “*de residuos y suelos contaminados para una economía circular*”, se establecen ciertos requisitos condicionantes a los cuales se someten los residuos para que sean reclasificados, permitiendo perder su estatus de residuo. Para esto, hay que cumplir las siguientes máximas (Figura 4-8) [13]:

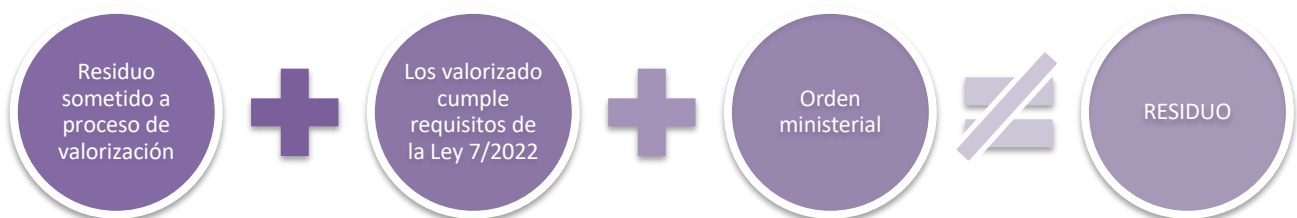


Figura 4-8 Condiciones para dejar de ser residuo

4.3 Los residuos y las pinturas

La preocupación de los estados en la erradicación de gases contaminantes al medio ambiente y la búsqueda de una economía circular estable ha llevado a intentar minimizar productos que, en su mayoría, sean contaminantes con el entorno y, a su vez, de nueva formación (generar productos solo para un uso).

Para lograr esto hay muchas alternativas, pero entrando a tallar en el entorno marino hay unas cuantas menos. La reutilización de residuos provenientes del mar y de aquellos ajenos al entorno marino pero encontrados en el mismo es importante para la industria de la pintura por varias razones:

- **Protección del medio ambiente:** La cantidad de residuos marinos que terminan en los océanos es alarmante y tiene un impacto negativo en la vida marina y el ecosistema. La reutilización de estos residuos puede ayudar a reducir la cantidad de residuos que terminan en los océanos y, por lo tanto, proteger el medio ambiente.
- **Reducción de la huella de carbono:** La fabricación de productos sintéticos, como los pigmentos y los plásticos utilizados en la industria de la pintura, puede generar una gran cantidad de gases de efecto invernadero. La reutilización de residuos marinos para fabricar productos puede reducir la huella de carbono y contribuir a la lucha contra el cambio climático.
- **Uso eficiente de los recursos:** La reutilización de residuos del mar permite aprovechar los materiales ya existentes en lugar de extraer nuevos recursos, lo que puede ser más eficiente y económico.
- **Mejora de la sostenibilidad y la economía circular:** La demanda de productos sostenibles y ecológicos está en constante crecimiento y la reutilización de residuos marinos en la fabricación de pinturas puede ser una forma de cumplir con esta demanda y mejorar la sostenibilidad de la industria, además de darle una segunda vida al material fomentando la economía circular.

Se puede afirmar entonces que, debido a su capacidad para proteger el medio ambiente, reducir la huella de carbono, utilizar eficientemente los recursos y mejorar la sostenibilidad, el uso de los residuos marinos es un recurso de gran importancia.

Con esto, actualmente, existen varias tecnologías y métodos que se utilizan para la reutilización de residuos marinos en la fabricación de pinturas, de las cuales las más comunes son las siguientes:

- a) **Incorporación de pigmentos naturales:** Muchos residuos marinos, como las conchas, las algas y las escamas de pescado, contienen pigmentos que pueden ser utilizados para colorear las pinturas. Estos pigmentos son biodegradables y sostenibles, lo que los hace una alternativa más ecológica a los pigmentos sintéticos.
- b) **Utilización de materiales biodegradables:** La utilización de materiales biodegradables, como los bioplásticos, en la fabricación de pinturas puede ayudar a reducir la cantidad de residuos marinos que terminan en los vertederos. Estos materiales se pueden fabricar a partir de residuos marinos, como la celulosa y el alginato, y se pueden utilizar para fabricar una amplia variedad de productos, incluyendo revestimientos para paredes y techos.
- c) **Procesamiento de residuos marinos:** Existen varios métodos de procesamiento de residuos marinos que se utilizan para separar los materiales útiles de los no deseables. Por ejemplo, el procesamiento de residuos marinos puede incluir la separación de los plásticos de los restos orgánicos, que pueden ser utilizados como materia prima para la fabricación de productos, incluyendo pinturas.

Estos son solo algunos ejemplos de las tecnologías y métodos actuales para la reutilización de residuos marinos en la fabricación de pinturas. La investigación continúa en este ámbito para desarrollar soluciones más eficientes y sostenibles.

4.4 Estándares de las pinturas

Un ensayo es un proceso aplicado sobre algo en específico que busca comprender los límites de dicho objeto, de tal manera que se puedan responder el cómo, cuándo y por qué del fallo.

Los ensayos van ligados también a unos estándares de calidad del producto, verificando si cumple o no con las exigencias deseadas. A pesar de esto, hay varias industrias, como la automovilística, que deja de lado los ensayos estandarizados y busca implementar una “prueba” propia, certificando unos estándares de calidad referenciados a su propia marca.

Además, se pueden dividir en ensayos destructivos y no destructivos, dependiendo del estado último del producto. Los primeros contienen conllevan variaciones químicas, físicas, mecánicas, entre otras, y los no destructivos son verificaciones visuales o métodos no intrusivos. Hay que tener en cuenta que, a pesar de que ambos concluyen en una inversión de tiempo, los destructivos tienden a la damnificación del producto por lo que trae consigo un gasto económico mayor.

4.4.1 Ensayos en pinturas

En el mundo de las pinturas, son diversos los ensayos que pueden ser aplicados, donde se estudian diversos parámetros específicos del fluido. Para el presente trabajo se tomará con mayor relevancia los siguientes:

a) Viscosidad:

Se puede definir la viscosidad como la “*propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas*”, según la RAE [26]. Las pinturas, así como cualquier otro fluido cuenta con una viscosidad, que será específica para cada formulación.

A sí mismo, esta gran industria tiene numerosos métodos de ayuda a la medición de este parámetro. Algunos de los mismos son estandarizados a niveles internacionales y otros siguen la consonancia sin llegar a esa magnitud.

Dentro de los métodos más utilizados se encuentra el de copa de fluidez, como se puede ver en la Figura 4-9, que relaciona el desplazamiento del fluido, por entro de una copa estandarizada, con el tiempo en que tarda en caer. Las copas varían dependiendo del volumen que contienen y de las normas que serán seguidas para la elaboración de este ensayo.

La importancia de la viscosidad recae en los cálculos futuros, como el coeficiente de transferencia de calor y el control en los procesos químicos. A su vez, afectará significativamente a estudios relacionados con la velocidad y tiempo de cizalla, y su relación con la presión.



Figura 4-9 Copa Ford

b) Densidad:

La real academia de la lengua española define la densidad como la magnitud que relaciona la masa de un cuerpo con su respectivo volumen, adoptando la unidad que corresponda según el sistema que se encuentre (en este caso el $\frac{Kg}{m^3}$).

La densidad del fluido es estudiada con un picnómetro donde se pesará con cierta cantidad referencial (100 mililitros) y luego sin dicho peso añadido, teniendo como resultante el peso por cada mililitro de fluido.

Por otro lado, el estudio puede ser aplicado a un sólido verificando la densidad de una granulación o de un elemento previamente tamizado.

Conocer este parámetro es de gran importancia porque nos informará dará un mejor control del del fluido, sabiendo que si tienen una densidad elevada contribuirá a una mejor suspensión de partículas en su superficie.

Cabe reseñar que en el presente trabajo se trabajará con parámetros de la densidad, pero en la particularización de que se buscará la densidad de la sustancia utilizada como carga, no en la pintura, es decir se aplicará en el carbonato cálcico producto de la trituración y tamizado de las conchas de mejillón utilizando la misma fórmula en cuestión:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

Donde la “ m_2 ” será el peso de un matraz lleno con la sustancia desecada y “ m_1 ” el peso del matraz vacío. Además, “ V ” hará referencia al volumen del matraz.

c) Dureza:

Es la capacidad de un material, en este caso de la pintura, en soportar fuerzas mecánicas externas. Dentro de todos los métodos para calcular este parámetro se pueden reseñar los siguientes:

- Método del rayado o del lápiz (Figura 4-10), que se centra, según ciertas consideraciones y medios, en pasar una mina de lápiz con cierta presión sobre una película de pintura.
- Método de penetración, que busca comprobar que una pintura soporta una fuerza punzante.
- Método de péndulo, donde se aplican fuerzas a la capa de pintura en manera de rodadura de esferas.

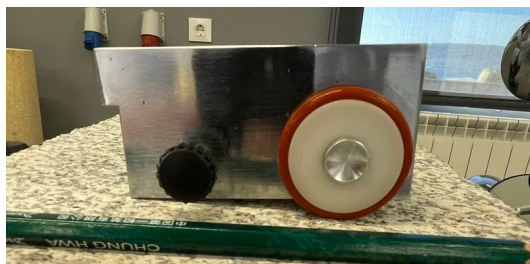


Figura 4-10 Durómetro de lápiz

d) Adherencia y doblado:

La adherencia no es más que la capacidad de un cuerpo en ofrecer una fuerza de unión hacia otro. Asimismo, el doblado evaluará la resistencia y adherencia de la película de pintura ante un radio y una fuerza generada por la superficie cubierta. Esto nos indicará la elasticidad y la resistencia de la pintura ante una fuerza determinada. A continuación, se presenta una herramienta que mide dicha característica de la pintura.

e) Resistencia superficial entre otras resistencias:

La resistencia tiene una subdivisión dependiendo a los cuerpos que agreden a la pintura, de tal manera que se pueden agrupar en tres grupos de estudios de gran repercusión:

- Resistencia superficial propiamente dicha;
Relaciona la perduración de la capa ante agentes que debilitan la película de pintura por medio de esfuerzos mecánicos. Estos pueden ser cortes (Figura 4-11) o presión hacia la capa.



Figura 4-11 Utensilio Corte enrejado resistencia superficial

- Resistencia a la humedad y temperatura;
Busca resistir a la creación de ampollas en la superficie de la pintura. Normalmente, el ensayo es realizado con simuladores de humedad que varía entre temperaturas de 42 a 48 grados Celsius en 30 minutos, descendiendo gradualmente, 30 minutos también, para que se produzca la condensación de la humedad y el entorno sea más propenso a crear las burbujas en la pintura.
- Resistencia a la corrosión y otros agentes químicos;
Debido a que las pinturas son utilizadas en todos los medios y en todos los entornos, estas deben procurar ser utilizadas bajo cualquier condición, de tal manera que es fundamental que aumente dicha resistencia a la corrosión. De tal manera, se mantiene normalizado un proceso que consiste en acelerar las pruebas del cambio climático para estudiar la reacción de la pintura frente a estas variaciones. Mencionadas variaciones se centran en condiciones medioambientales que no convencionales y que masifiquen la carga de corrosión en el material, como puede ser una niebla salina.
- Resistencia al gravillonado;
Reproduce el efecto de un agente agresor en forma de grava sobre la superficie de la película de pintura. Generalmente, estos ensayos son utilizados en el mundo de la automoción. La importancia de estos ensayos es en ver la reacción de la pintura ante un agente sumamente abrasivo. Así es como, dependiendo del desprendimiento de la pintura o de la imprimación resultante sobre la misma, la escala de valoración será apto o inapto.

f) Durabilidad:

En la búsqueda de mejores formulaciones, la durabilidad es un estudio de alto carácter. La degradación que puede llegar a tener una película durante su duración en el tiempo es gracias a los componentes del que la misma está compuesta. A su vez, su propia degradación se produce debido a las condiciones atmosféricas a las que la pintura se encuentra sometida. Es por esto por lo que la durabilidad nos ayudará a conocer en qué factores adversos las pinturas en cuestión son razonablemente útiles en cuanto a su perduración.

La durabilidad se podrá sustentar con la comprobación empírica del supuesto a entornos diversos. Los laboratorios especializados en la regulación de estos factores cuentan con estaciones capaces de exponer estas capas a la intemperie, así como utilizar equipos de envejecimiento acelerado como cámaras UV o en generadores de atmosferas capaces de regular la luz, humedad y temperatura.

En los ensayos mencionados anteriormente, en general, se realizan posterior al testado de las pinturas por medio empírico, es decir pintando sobre cristales una capa del producto. La excepción se ve en la viscosidad que, mediante la copa Ford, comprobaremos dicho parámetro mientras aún se encuentra la formulación en estado líquido.

5 METODOLOGÍA

La organización y mejor lectura del presente trabajo se basa en la buena elaboración de este, por lo que se ha visto oportuno la ratificación de los pasos y metodología a seguir por el presente trabajo de fin de grado. A continuación, se sintetizará la metodología en un pequeño diagrama de flujo (Figura 5-1). Busca plasmar de forma sencilla los procesos que seguiremos para el desarrollo experimental y la recolección de datos del presente trabajo de investigación.

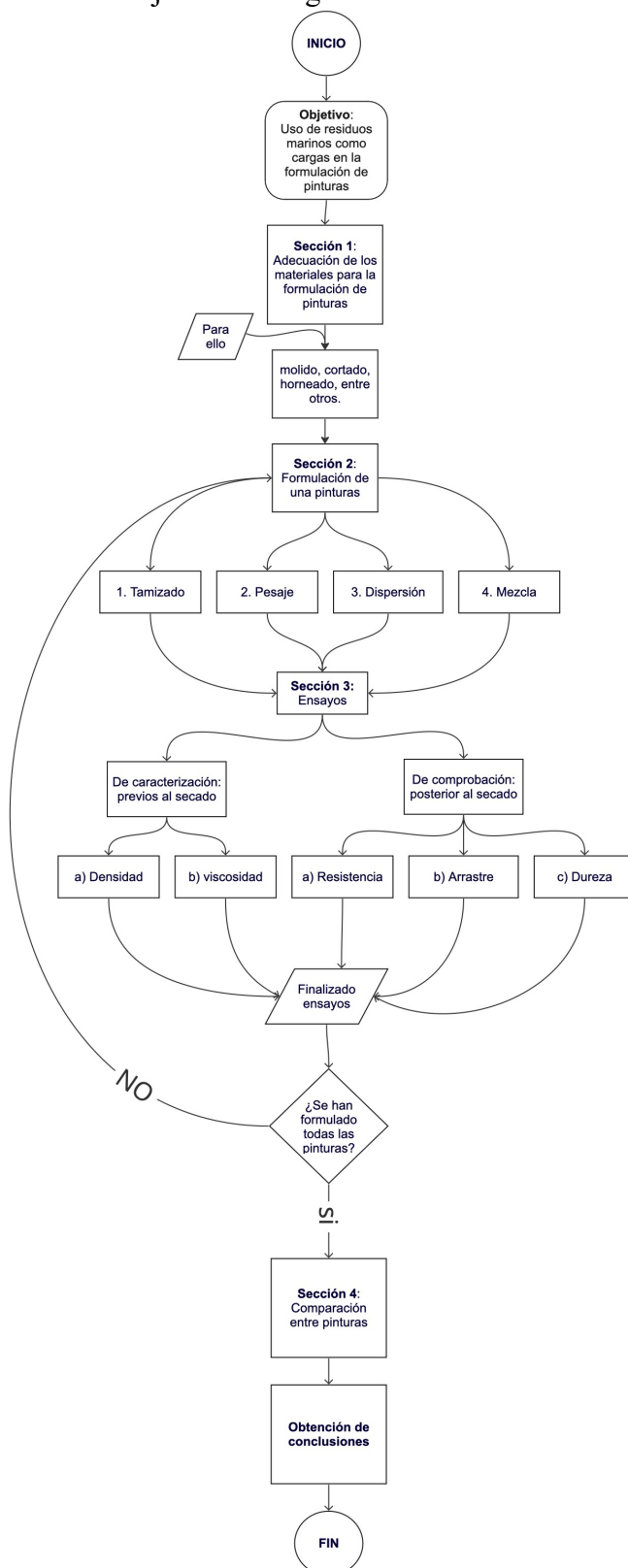


Figura 5-1 Diagrama de flujo sobre la metodología a seguir en el TFG

Ante la gráfica expuesta anteriormente, se procederá a explicar a detalle las intenciones de cada bloque, tomando como referencia que cada “sección” puesta en el diagrama de flujo hará referencia a los subtítulos expuestos en correlación con su respectivo número, es decir la sección 3 corresponderá con el subtítulo 5.3 y así en prolongación con todo este apartado.

5.1 Análisis de los elementos de utilización

Se estudiará la composición y elementos que serán usados en las distintas formulaciones, así como la diferenciación en cada fórmula. A su vez, en caso de utilizar material de origen propio, se explicará las características y el proceso que ha sido llevado a cabo para la obtención del mencionado.

5.2 Formulación de las pinturas

Como primer punto y luego de las explicaciones y contextualización del tema, nos centraremos en los parámetros involucrados dentro de una formulación de pinturas. Para ello, nos enfocaremos en cuatro pilares básicos en el proceso de la formulación de estas, así como la explicación cuantitativa de los productos a usar. Estos cuatro pasos son los siguientes:

Molido y tamizado:

En este proyecto, el molido fue realizado por el grupo de investigación de la Universidad de Vigo, siendo cedido el polvo de concha de mejillón resultante, para esta investigación, con una granulometría mayor a 450 micrómetros. En caso el producto a utilizar, conchas de mejillón, no tenga el tamaño de partícula lo suficientemente pequeño, como en el presente caso, se procedería a tamizar hasta tener las características deseadas. Gracias a este proceso, los grumos generados posteriormente entre el pigmento y el vehículo serán disueltos con mayor facilidad, ganando un aporte en poder colorante y viscosidad.

Pesaje:

Se deberá tener las cantidades exactas de los ingredientes a utilizarse en la mezcla inicial. Comenzando con la diferenciación de los tres componentes básicos de las pinturas, es decir, el vehículo, los pigmento y los aditivos.

Dispersión:

Teniendo productos que no se mezclan a simple contacto es necesario distribuirlos homogéneamente mediante una fuerza a velocidad.

Mezcla:

En este punto se añaden los pigmentos o cargas en polvos secos, esparciéndose por los vehículos y generándose grumos. En esta parte, la pintura aún no gana su coloración máxima, esto se logra cuando el pigmento es molido más finamente.

5.3 Caracterización de las formulaciones

Para este proceso se aplicarán ensayos normalizados y ensayos comerciales para la comprobación y caracterización de las pinturas.

5.3.1 Ensayos

El objetivo de los ensayos es tener resultados según ciertas evaluaciones normalizadas que puedan dar resultado veraces y estándares, con la finalidad de poder tener valores con los cuales comparar unas formulaciones de pinturas con otras y así resaltar la más cualificada y óptima para cumplir funciones igual o mejores que un producto comercial. Para el siguiente proyecto se utilizarán los ensayos que serán explicados posteriormente según el parámetro escogido a estudiar.

Cabe reseñar que tres de los cuatro ensayos explicado a continuación son normas que regulan la correcta práctica de estos ensayos. Además, dichas dos han sido elaboradas por el Comité Técnico

ISO/TC 35 *Pinturas y barnices* en colaboración con el Comité Técnico CEN/TC 139 *Pinturas y barnices*, cuya secretaría desempeña DIN. Estas normas constituyen el rango de normas europeas, por lo que, según el acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, España está obligado a adoptar esta normativa, adaptando dichas normas como normas de rango nacional, anulando y sustituyendo a cualquier norma predecesora.

Por otro lado, uno de los ensayos a seguir (ASTM D1200) se encuentra entablado dentro de la Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM), que cumple las funciones de reguladora de estándares nacionales e internacionales, logrando esto con un equipo de productores, usuarios y consumidores, para crear normas consensuadas.

A su vez, se contempla realizar un estudio de comprobación con normativa interna propia de la industria automovilística, facilitada por la Universidad de Vigo, cumpliendo los requisitos y exigencias adscritas a su normativa dispuesta.

Dichos ensayos estudiarán cuatro parámetros básicos dentro del mundo de las pinturas:

5.3.1.1 Viscosidad

La normativa ASTM D1200 [27], como ya ha sido comentado anteriormente, proviene de la asociación estadounidense de estandarización, siendo este estándar aprobado empíricamente por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, según aclaraciones de la propia ASTM [27]. Esta normativa elabora un método de comprobación de la viscosidad en una amplia variedad de pinturas (Newtonianos, no Newtonianos, barnices, entre otros) mediante la utilización de la copa Ford, reseñada en la Figura 5-2. A su vez, la normativa UNE-EN ISO 2431:2020 estandariza dicho procedimiento y lo aplica en una regularización española.

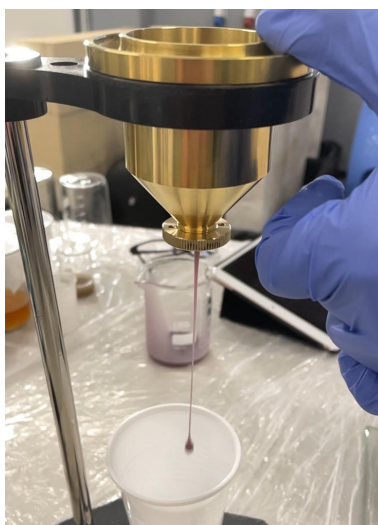


Figura 5-2 Copa Ford y pintura fluyendo

5.3.1.1.1 Consideraciones

Se deberá tener en cuenta que, al ser normativa de procedencia americana, las tablas resultantes de la viscosidad aproximada de la copa Ford y las dimensiones de la misma copa pueden tener valores representado en el sistema imperial.

5.3.1.1.2 Procedimiento

Consistirá en el llenado a ras de copa con el fluido en cuestión, teniendo que quitarse el excedente si existiese alguno. Posterior a eso se abrirá la pequeña abertura de la copa en la parte inferior de la misma, donde se medirá el tiempo en el que tarda el material en fluir a través del orificio de medida estandarizada.

El reporte de información se recogerá según las curvas de viscosidad aproximadas de la copa Ford, tomando en cuenta siempre las dimensiones características normalizadas de la copa Ford a utilizar.

5.3.1.2 Arrastre

Para este ensayo nos refugiaremos en una prueba que la industria automovilística emplea; en específico, será una prueba interna realizada por la industria de la automoción, comprobando el arrastre con disolvente, de tal manera que se realizan ensayos con las distintas pinturas con el disolvente Robots®.

Para ello se aplican las distintas concentraciones de pinturas de cada una de las muestras sobre las probetas de cristal previamente limpias. En el momento del secado al tacto, cuando al tocar la muestra pintada no deja huella, es cuando se coloca la probeta de tal forma que tenga un ángulo de inclinación de 11° . En la parte superior de la aplicación se dejan caer con un cuentagotas 30 gotas de disolvente en cada una de las muestras y se observa el resultado Figura 5-3.

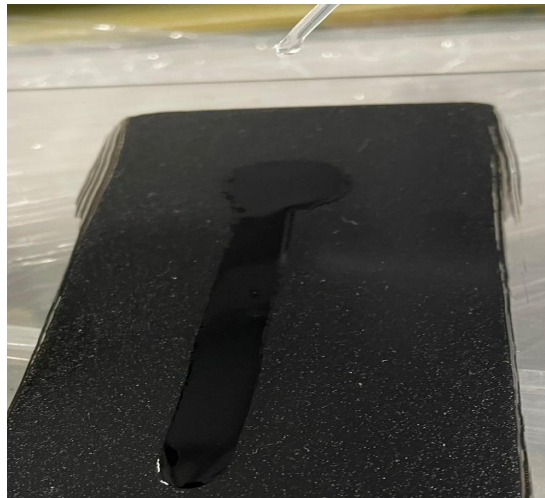


Figura 5-3 Disolvente Robots sobre pintura

Cabe reseñar, que la información plasmada en este punto es perteneciente a pruebas realizadas en investigaciones previas por parte de la Universidad de Vigo. A su vez, se hizo la aclaración, por parte de la Universidad, la dificultad sobre la interpretación de datos por lo que se tomará en cuenta referencias expuestas por expertos en la materia.

5.3.1.3 Resistencia

La normativa UNE-EN ISO 2409:2021 [28], nos plantea comprobar la resistencia de la pintura o barniz mediante una serie de cortes en forma de reja cuadrada Figura 5-4 sobre una película de pintura.



Figura 5-4 Corte por enrejado

5.3.1.3.1 Consideraciones

- Este ensayo dependerá de la adherencia del recubrimiento, sin embargo, la normativa vigente nos dice que este procedimiento no es una evaluación de la capacidad de adherencia de la pintura. A pesar de ello, esta técnica es un ensayo altamente utilizado en la industria para la medición del parámetro anteriormente mencionado.
- La capa de pintura no deberá superar un espesor de 250 μm , según la normativa.

5.3.1.3.2 Procedimiento

Sobre una superficie de pintura, y con ayuda de un sistema de cuchillas, se procederá a hacer incisiones sobre el plano. Dichas incisiones deberán estar parametrizadas según la normativa y deberán general zana de cuadrículas. Los cortes pueden ser realizados con cuchillas de varias superficies cortantes o con una cuchilla simple (debiendo cortar reiteradas veces para lograr dicha zona reticular).

Los cortes deberán ser seis de manera que mantendrán el paralelismo. El mismo número serán los cortes que atraviesen perpendicularmente sobre los anteriores cortes. Las partículas desprendidas por dichos cortes serán removidas para la correcta examinación visual del corte.

Los resultados se compararán con la tabla impuesta en el anexo I del presente documento. A su vez, este ensayo será catalogado como un ensayo “pasa/no pasa”.

5.3.1.4 Dureza

La normativa UNE-EN ISO 15184:2020 [29], nos habla de la determinación de la dureza de una película mediante el ensayo de lápiz, indicando la resistencia a la abrasión.

5.3.1.4.1 Consideraciones

- El ensayo se realizará sobre un recubrimiento simple de pintura, barniz o producto afín.
- El ensayo rápido de se considera adecuado para comprobar las durezas del lápiz en diferentes recubrimientos.
- El método de aplicación es de aplicación únicamente para superficies lisas.
- La variación de los lápices dependerá que tipo de dureza se quiere comprobar (Tabla 5-1), siendo más blando 6B hasta llegar al 6H.

9B – 8B – 7B – 6B – 5B – 4B – 3B – 2B – B – HB – F – H – 2H – 3H – 4H -5H – 6H – 7H – 8H – 9H			
Más blando	-----		Más duro
B – Negro	BH – Duro Negro	F – Firme	H - Duro

Tabla 5-1 Tabla de durezas (Fuente: ISO 15184:2020)

5.3.1.4.2 Procedimiento

Consiste en crear una película en una superficie plana y lisa. Posteriormente, mediante la utilización de un durómetro de lápiz se procederá a colocar el lápiz dentro del orificio del durómetro a 45 grados. La realización del desplazamiento del conjunto sobre la superficie pintada deberá ser continuo, lento y constante, de tal manera que sea lo suficientemente larga como para una interpretación visual.

Los daños se pueden observar claramente sobre el plano pintado luego de pintar los fragmentos de mina de lápiz en la superficie. En caso de generar mucho daño a la capa de pintura, se deberá desplazar hacia abajo la dureza del lápiz (Figura 5-5).

Se considerará que la pintura tiene una dureza establecida cuando la pintura no presenta ni deformación plástica de más de 3 mm, marca permanente sin rotura, ni la fractura cohesiva, rotura de la película, ni combinación de las anteriores. Este ensayo es catalogado como un ensayo “paso/no pasa”.



Figura 5-5 Ensayo de dureza en pintura

5.4 Obtención y comparación de los parámetros de las formulaciones

Una vez se hayan obtenido los valores resultaste de los ensayos, se ordenará esquemáticamente dejando ver claramente las características y comprobaciones de las pinturas.

Además, se procederá a una comparación de valores entre las propias formulaciones, describiendo finalmente las cualidades obtenidas de cada tipo de formulación, comparándose con una pintura comercial extra y con las mismas pinturas base (Epoxi y Poliuretano) sin la adición de la carga a base de concha de mejillón.

A su vez, se empleará una descripción del factor económico donde se valorará si realmente es producente la implementación de las cargas a base de polvo de carbonato cálcico derivado de la concha de mejillón en relación con el costo adicional de la materia prima, para que, finalmente, se pueda contrastar si realmente la aportación que esta genera en las propiedades de las pinturas es adecuada.

Para esto se presentará un cuadro descriptivo donde se expondrá el supuesto precio que conllevo cada formulación para dejar en evidencia la dificultad y costo que mantuvo la misma. Por otro lado, se destacarán también si es que hubo algún impedimento adicional en la formulación (problemas de secado, alta velocidad de secado, entre otros problemas).

Con estas dos fases previas buscaremos la relación óptima entre las formulaciones obtenidas, tanto calidad como precio, para destacar fehacientemente la formulación de mejores prestaciones, con o sin carga, así como las que resaltan en algún aspecto evaluado.

Finalmente, se establecerá un cómputo general de la formulación más capacitada referenciada por los procesos aplicados según los ensayos expuestos, siendo todos estos reseñados en la parte posterior a este punto, las conclusiones.

6 DESARROLLO DEL TFG

6.1 Generalidades y análisis

La pintura es la práctica de aplicar una cobertura a una superficie para crear una representación visual o para cumplir una función específica. Los pigmentos utilizados en la pintura se pueden fabricar a partir de una amplia variedad de materiales, incluidos minerales, plantas y compuestos sintéticos.

La formulación de una pintura puede incluir una variedad de técnicas y métodos, incluido el uso de la teoría del color, las capas y la composición, buscando la adecuación máxima de una pintura a un entorno con el fin de encontrarle un uso adecuado y una correcta funcionalidad.

A continuación, se mostrarán dos vertientes que buscarán resumir la intencionalidad de su formulación, no su función particular:

La primera vertiente se utilizará para corroborar que el uso de residuos marinos sirve como cargas en las pinturas para diversas variedades de vehículos (formulaciones con 2 disolventes distintos), ampliando la gama de posibles combinaciones realizables a futuro.

Por otro lado, la segunda relatará dos aspectos de interés, siendo el principal, y fundamental para el presente trabajo, el uso de residuos marinos como cargas para la elaboración de pinturas, y el segundo aspecto, enfoca, en la formulación, la utilización de residuos ecológicos, disminuyendo el uso de derivados del petróleo (usando aceites ecológicos como disolventes y conchas de mejillón como cargas) o aditivos que contienen una elevada capacidad contaminante. Busca utilizar productos ecológicos y amigables al medioambiente para elaborar pinturas.

6.1.1 Materiales

A continuación, se reseñará los materiales de principal utilización en el desarrollo de la investigación, además de los materiales secundarios o de apoyo más reseñables para el buen uso de dichos materiales involucrado en el desarrollo experimental

- Tamices de 140, 100 y 75 micrómetros.
- Balanza
- Elementos de ensayos normalizados (durómetro, copa Ford, cuchillas).
- Elementos de mezclado (mezclador magnético, varillas de vidrio, vasos de precipitado 50 y 100 ml).
- Elementos de limpieza (acetona, agua destilada).
- Cristales para pintado
- Aplicadores cuadrangulares de 100 y 120 micrómetros.

6.1.1.1 Diseño y modelado de los aplicadores cuadrangulares

Un aplicador cuadrangular de pinturas es una herramienta utilizada para aplicar pintura en superficies lisas. Consiste en un objeto cuadrado o rectangular, generalmente hueco, que tiene una pequeña hendidura que facilitará el paso del fluido. Los aplicadores cuadrangulares de pinturas suelen ser útiles para la futura elaboración de estudios aplicados a la película, ya que permiten una cobertura rápida y uniforme sin dejar marcas impropias del fluido.

Por tal motivo, para el correcto pintado de las formulaciones, se hace imprescindible un aplicador que regule el paso de las partículas de la pintura, así como gestione el grosor de la película. Debido a la falta de dicho utensilio en el centro y viendo del costo del producto, además de la implementación de la creación de dicho utensilio en PLA y el ahorro en costo que eso supondría (debido al bajo costo del PLA en comparación al metal), en colaboración con el profesor Carlos Casqueiro Placer (diseñador del aplicador inicial), se tomó en consideración la elaboración de piezas que serán útiles y reutilizable tanto para el pintado durante el presente trabajo como para los venideros, de tal manera que, mediante

programas de diseño, se procederá a modelar un aplicador, usando como base el diseño del profesor, para finalmente, tras prueba empírica se modifique, implementando las mejoras pertinentes.

A su vez, se procederá a pasar el formato CAD al programa de capas de impresión 3D para la adecuación de formato y la materialización de este. Se toma en consideración los aspectos más significativos del diseño como es la pequeña extrusión que tendrá la pieza para dejar fluir la pintura dejando pasar solo la deseada.

6.1.1.1.1 Diseño

Para el diseño se tomaron como referencias dos cosas. La primera de ellas fue el aplicador de acero inoxidable de la empresa Neurotek. Por otro lado, como base de diseño y como modelo empírico, de donde partirán las mejoras, se tomó el diseño realizado por el profesor Carlos Casqueiro. Es así como en la realización de buscará optimizar la pieza luego de utilizarla en el desarrollo futuro del pintado de pinturas.

- Inicial:

En la Figura 6-1, se puede ver el aplicador inicial. Este cuenta con una superficie rectangular, con bordes interiores redondeados. A su vez, tiene un rectángulo interior, lo que permite la entrada de la pintura. Finalmente, y lo más importante, tiene, en la zona frontal, una hendidura de apertura 120 micrómetros, en este caso, que permitirá el paso de la formulación.

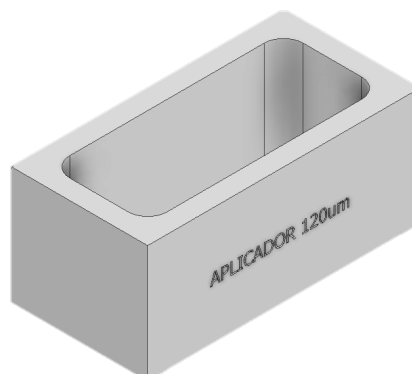


Figura 6-1 Diseño inicial aplicador 120 μm

- Cambios y modificaciones:

Tras el uso continuo del utensilio, se comprobó una buena utilidad y fácil uso de este. A pesar de esto, se toma en consideración el confort propiciado al usuario durante el pintado. De tal manera, se ve necesario la optimización de la herramienta de trabajo en cuanto los bordes y la reducción de material, como se reseña a continuación.

En cuanto a las optimizaciones se ha reestructurado lo siguiente; en primer lugar, durante el uso del aplicador, debido al material y a la presión puesta en el utensilio, se han generado micro cortes en el personal que lo usa. Estos cortes hacen que no se pueda llevar un uso continuo del utensilio ya que es fastidioso para el operador, por lo que se han moldeado en forma curva las partes rectangulares de la pieza, es decir, toda la parte exterior de la misma.

Además, durante la limpieza post-pintado, se han encontrado dificultades en la zona interior debido a estrecha forma curva del interior. Se ha realizado un ensanchamiento de la curva, aproximadamente del grosor de un dedo, con el fin de agilizar y mejorar la limpieza. Las curvaturas mencionadas que conforman la parte exterior de la pieza también ayudan a la limpieza, evitando los cortes en los paños de limpieza y facilitando el paso de este y el desliz la pintura.

Se ha visto también, que la pieza, en cuanto a largo y ancho, es ideal, manteniendo una película lo suficientemente ancha como para poder realizarle los ensayos pertinentes. Sin embargo, en cuanto al

alto, se ha podido apreciar que no hace falta que tenga tanta altura. A su vez, en cuanto a la zona por donde pasa la pintura, se ha decidido disminuir el grosor, disminuyendo material y por tanto coste.

Finalmente, se ha tenido a bien modificar las palabras escritas en la parte frontal del aplicador, de tal manera que facilite el entendimiento, mostrando que parte es la frontal y la trasera. Se mantendrá el indicador de micrómetros de capa (Figura 6-2). Planos reseñados en el Anexo IV: Planos del aplicador rectangular modificado.

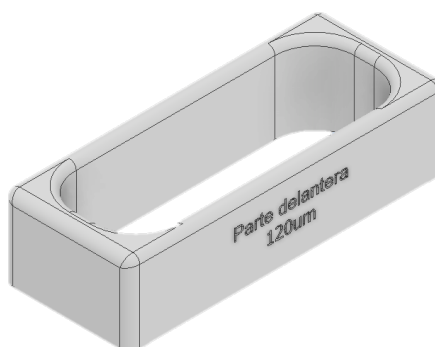


Figura 6-2 Diseño modificado aplicador 120 µm

6.1.1.1.2 Impresión 3D

En cuanto a la impresión 3D, en primera instancia, se imprimieron ejemplares de distinto grosor de película, del diseño sin modificar, para la realización de los estudios que concierne este trabajo. Con esto, se tomaron en cuenta los criterios y puntos que serán modificados. Partiendo de esta base y tras el diseño en CAD, se procedió a utilizar el programa ULTIMAKER CURA (Figura 6-3) con la finalidad de extrapolarlo a un formato de impresión 3D y poder realizar las características de la impresión.

Es importante reseñar que, para la impresión, se deberá tomar en cuenta la finura de las capas de impresión, de tal manera que, al imprimir, dicha altura pueda ir en consonancia con la altura puesta como grosor de película, en otras palabras, que la pequeña hendidura sea un número múltiplo de la finura de la capa de impresión. En este caso, al ser el aplicador de 120 micrómetros se estableció capas de 0,06 milímetros, por lo que con dos capas se habría logrado la exactitud de la hendidura.

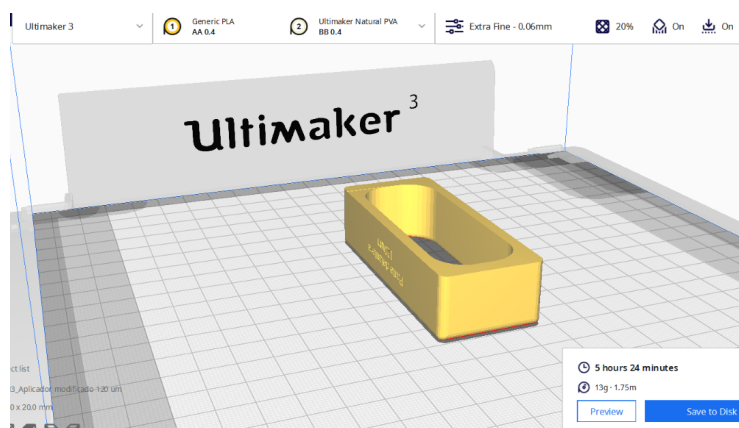


Figura 6-3 Proceso de impresión 3D

Por otro lado, se imprimirá la pieza con 20% de relleno ya que no hace falta que sea un objeto macizo, aunque sí que mantenga la forma ante fuerzas externas. En total, como se reseña en la imagen anterior, serán 13 gramos, 1,75 metros, de material PLA. Finalmente, podemos ver en la Figura 6-4, los dos aplicadores, inicial y modificado, y las diferencias, pudiendo concluir tras el uso del segundo que las modificaciones han sido de acuerdo con las hipótesis de optimización.



Figura 6-4 Aplicador cuadrangular inicial y modificado de impresión 3D 120 μm

6.2 Adecuación de componentes

El primer paso en la composición de las pinturas es distinguir y adecuar los materiales que se van a utilizar. En sí, el factor fundamental del presente trabajo son los residuos marinos, en este caso utilizaremos conchas de mejillón, aunque puede ser utilizado cualquier concha de bivalvo ya que, como hemos visto en capítulos anteriores, su composición es fundamentalmente la misma (carbonato cálcico) con pequeñas sustancias derivadas del entorno al que se encuentren sometidos. Estas operaciones previas las dividiremos en dos puntos:

- **Molido**
Consiste en triturar las conchas de mejillón a la menor granulometría posible. Con este proceso conseguimos granos entre 460 μm a más. Debido a este tamaño de grano, poco útil para nuestra investigación se procede a una reducción escala del grano con el siguiente proceso, tamizado.
- **Horneado**
Este proceso consiste en quitar la humedad que hay en el entorno que puede haber afectado al polvo de mejillón, con la intencionalidad de que se mantenga lo más seco posible y no interfiera en el proceso de mezclado. Además, estando el polvo lo más seco posible evita la conjunción y formación de grumos, facilitando el desempeño de los tamizadores en su acción correspondiente.

Tras estos procesos de adecuación, se procederá a la optimización de este para la evaluación de un parámetro característico del polvo la densidad. Esto nos ayudará a comparar los valores obtenidos con una referencia comercial de cargas, es decir, de comparar la densidad del polvo de concha de mejillón junto con las densidades de cargas comerciales, con el fin de ver las similitudes entre los valores.

Cabe rescatar que se conoce que el polvo de concha de mejillón se compone principalmente de carbonato cálcico, no obstante, se obtendrá un polvo con distinta materia inmerso en el componente debido a las composiciones propias de la concha. Por tanto, para mejorar la calidad del polvo y para reducir el tamaño de partícula de este (como mejora para la incorporación con el vehículo), se utilizará un proceso de tamizado.

Este proceso está recogido, en el diagrama de flujo, dentro del apartado “formulación de pinturas”, debido a que es un proceso que es necesario para la formulación, aunque se reseñará en este punto ya que nos ayuda de enlace para la comprobación de la densidad del polvo de concha de mejillón.

- **Tamizado**
Al ser las partículas relativamente grandes, la composición y homogenización de la pintura no se realiza de la mejor manera, es por esto por lo que se ha estimado que un tamaño de grano de menor o igual a 100 μm será óptimo para la futura mezcla con los demás componentes, además de aportarnos una mejor pureza del polvo de mejillón.
El tamizado es gradual, es decir, las partículas mayores o iguales de 460 μm se tamizan con una malla con parámetros de luz igual a 140 μm ; los de 140 μm con una luz de 100 μm y los de 100 μm con luz de 75 μm .

Cabe reseñar, que el proceso de tamizado fue realizado a mano. No obstante, se puede realizar a través de medios electrónicos, facilitando el desarrollo.

Tras el proceso anterior, se realiza el cálculo de la densidad del sólido, utilizando la relación entre un volumen vacío y lleno.

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

Como ha sido reseñado anteriormente, las masas reflejarán el matraz vacío y lleno, y el volumen será el considerado dentro del llenado. Por otro lado, las unidades de referencia serán los gramos (g) y los mililitros (ml), con el fin de utilizar las referencias de los matraces y no quitar precisión debido a alguna posible conversión.

Los datos resultantes son los siguientes:

- Para polvo de concha de mejillón de **100 µm** de granulometría:
 $m_2 = \text{peso del matraz lleno} = 104,82 \text{ g}$ $m_1 = \text{peso del matraz vacío} = 32,78 \text{ g}$
 $V = \text{volumen} = 50 \text{ ml}$

$$\rho = \frac{104,82 \text{ g} - 32,78 \text{ g}}{50 \text{ ml}} = 1,44 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

- Para polvo de concha de mejillón de **75 µm** de granulometría:
 $m_2 = \text{peso del matraz lleno} = 106,45 \text{ g}$ $m_1 = \text{peso del matraz vacío} = 32,78 \text{ g}$
 $V = \text{volumen} = 50 \text{ ml}$

$$\rho = \frac{106,45 \text{ g} - 32,78 \text{ g}}{50 \text{ ml}} = 1,47 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

Como se puede observar, al ser provenientes del mismo material, pero con menor tamaño de partícula, el polvo de 75 micras de espesor sería más denso, ya que ocupa un volumen mayor que el polvo de 100 micras de grano. Esto se debe a que, al tener el mismo peso, pero diferente granulometría, las partículas son más compactas en el polvo de menor grosor.

La importancia de mantener esta baja densidad es la mejora en cuanto al esparcimiento de la carga y de la superficie de contando de la misma. Cuanto mayor sea la densidad de las partículas, estas serán más pesadas, por lo que provoca un efecto de precipitación hacia el fondo, no logrando una mezcla eficiente.

Contemplando que la concha de mejillón no es una fuente de carbonato cálcico puro, es decir, es relativamente distinto debido a las pequeñas impurezas que pueden resultar de la composición de la concha, se contempla estas densidades propicias para el uso como cargas.

6.3 Comprobación experimental de los residuos como cargas

Como ha sido mencionado anteriormente, en las presentes formulaciones (tipo I y tipo II) se experimentará distintas variantes resultantes de diversas combinaciones derivadas de un disolvente, con el fin de determinar que los residuos marinos, en este caso conchas de bivalvo (mejillón), son un producto que sirven como carga dentro de la formulación de una pintura.

La idea de plantear dos tipos de formulaciones llega de la mano de la importancia de la redundancia, donde si un producto, material o sistema puede ser probado más de una vez con diferentes variables, asegurará que sirve y cumple su función.

En este caso, serán las pinturas formuladas con cargas procedentes de conchas de mejillón las que soportarán cambios de vehículos y disolventes, donde, finalmente, además de comprobar por redundancia o, en su defecto, determinar con cual muestra resultados positivos y con cual no, exhibirá los comportamientos de cada fórmula.

Cabe reseñar que las formulaciones son basadas en los compuestos a utilizar, de tal manera que la relación entre el componente A y B vienen ya estipulados por el fabricante, siendo estos no alterados por el redactor sino aplicados y reforzados en la comprobación de este trabajo.

A su vez, la formulación del tipo III de formulaciones, los ecológicos, es totalmente empírica, de tal manera que, para comprobar la mejor relación y capacidad del producto, se han realizado diversas mezclas hasta llegar a la más próxima a la mejor relación (no asegurando que sea la mejor ya que existen miles de formulaciones que pueden modificar la mejoría de dicha pintura).

6.3.1 Formulaciones tipo I

Para la presente formulación se usarán compuestos Epoxi. Por lo general, este compuesto genera características de protección anticorrosiva, una elevada dureza y flexibilidad, además de proporcionar adherencia a metales ligeros y nivel de secado relativamente elevado.

El vehículo y disolvente a utilizarse serán los siguientes:

- a. Resinpro ® (componente A y B; Figura 6-5)



Figura 6-5 Componentes de la formulación Epoxi

6.3.1.1 Elaboración general

Durante el proceso de formulación de la presente formulación, se llevaron a cabo diferentes procesos que caracterizaron la elaboración de la pintura. En primer lugar, cabe destacar la distinta viscosidad y consistencia de los productos epoxi, por lo que, si no se realiza cuidadosa y detalladamente la mezcla puede ser desproporcional a lo que el fabricante nos reseña. Las formulaciones se tomaron en base a estudios previos realizados por la Universidad de Vigo.

Por otro lado, es imprescindible reseñar que se trata de un material con alta polimerización, por tanto, el mezclado debe ser continuo, con breves periodos de descanso. Además, al ser un material viscoso es necesario un buen batido con el fin de que la mezcla quede con la mayor homogeneidad posible.

A su vez, para la utilización de estas sustancias es recomendable utilizar guantes ya que, como hemos mencionado anteriormente, su nivel de secado es bastante alto, aglutinando todo lo que toque la película de la formulación con la superficie en cuestión.

Asimismo, para la limpieza de los utensilios de trabajo, ya sen vasos de precipitado como bastones de vidrio, hace falta limpiarlos con acetona de alta pureza para que no queden partículas adheridas a la superficie de contacto.

Durante la mezcla, se pudo evidenciar una dificultad media de conformado, es decir, requería un batido un poco más rápido de que normalmente aporta un batido magnético. Mantuvo una pigmentación de acuerdo con la mezcla original de los compuestos y, en algunos casos, se mantuvo un aditivo para la facilidad de distinción dentro de las diferentes casuísticas de fórmulas.

6.3.1.1.1 Fórmula X1

Para la primera formulación no se utilizarán aditivos colorantes. Resaltaremos el color propio del fluido Epoxi (Figura 6-7) que se puede lograr con la combinación de los componentes reseñados a continuación en la Tabla 6-1.

Componente	Masa (g)
Concha de Mejillón de 100 μm	4,8 g (12%)
Componente A	20,2 g
Componente B	15 g

Tabla 6-1 Fórmula X1

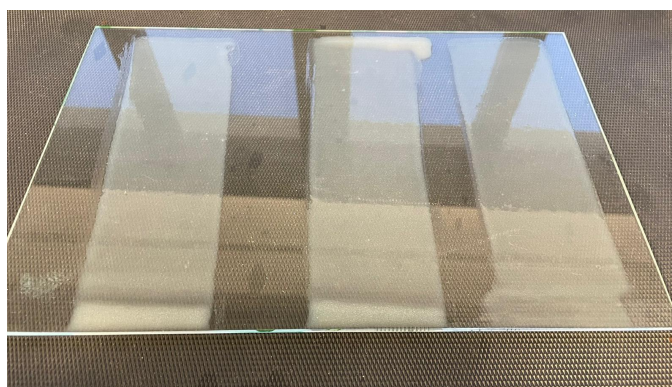


Figura 6-7 Pintado formulación X1



Figura 6-6 Pintado formulación X1 zoom x 200

6.3.1.1.2 Fórmula X2

Para una mejor percepción visual y diferenciadora de la formulación expuesta a continuación () le agregaremos un aditivo en modo de colorante, de tal manera que tenga una ligera tonalidad morado (Figura 6-9).

Componente	Masa (g)
Concha de Mejillón de 100 μm	6,4 g (16%)
Componente A	18,6 g
Componente B	15 g
Colorante epoxi 1	0,3 g

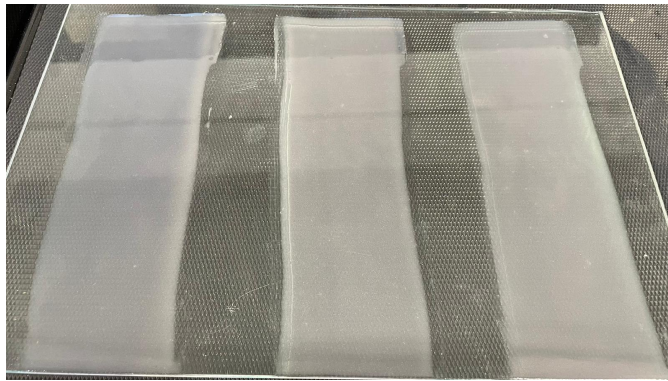


Figura 6-9 Pintado formulación X2

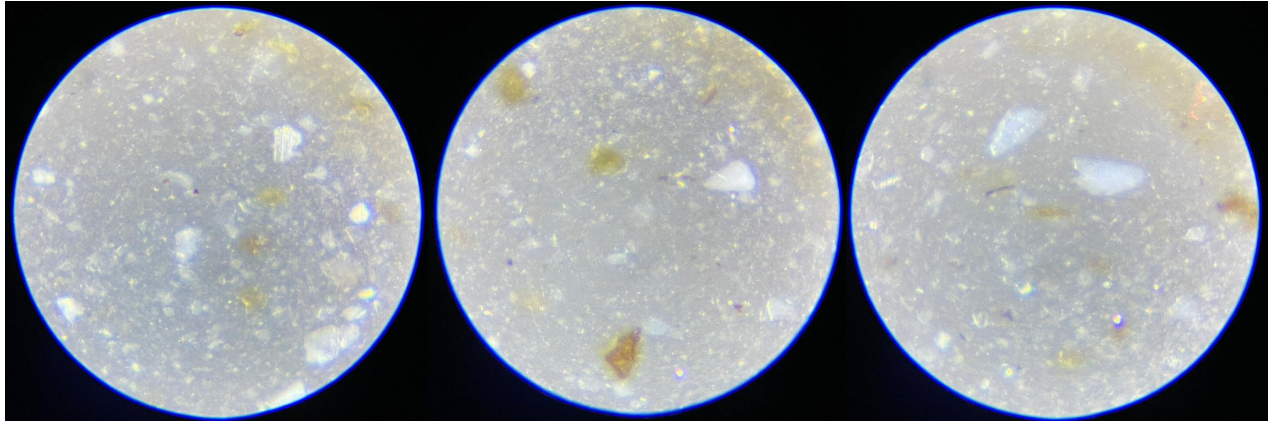


Figura 6-8 Pintado formulación X2 zoom x 200

6.3.1.1.3 Fórmula X3

Para diferenciación clara de la formulación presentada a continuación (Tabla 6-2), se agregará un aditivo en forma de colorante para que tenga un color naranja (Figura 6-10). Como se podrá ver en las posteriores imágenes, la pintura tendrá una mayor consistencia y menor transparencia con respecto a las anteriores, en gran medida influenciada por el tinte y por la mayor proporción de polvo de concha de mejillón.

Componente	Masa (g)
Concha de Mejillón de 100 μm	8 g (20%)
Componente A	17 g
Componente B	15 g
Colorante epoxi 2	2 g

Tabla 6-2 Fórmula X3



Figura 6-10 Pintado formulación X3

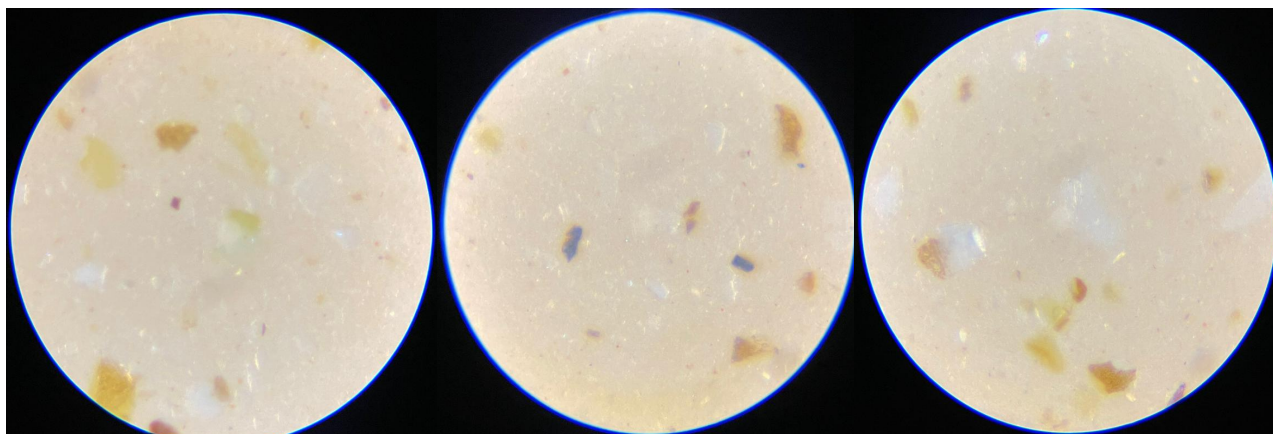


Figura 6-11 Pintado formulación X3 zoom x 200

Como conjunción y para ver las variaciones visualmente, desde una vista amplificada, a través de una lupa, x 200 (Figura 6-12), logramos ver las particularidades de cada una de las pinturas.

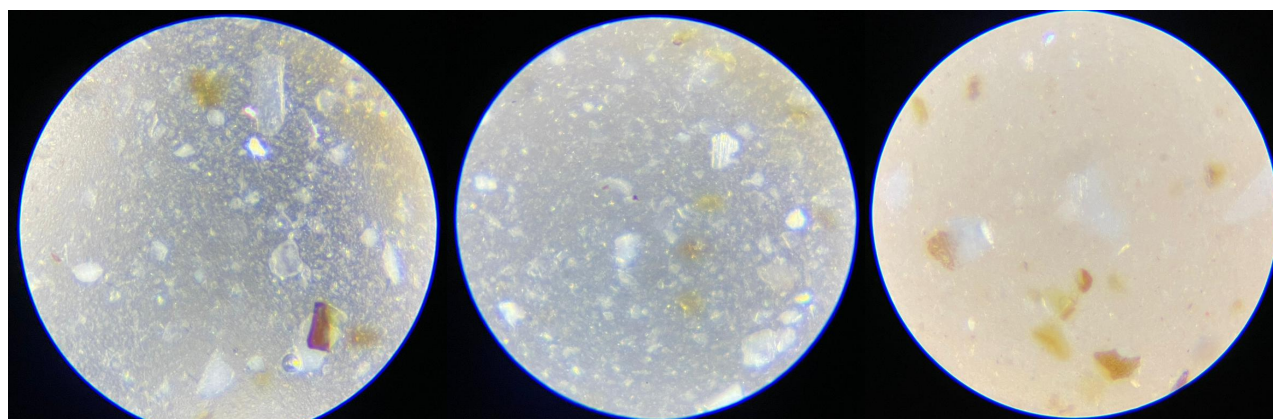


Figura 6-12 Conjunto de las formulaciones Epoxi

6.3.2 Formulaciones tipo II

En las formulaciones tipo II se utilizarán compuestos de Poliuretano. Esta reacción brinda características como la elevada dureza, flexibilidad y buena adherencia, siendo el factor diferenciador la resistencia a la intemperie y al rayado.

El vehículo y disolvente a utilizarse serán los siguientes:

- a. Poliuretano “as satinado” ® Proa (componente A y B; Figura 6-13)



Figura 6-13 Componentes de la formulación de Poliuretano

6.3.2.1 Elaboración general

Para la siguiente formulación, formulaciones en base a estudios previos realizados por la Universidad de Vigo. al igual que en la previa, se realizaron diversos procesos con gran similitud a su homólogo de epoxi. En primer lugar, el material a utilizar, es decir el esmalte de poliuretano, es un producto de alta viscosidad y densidad que aportará unas características de menor fluidez a comparación con el epoxi (a primera instancia). De por sí, este material tiene una tonalidad oscura de color negro (Figura 6-15), la cual no se ve modificado por ninguno de los componentes principales de la formulación (componente A, B y polvo de conchas de mejillón). Así como se comentó anteriormente, las densidades y consistencia de ambos productos líquidos (A y B) son distintas por lo que se tiene que ser cuidadoso para mantener la relación proporcionada por el fabricante.

Por otro lado, este componente a utilizar cuenta con una adherencia superior que el epoxi, siendo más complicado el proceso de desligado de las paredes de contacto de los recipientes a usar. De igual manera, es imprescindible el uso de materiales de protección personal, como guantes y bata, para evitar dañar su persona. Será recomendable limpiar con acetona los materiales a utilizar ya que el agua y otras sustancias tienen menos capacidad de remover estas formulaciones. En cuanto al proceso de mezclado, este se realizó más fácilmente, combinándose ambos componentes de poliuretano junto con el polvo de concha de mejillón, siendo, desde un punto de vista no tan a detalle, aparentemente homogéneo.

6.3.2.1.1 Fórmula Y1

Primero, se mantendrá una cantidad baja de concha de mejillón para analizar los cambios que tiene a lo largo del aumento porcentual del mismo. Se buscará no agregar sustancias aditivas como tintes.

Componente	Masa (g)
Concha de Mejillón de 100 μ m	2,47 g (12%)
Componente A	15,6 g
Componente B	2,5 g

Tabla 6-3 Fórmula Y1

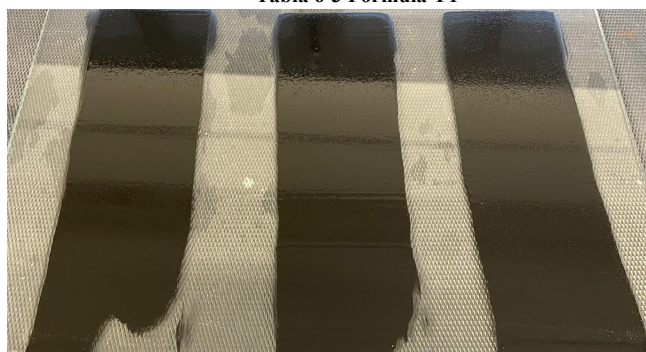


Figura 6-15 Pintado formulación Y1

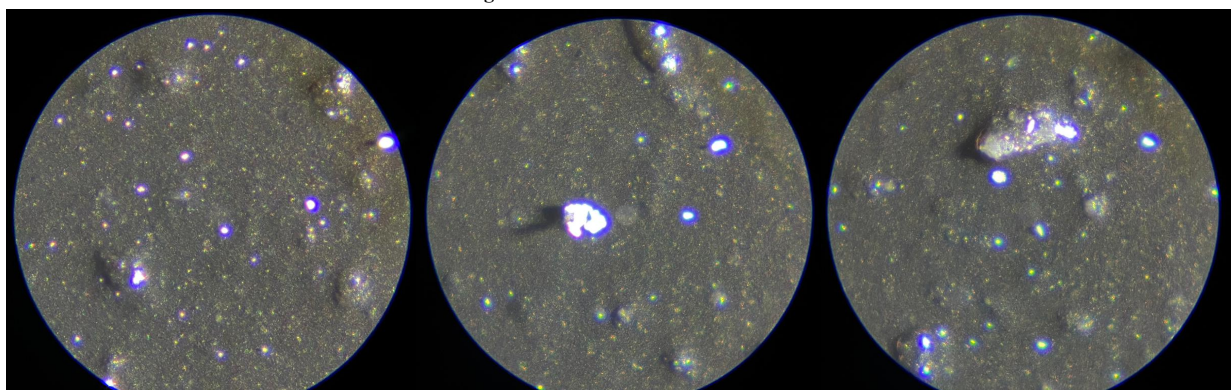


Figura 6-14 Pintado formulación Y1 zoom x 200

6.3.2.1.2 Fórmula Y2

En esta formulación (Tabla 6-4), se busca aumentar ligeramente la concentración de mejillón como carga. Se intentó, además, variar la tonificación y pigmentación de la pintura con colorantes, aunque, debido al elevado poder de coloración del poliuretano, no se llega a conseguir una variación observable. Se mantuvo la siguiente formulación:

Componente	Masa (g)
Concha de Mejillón de 100 μm	3,29 g (16%)
Componente A	14,78 g
Componente B	2,5 g

Tabla 6-4 Fórmula Y2



Figura 6-16 Pintado formulación Y2

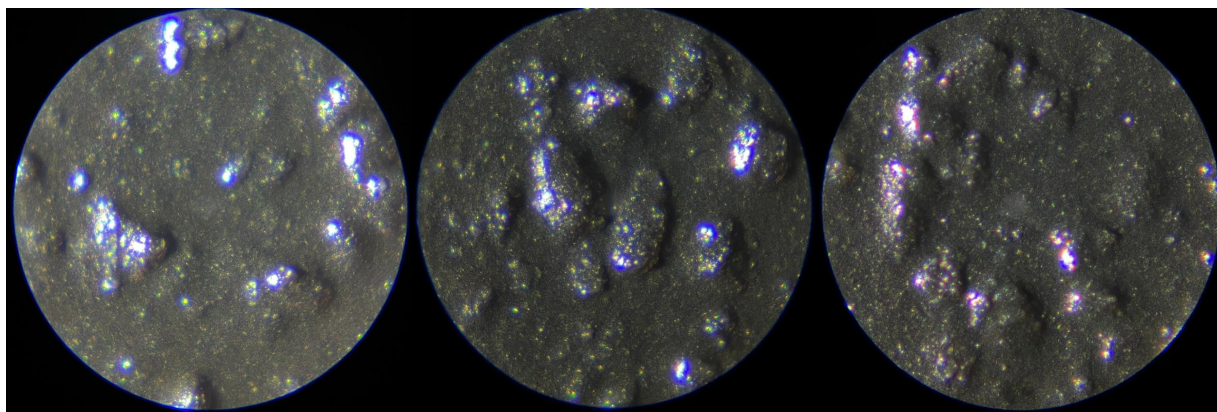


Figura 6-17 Pintado formulación Y2 zoom x 200

Como se puede ir apreciando en las imágenes de aumento (Figura 6-17), se ve una mayor cantidad de partículas superficiales debido a la mayor cantidad de carga. A su vez, el pintado lleva una textura más áspera, evitando el desliz de materiales sobre la película.

La adherencia hacia la superficie sólida donde está superpuesta la película no ha variado, aunque el rozamiento superficial ante un producto puesto sobre la pintura si se puede haber visto afectado, incrementado debido a lo mencionado anteriormente.

Por otro lado, las deformidades superficiales de la pintura han dado una mayor reflexión de la luz aportando una brillantez distinta, aunque es casi imperceptible a gran escala.

6.3.2.1.3 Fórmula Y3

Finalmente, se ocupará un 20% de la totalidad de la formulación. Se mantendrá el color natural del poliuretano, variando la superficie rugosa debió a las partículas de las conchas de mejillón.

Componente	Masa (g)
Concha de Mejillón de 100 μm	4,12 g (20%)
Componente A	13,95 g
Componente B	2,5 g

Tabla 6-5 Fórmula Y3



Figura 6-18 Pintado formulación Y3

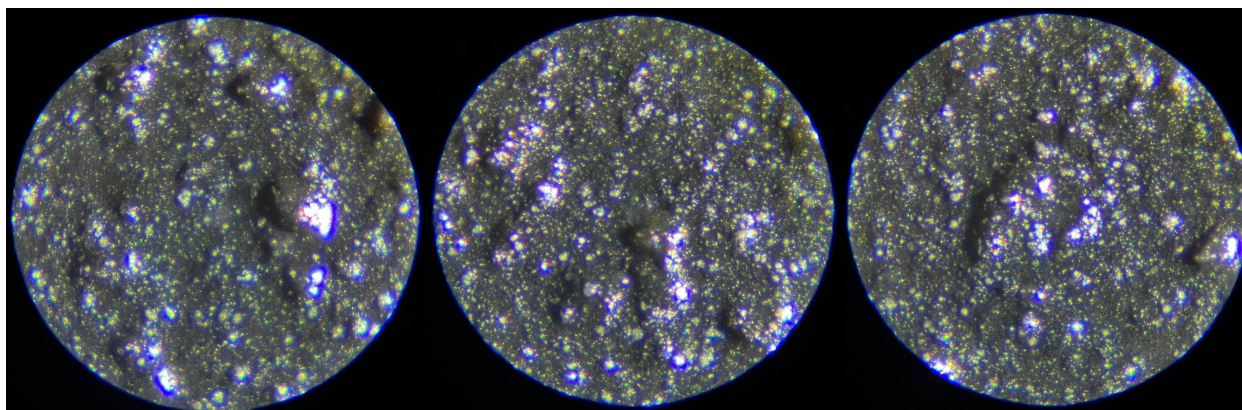


Figura 6-19 Pintado formulación Y3 zoom x 200

Como conjunción y para ver las variaciones visualmente, desde una vista amplificada, a través de una lupa, x 200 (Figura 6-20), logramos ver las particularidades de cada una de las pinturas.

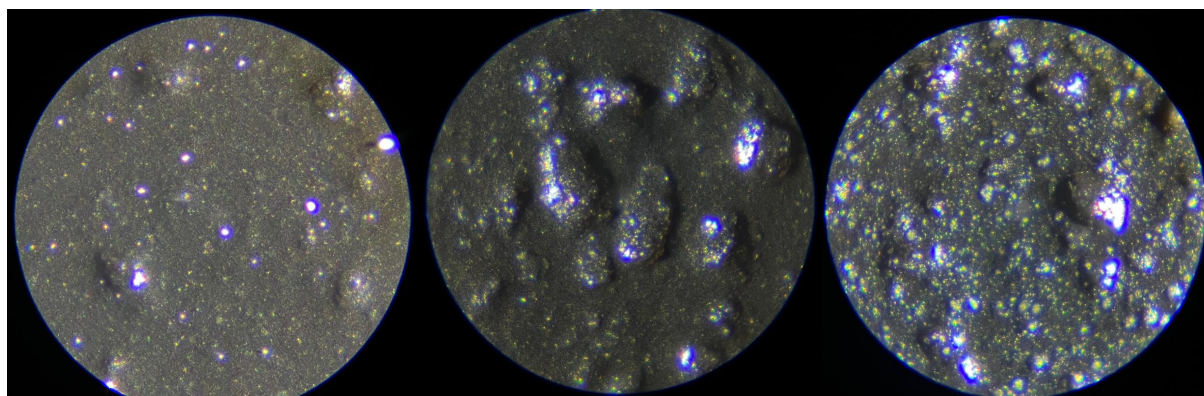


Figura 6-20 Conjunto de las formulaciones Poliuretano

6.4 Formulación de pintura ecológica

Tras la comprobación de la buena aplicación en la formulación de pinturas con la utilización de las cargas de mejillón (reseñado más en profundidad en el apartado 7.4 Tabla comparativa) y viendo el impacto positivo que puede tener la elaboración de una pintura ecológica, se busca componentes ecológicos que sean propicios para la formulación y creación de una pintura, en su gran mayoría, orgánica.

Con esto se busca efectos que puedan ayudar al medio ambiente en varios aspectos, tales como:

Menos toxicidad: Las pinturas orgánicas presentadas, por lo general, suelen estar hechas de materiales ecológicos y menos tóxicos, lo que reduce su impacto negativo en el medio ambiente y en la salud de las personas.

Biodegradabilidad: La mayoría de los componentes biodegradables, lo que significa que se pueden descomponer de manera natural en el medio ambiente, en lugar de persistir por mucho tiempo y causar daño a largo plazo.

Ahorro de recursos: La producción de pinturas orgánicas suele requerir menos energía y recursos que la producción de pinturas sintéticas, lo que puede contribuir a la conservación de los recursos naturales y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Se pretende presentar una formulación que, a futuro, pueda ser una forma de reducir el impacto negativo de la industria de la pintura en el medio ambiente y promover un enfoque más sostenible.

6.4.1 Formulaciones tipo III

Se tendrá en consideración materiales de origen ecológico, con la salvedad de algunos compuestos que no podrán ser reemplazados.

El vehículo y disolvente a utilizarse serán los siguientes (Figura 6-21):

- Disolvente ecológico [30] “Eco-solvent”
- Aceite de Linaza “Promade” cocido y sin cocer
- Aceite de Linaza crudo marca MR 866



Figura 6-21 Vehículo y disolvente de la formulación ecológica

6.4.1.1 Elaboración general

Para la elaboración de esta pintura ecológica se ha considerado diversos factores que han hecho de la misma un proceso más complejo y tedioso, en comparación al proceso de formulación de una pintura convencional, y esto se debe a la necesidad de cumplir la premisa dispuesta que es el de no utilizar productos derivados de sustancias no orgánicas.

Para ello, la amplia amalgama de casuísticas provenientes de las diferentes combinaciones de productos ecológicos utilizables supuso una problemática de gran magnitud, aunque no fue más que otro motivo para emplear el método científico y encontrar la solución al problema.

En primer lugar, partimos de una formulación proporcionada por otras investigaciones previas (brindado por expertos) en el campo, donde se reseñaba que la proporción a utilizarse serían 70 gramos de aceite de linaza, 10 de disolvente y 20 de la carga, en este caso, concha de mejillón. En este caso, se utilizará el disolvente ecológico mostrado en la Figura 6-21. Este disolvente contiene tanto ésteres como cetonas. Asimismo, se trata de un producto biodegradable que no contiene hidrocarburos, lo cual lo convierte en una opción más amigable con el medio ambiente.

Esta fórmula se utilizó para ver el comportamiento del conjunto y como formulación base para la obtención de nuestras propias fórmulas. A través de un proceso de “prueba y error”, se llegó a la selección de compuestos “óptimos” para la primera elaboración de pinturas ecológicas, donde se buscó ingredientes de origen natural, biodegradables y menos tóxicos, para minimizar el impacto ambiental y la toxicidad para las personas y el medio ambiente.

El siguiente problema era el de la compatibilidad entre dichos ingredientes, ya que es importante durante la mezcla para asegurarse de que la formulación sea estable y se adhiera adecuadamente a la superficie deseada.

Las limitaciones encontradas frente a las formulaciones y los productos utilizados en las mismas serán reseñadas dentro de los apartados de cada una de las formulaciones, aunque se muestra una deficiencia en el secado. Además, es preciso reseñar que hace falta agitar fuertemente, al menos durante 30 segundos, para que la mezcla se vuelva a conformar. A raíz del secado se mantuvo lo siguiente:

Durante el desarrollo se quiso mantener tres hipótesis. La primera hipótesis se establece a partir de la capacidad natural de secado, aunque con la particularidad de que se realice el mismo antes una atmosfera cálida controlada (estufa).

La segunda, debido a la falta de velocidad de secado, se buscó implementar un secador ecológico, por lo que se optó en la implementación de clara de huevo [31] en una proporción del 17%, es decir por cada 120 gramos de formulación 20 gramos serían de clara de huevo.

A partir de la hipótesis establecida anteriormente deriva la segunda hipótesis, la cual consiste en explotar al máximo las capacidades coagulantes y aglutinantes, además de las secantes, provenientes de dicha clara de huevo.

De la experimentación se obtuvieron tres conclusiones. En el primero de los casos, se pudo observar que mejora la viabilidad del secado, aunque no es lo óptimo ya que se limita a utilizar las formulaciones bajo temperaturas elevadas (test sobre los 70 grados centígrados). En segundo lugar, al implementar la clara de huevo, se obtuvo una mejora en cuanto a la rapidez de secado por lo que se utilizará en las siguientes formulaciones.

Por último, con respecto a la tercera hipótesis, se descarta en la mayoría de las formulaciones ya que, como se buscaba, se aglutinó y coaguló, aunque en demasía (Figura 6-22), por ende, no cumple con la forma líquida que se busca en una pintura (paso a tener más sólidos que líquido).

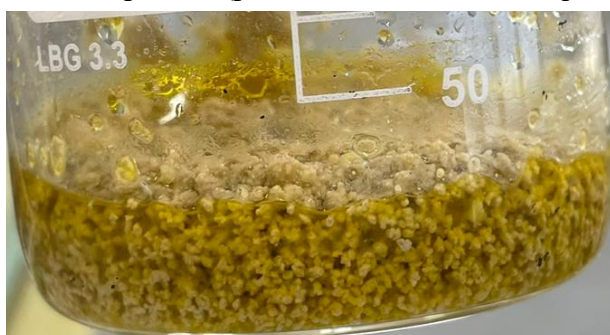


Figura 6-22 Formulación con clara de huevo sometido a calor

6.4.1.1.1 Fórmula O1

Para esta fórmula (Tabla 6-6) se empleó las proporciones expuestas en la tabla adjunta a continuación. Se quiso mantener el color proveniente de la coloración del aceite de linaza. Se reseña que, en esta formulación se implementó el uso de la clara de huevo, tanto con aporte de calor como sin el mismo. Para el primero de los casos, tuvo un excesivo aglutinamiento de las partículas de las conchas de mejillón por lo que perdió el estado líquido aportado por el aceite.

Componente	Masa (g)
Concha de Mejillón de 75 μ m	7 g (13,5%)
Aceite de Linaza	35 g
Disolvente ecológico	10 g

Tabla 6-6 Fórmula O1

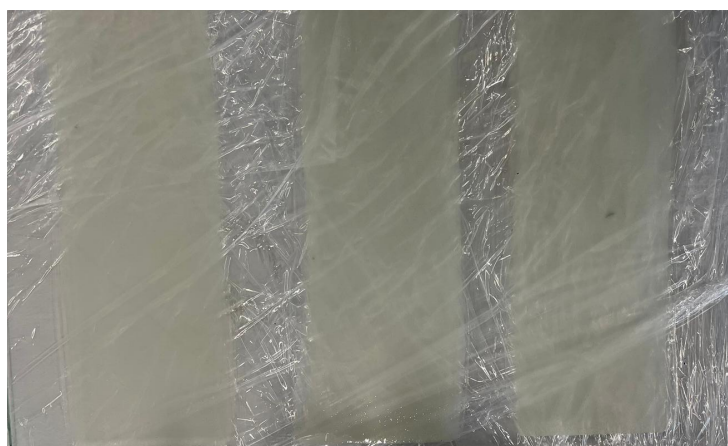


Figura 6-23 Pintado fórmula O1 sin secante

Lamentablemente, las capacidades de secado de esta formulación se han visto afectadas, no logrando el secado (Figura 6-23). Para solventar este problema se procedió a la reformulación de la pintura con aditivo de clara de huevo (Figura 6-24). Se agregó 20 g en la fórmula, buscando la coagulación y secado de la misma.

A pesar de agregar aditivos secantes ecológicos, no se logró el secado óptimo de la película, por lo que se metió a un entorno con más altas temperaturas (estufa) siendo la misma 75 grados Celsius.

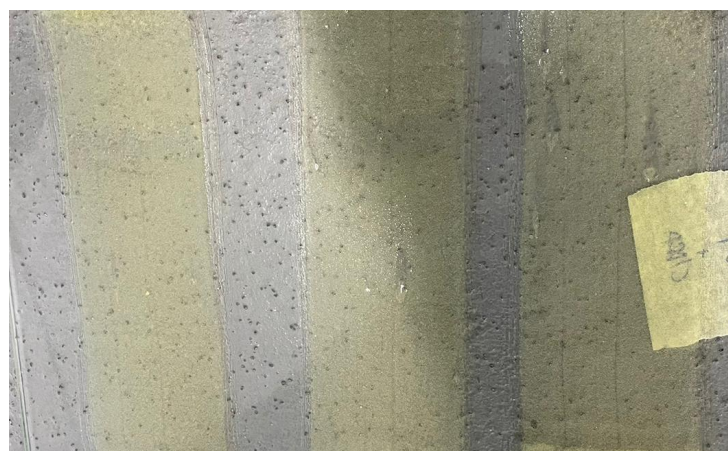


Figura 6-24 Pintado de la fórmula O1 con secante

De igual manera, el secado no se logró con las medidas implantadas.

6.4.1.1.2 Fórmula O2

Con el uso del aceite cocido se busca ganar propiedades como mayor viscosidad. Por otro lado, la prueba de la clara de huevo como aditivo secante reaccionó adecuadamente (Figura 6-25), soportando tanto la clara sin calor y con calor, por lo que ya se adiciona dentro de la Tabla 6-7 de componentes expuesta debajo. El color de la presente formulación es el proveniente del aceite cocido. Cabe reseñar que este aceite ya no cuenta con el color amarillento del aceite de linaza, sino que ahora cuenta con un marrón tenue acaobado; aunque en conjunción con los otros dos materiales, y debido a las proporciones de los componentes, finalmente deriva un color mostaza.

Componente	Masa (g)
Concha de Mejillón de 75 μm	7 g (13,5%)
Aceite de Linaza cocido	35 g
Disolvente ecológico	10 g
Clara de huevo	10,65 g (17%)

Tabla 6-7 Fórmula O2

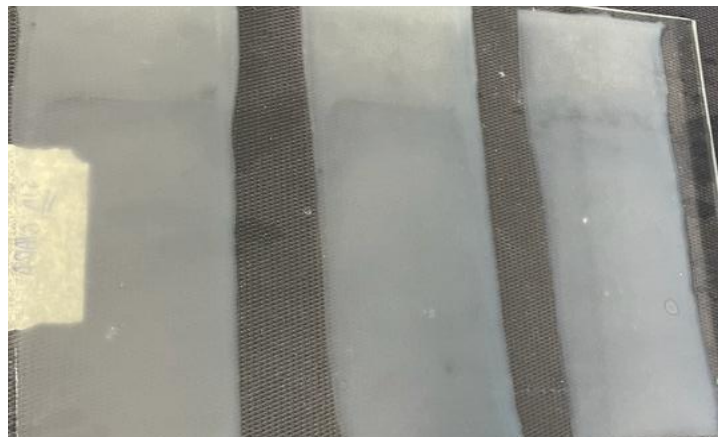


Figura 6-25 Pintado de la fórmula O2 con secante

A pesar de la implementación de la clara de huevo y de aceite cocido, no se llegó a obtener un secado eficiente de la película, por lo que se dejó curar. Se comprobó la curación bajo calor tras 72 horas, logrando mejores resultados, obteniéndose una textura al tacto de “seco” (Figura 6-26).

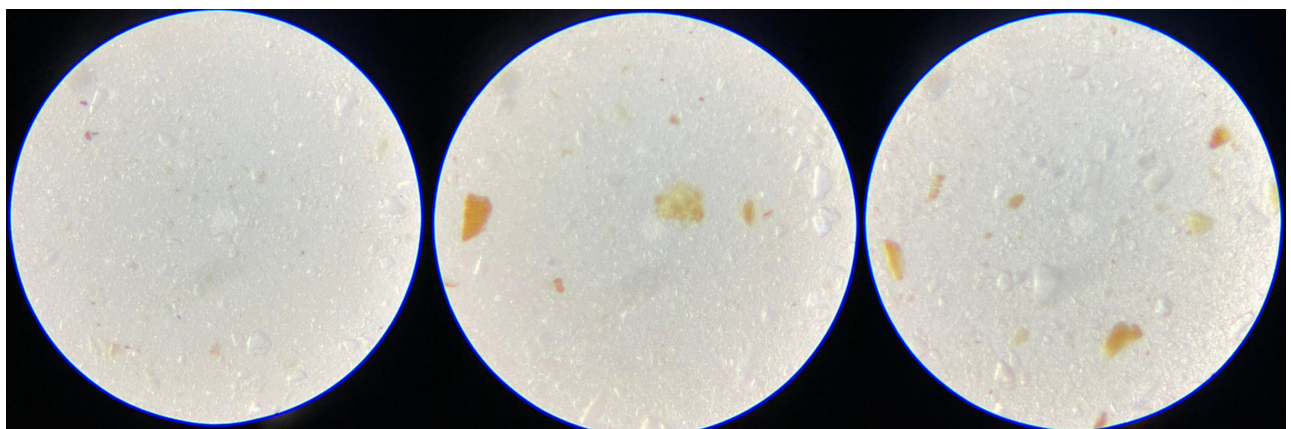


Figura 6-26 Pintado formulación O2 zoom x 200

6.4.1.1.3 Fórmula O3

En esta formulación (Tabla 6-8) se aumenta sustancialmente el porcentaje de masa de concha de mejillón para intentar contrarrestar ese factor líquido del aceite. A su vez, se vuelve a implementar la clara de huevo para procurar mejorar la coagulación y el secado.

Por otro lado, se cambia la formulación en base a la fórmula genérica brindada por estudios previos y modificada a nuestro uso. El factor a tomarse en cuenta es la mejora en cuanto al secado con respecto a los otros dos previos. Se sometió a un proceso de secado bajo calor, mejorando también el secado, aunque no llegando a secar del todo (Figura 6-27). La sensación al tacto aún mantenía el componente adherente del fluido.

Componente	Masa (g)
Concha de Mejillón de 75 μm	10 g (18,1%)
Aceite de Linaza cocido	33 g
Disolvente ecológico	10 g
Clara de huevo	10 g (17%)

Tabla 6-8 Fórmula O3

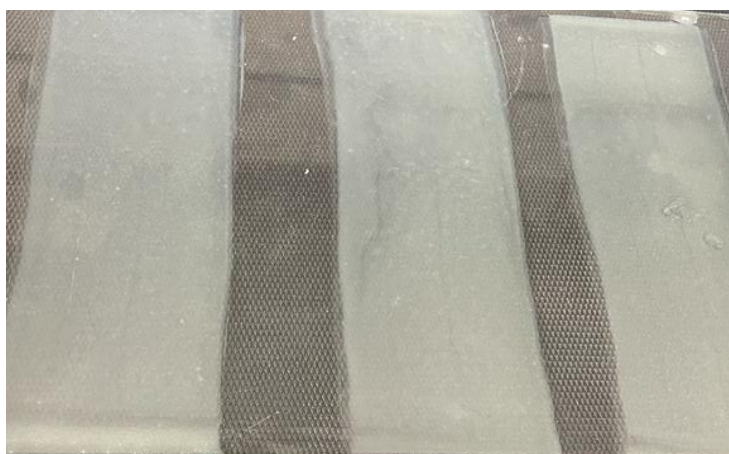


Figura 6-27 Pintado de la fórmula O3 con secante

Al igual que en el caso anterior, el secado se logró con dificultad, aunque en el avance y modificaciones de la formulación esta presentó un mejor desempeño en cuanto este aspecto. Se puede ver una mayor porosidad en la capa (Figura 6-28), lo que remarca la distribución de la carga por la película. Por otro lado, dichos poros se generan a raíz del calor agregado.



Figura 6-28 Pintado formulación O3 zoom x 200

6.4.1.1.4 F6rmula O4

Para concluir con las formulaciones (Tabla 6-9), se implement6 la formulaci6n que se ha utilizado como referencia, con peque1as modificaciones.

En primer lugar, la antigua formulaci6n se basa en un conjunto de tres compuestos no ecol6gicos en su totalidad, siendo el veh6culo aceite de linaza, con la salvedad de que en aquella utilizaci6n se manten6a el aceite de linaza crudo.

Por otro lado, en cuanto al disolvente, se mantuvo el uso del disolvente Robots®; en este caso utiliz6ndose el eco-solvent. Finalmente, a falta de secado, se implementar6 un peque1o porcentaje de clara de huevo para comprobar la mejora con esta formulaci6n (en cuanto a secado).

En cuanto a las similitudes, se ha mantenido las cantidades a utilizarse, es decir el gramaje, aunque los porcentajes han variado debido a la adici6n de gramaje de clara de huevo. Se mantendr6 la utilizaci6n en gran porcentaje de la carga a base de polvo de conchas de mejill6n para la comprobaci6n de su utilidad en la formulaci6n de estas pinturas.

Componente	Masa (g)
Concha de Mejill6n de 75 μ m	20 g (18,2%)
Aceite de Linaza cocido	70 g
Disolvente ecol6gico	10 g
Clara de huevo	10 g (9%)

Tabla 6-9 F6rmula O4

Tras la formulaci6n y pintado de la presente, se mantuvieron los mismos problemas que en los casos anteriores, por lo que se opt6 a curarlo bajo temperaturas superiores a las del entorno. Se mantuvo en la estufa a 75° grados cent6grados por 24 horas para controlar su desempe1o. Al no lograrse el cometido, se mantuvo durante un tiempo m6s prolongado de 48 horas m6s, vi6ndose alargado dicho tiempo hasta un total de 96 horas.

Finalmente, se obtuvieron mejores resultados en los anteriores casos, presentando una apariencia y presencia al tacto de seco. No presentaba huellas tras el tacto ni deformaciones.



Figura 6-29 Pintado de la f6rmula O4 con secante

Durante el acercamiento x200, se puede apreciar los poros derivados del calor proporcionado. Por otro lado, la Figura 6-30, hace referencia a las tres l6neas de pintura de la Figura 6-29 aunque, es preciso mencionar que la segunda imagen fue tomada con otra iluminaci6n y fondo de cristal, lo que, al ser semi transparente la pintura, afecta al color de la figura.



Figura 6-30 Pintado formulación O4 zoom x 200

6.5 Pintura comercial

Como pintura comercial se ha utilizado la formulación S 4040-Y80R [32] (Figura 6-32). Esta pintura que tiene la funcionalidad de dar un tono mate al sustrato, protegiendo y decorando, en preferencia, metales y madera, tanto en exteriores como en interiores. Por otro lado, mantiene una gran retención del brillo y tiene un rápido secado. Se pintará una capa de 120 micrómetros con el fin de que se evalúe en similitud con las otras pinturas. Por otro lado, tiene los siguientes componentes (Tabla 6-10):

Componentes	
Vehículo	Resinas Alquílicas modificadas
Pigmento	Aportadores de solidez a la luz

Tabla 6-10 Componentes pintura comercial



Figura 6-32 Pintado de la pintura comercial

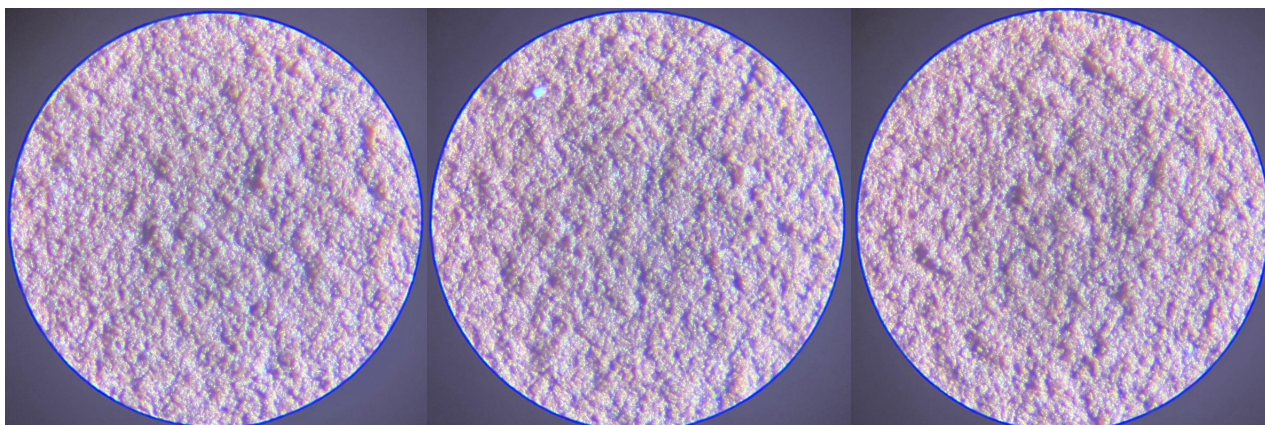


Figura 6-31 Pintado de la pintura comercial zoom x200

7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

7.1 Ensayos

Un análisis de los resultados es el proceso por el cual se examina y evalúa la información recopilada de un proceso para determinar los patrones y conclusiones a las que se ha llegado. Es importante ya que se comprenderán algunas tendencias que, en este caso las pinturas, puedan tener, y con esto tomar decisiones futuras.

Para realizar este análisis con efectividad, es necesario tener en cuenta los factores influyentes del entorno como la precisión y fiabilidad de los aparatos a utilizar, los ensayos para encontrar dicha caracterización y analizar la información, y la interpretación adecuada de los resultados.

Se tendrá como objetivo particular dar al lector una comprensión clara y objetiva de los resultados de los ensayos, identificar las áreas de fortaleza, así como las de debilidad.

Este análisis busca ayudar a tomar decisiones informadas y a mejorar la calidad de futuros ensayos, por lo que, a partir de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se agrupará, según los ensayos explicados anteriormente, los parámetros de cada formulación.

Las imágenes presentadas a continuación serán fotografías con aumento de x200. Buscarán presentar de una manera más profunda las diferencias entre las distintas opciones dentro del desarrollo del ensayo.

7.1.1 Viscosidad

La parametrización en este aspecto será representativa, de tal manera que nos ayude a saber una característica más de la formulación. A su vez, el viscosímetro utilizado cumple la normativa ASTM D1200 [27] y UNE-EN ISO 2431:2020 [33], que fueron mencionadas anteriormente. Se seleccionó este método debido a la utilización de material disponible y su simplicidad de operación. Es preciso mencionar también que, al solo tener una copa Ford con sus características específicas, sobre todo en la boquilla, hay ciertos fluidos, que por lo denso y viscosos que son, no son capaces de ser valorados y ensayados por este método, por lo que no serán valorados en el siguiente punto.

Por otro lado, no se busca una relación entre las mejores prestaciones dadas por una sustancia más o menos viscosa, más si nos ayudará a visualizar de mejor manera este aspecto de la pintura. A su vez, se considerará el tiempo de inicio cuando sale por la boquilla inferior el líquido, y será el final cuando el mismo ya no fluya de manera uniforme. El criterio de descarte será $15'' < \text{formulación} < 60''$.

Se obtuvieron los siguientes resultados, recogidos en la Tabla 7-1:

Formulación	O1	O2	O3	O4	Y1	X1	X2	X3
Viscosidad (segundos)	13,39''	16,95''	17,47''	17,31''	92,24''	27,13''	28,63''	45,30''

Tabla 7-1 Viscosidades

Como se puede observar no se ha tenido en cuenta formulaciones tales como Y2 e Y3, ya que, al ser tan viscoso el fluido no se ha sido capaz de mantener un flujo continuo durante el ensayo (valores mayores a 156 segundos), siendo el método de la copa Ford poco exacto en estos casos. En el caso de la formulación O1, se tuvo en cuenta ya que se quedó muy cerca del valor mínimo del criterio establecido.

7.1.2 Arrastre

Con este ensayo buscamos utilizar la técnica de la industria de automoción para evaluar la adherencia de una película hacia un sustrato. Por tanto, al aplicar la pintura sobre una superficie evaluaremos que tanto arrase genera el agente externo a la formulación. Finalmente, si la pintura no se

adhiera adecuadamente, puede desprenderse, descascararse o formar ampollas, lo que puede causar problemas estéticos y de durabilidad.

Con este ensayo de arrastre se puede llegar a aportar ayuda para la identificación de problemas de adherencia temprano en el proceso de aplicación de la pintura, lo que permite tomar medidas correctivas a futuro para garantizar una buena adherencia.

Para un ordenamiento más claro y fluido se han dividido las pinturas según su tipo, y posteriormente se ha subdividido según la formulación utilizada, es decir según los distintos nombres otorgados debido a la variabilidad de los componentes.

A su vez, para las imágenes que se expondrán a continuación harán referencia a los momentos previos al paso del disolvente y a momentos después del acto, para poder obtener una comparativa visual de las reacciones que tienen las formulaciones.

7.1.2.1 Pinturas ecológicas

Debido a los largos periodos de secado por parte de estas pinturas no ha podido fotografiar estos ensayos en la adecuada situación ya que este ensayo debe realizarse entre el periodo de secado más próximo, sin dejar curar tanto la pintura.

Como se ha comentado anteriormente, la falta de secado de la misma pintura ha mostrado, en todos los casos, el mismo resultado. La consistencia de la pintura ante el líquido disolvente se pierde casi en su totalidad, dividiendo los componentes de la pintura, es decir, separando la carga del vehículo. Esto demuestra que estas pinturas no están preparadas para su desempeño como pinturas, mostrando una mala adherencia y durabilidad.

Es preciso comentar también la diferencia entre cada una de ellas a pesar de ser los resultados prácticamente iguales.

- En primer lugar, en la formulación a base de aceite de linaza crudo, se muestra una alta separación de los componentes, dejando en la superficie solo la carga, siendo desplazado el propio aceite junto con el disolvente agregado.
- En segundo lugar, en la composición equivalente con aceite de linaza cocido, se observó una mayor resistencia al disolvente, aunque finalmente presentó una “grieta” en su superficie señalando el camino del paso del disolvente, dejando de cumplir su función de protector de la superficie.
- Finalmente, en el tercer caso, mostró una resistencia aún mayor en comparación con las dos predecesoras, casi resistiendo la disolución producida por el Robots®.

7.1.2.1.1 Antes y después formulación O1

En la primera formulación no se logra adquirir el secado adecuado para lograr el presente ensayo, por lo que no se puede comprobar mediante el presente ensayo, refugiándose en las premisas establecidas en el apartado anterior.

7.1.2.1.2 Antes y después formulación O2

El secado de la presente pintura fue considerado regular ya que se mantenían huellas al tacto. A pesar de ello, se optó en aplicarle el ensayo de arrastre. Se pudo observar, en la Figura 7-1, la rotura de la película en su totalidad, dejando el sustrato ante la intemperie, perdiendo totalmente la adhesión al mismo. A lo largo del camino formado por el disolvente, se generó un arrastre totalitario de la película, siendo incapaz de soportar el arrastre.

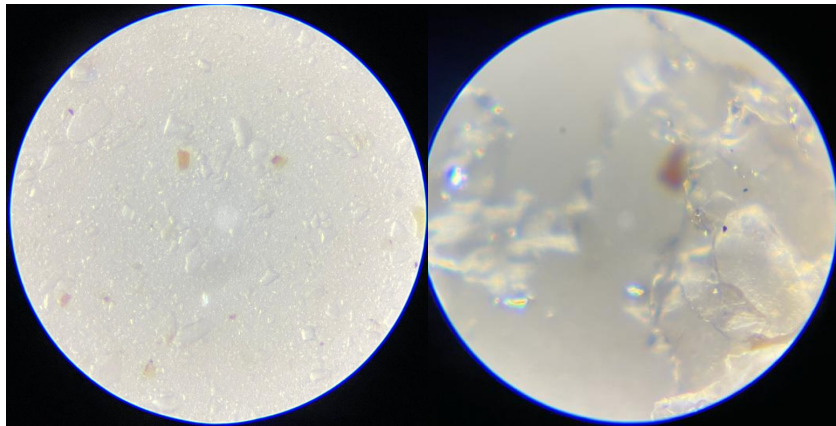


Figura 7-1 Antes y después formulación O2 zoom x200

7.1.2.1.3 Antes y después formulación O3

La progresión del secado y curado de la pintura es positiva, de tal manera que esta formulación ha presentado un mejor secado, ayudando a la realización óptima del ensayo. Se puede ver que el disolvente ha generado burbujas sobre la película. A su vez, se ven pequeñas cavidades ya formadas dentro de las protuberancias provenientes del impacto del disolvente sobre la superficie.

A lo largo del recorrido de las gotas, se ha agrietado la superficie (Figura 7-2), dando entrada a más líquido al interior, disminuyendo la adherencia al sólido.

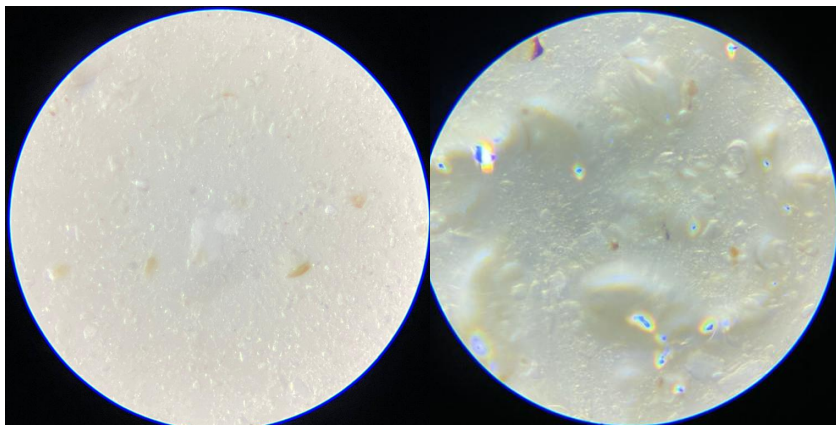


Figura 7-2 Antes y después formulación O3 zoom x200

7.1.2.1.4 Antes y después formulación O4

Mostró una mayor resistencia al paso del disolvente, teniendo un leve arrastre de material. Con el tiempo, comenzó un agrietamiento de la capa, aunque no llegó a romper del todo (Figura 7-3). Se generaron bultos en forma de burbuja, lo que lo hace propenso a filtraciones de líquidos hacia el sustrato y pueda influir en la adherencia de este.

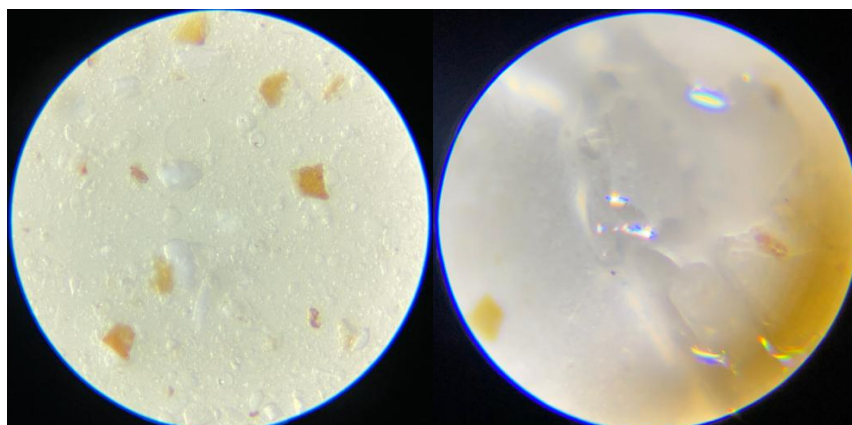


Figura 7-3 Antes y después formulación O4 zoom x200

7.1.2.2 Pinturas Poliuretano

Estas pinturas muestran una alta rugosidad y aspereza en su superficie. Es por esto por lo que se hacen más vulnerable a contacto brusco con otros materiales, y son propensos a generar imperfecciones en la superficie por lo que puede motivar a tener micro cavidades, propiciando la rotura progresiva de la película.

7.1.2.2.1 Antes y después formulación Y1

Como se comentó anteriormente, en esta presentación, a la izquierda, se ve una ligera variación de brillantez y color producido por las pequeñas partículas de concha de mejillón.

Se pudo apreciar la disminución de los elementos cálcicos a causa del vertido de las gotas de disolvente (Figura 7-4). En relación con esto, disminuyó también el grosor de la película debilitando por tanto la cobertura.

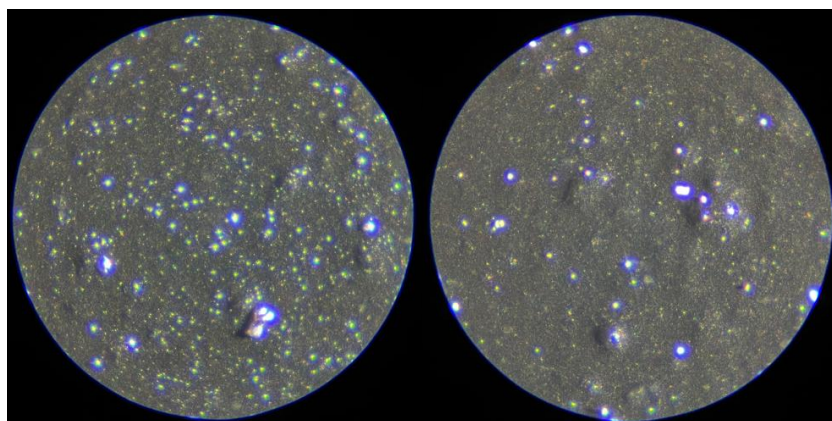


Figura 7-4 Antes y después formulación Y1 zoom x200

7.1.2.2.2 Antes y después formulación Y2

En la segunda variante, apreciamos el aumento ocurre lo mismo que en el caso anterior, aunque podemos ver el detalle, y contrastar la idea anterior, la importancia del lugar donde se toma la imagen. En este caso, la Figura 7-5 fue tomada en la parte inferior del cristal de pintado, es decir, luego de haber pasado el disolvente a lo largo de la pintura.

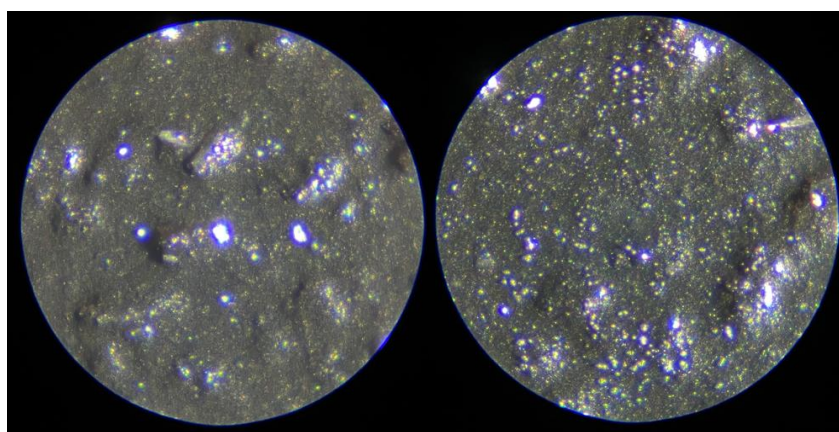


Figura 7-5 Antes y después formulación Y2 zoom x200

Las partículas se ven concentradas y de diferentes tamaños de grano. Esto se debe al arrastre que ocasionó el disolvente y la conjunción de todas las partículas arrastradas por el mismo. Por otro lado, se pudo observar pequeñas “burbujas” debido a filtraciones líquidas por debajo de la película. Se puede suponer que ocurre debido a que, a mayor cantidad de granos, mayor es la probabilidad de que haya una imperfección en la película y por lo tanto filtre por ahí.

7.1.2.2.3 Antes y después formulación X3

En este caso, la imagen una vez más fue tomada en la parte inferior del cristal. Se puede apreciar en ambas imágenes, dentro de la Figura 7-6, la alta cantidad de polvo de concha de mejillón, aunque por el propio arrastre del disolvente en la segunda imagen (derecha) se ve mayor porosidad y cantidad de granos.

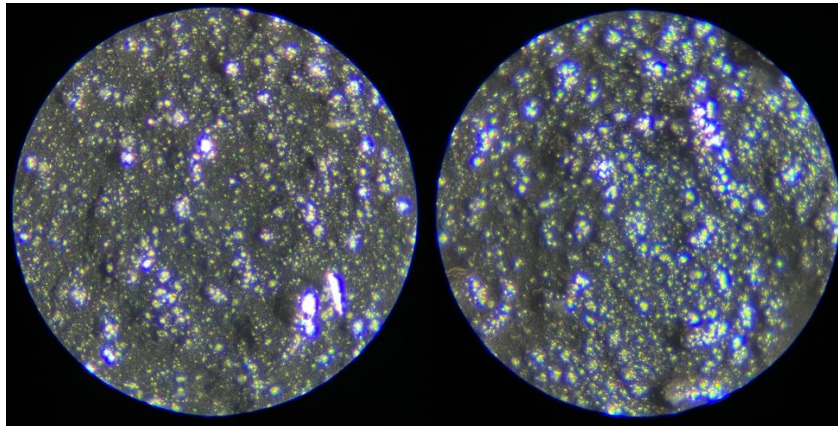


Figura 7-6 Antes y después formulación Y3 zoom x200

La porosidad se produce por la aglutinación de los polvos de mejillón y por el arrastre la conformación de granos de mayor tamaño. A su vez, de igual manera se han generado poros abiertos lo que genera cavidades donde filtra el disolvente, generando las burbujas ya comentadas anteriormente.

7.1.2.3 Pinturas Epoxi

En términos generales, estas pinturas han mostrado un comportamiento estable en cuanto a la solidificación y unión de los compuestos. La rapidez de secado y buena distribución del vehículo móvil con las cargas ha ayudado a obtener una formulación más equitativa y homogénea.

7.1.2.3.1 Antes y después formulación X1

En esta ocasión (Figura 7-7), no se aprecia de manera significativa un cambio en la superficie pelicular de la pintura, aunque si un cambio de tonalidad debido al propio fluido agregado. Por otro lado, no vemos un desplazamiento de partículas considerable. Asimismo, reseñar, la imagen fue tomada desde la parte baja del cristal por lo que es la zona de mayor impacto.

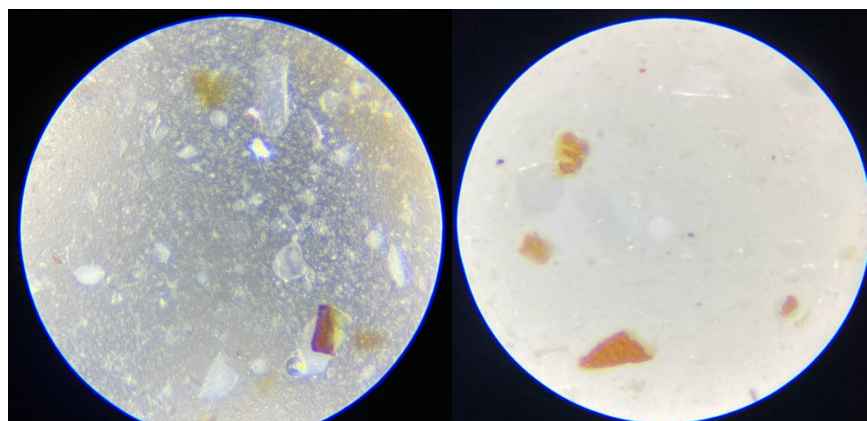


Figura 7-7 Antes y después formulación X1 zoom x200

7.1.2.3.2 Antes y después formulación X2

De igual manera, en esta pintura (Figura 7-8) podemos ver el cambio de coloración producido por el arrastre del disolvente. Por otro lado, en este caso si podemos ver el mantenimiento de las partículas en el vehículo, viendo que la combinación de ambas sustancias es efectiva y propicia.

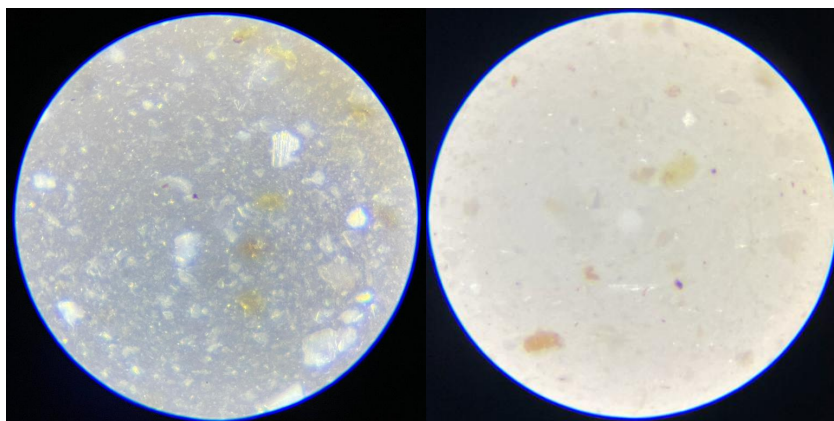


Figura 7-8 Antes y después formulación X2 zoom x200

7.1.2.3.3 Antes y después formulación X3

En este tercer caso (Figura 7-9), se puede apreciar un ligero aumento en la tonalidad de la segunda imagen (derecha) por lo comentado anteriormente. Además, se aprecia mayor número de sólidos suspendidos en la película, lo que nos ayuda a suponer que ha habido un ligero arrastre por parte del disolvente.

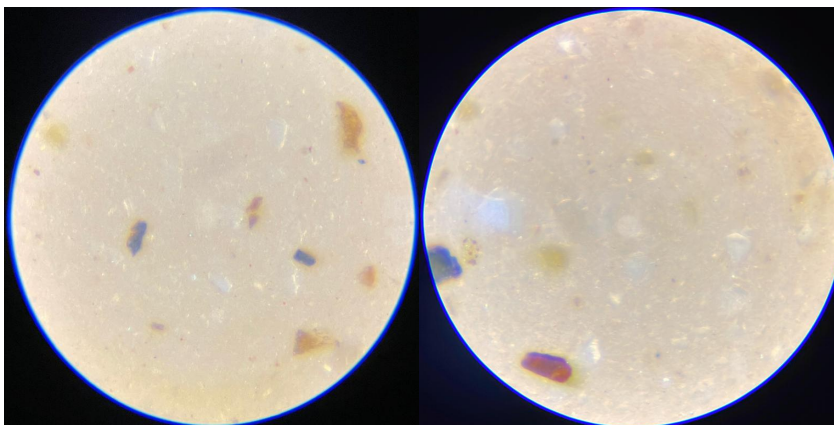


Figura 7-9 Antes y después formulación X3 zoom x200

7.1.3 Resistencia

Un ensayo de resistencia por corte enrejado en las pinturas busca evaluar la resistencia al desprendimiento de la pintura en una superficie. Este tipo de ensayo es comúnmente utilizado en la industria de la pintura y recubrimientos para determinar la calidad y durabilidad de un producto antes de su comercialización.

Se aplicará una cuadrícula o patrón de corte en una muestra de pintura que ha sido aplicada a una superficie. Luego, se aplica cinta adhesiva sobre la cuadrícula o patrón de corte, se presiona firmemente y se retira rápidamente. Si la pintura se desprende en algún lugar a lo largo de las líneas de corte, se mide la longitud de la sección de la pintura que se ha desprendido. Un alto nivel de resistencia al desprendimiento indicará una pintura de alta durabilidad, mientras que un bajo nivel indicará un producto que puede tener problemas con el desprendimiento prematuro; por tanto, se buscará evaluar la capacidad de una pintura para resistir el desprendimiento de la superficie a la que ha sido aplicada, lo que ayuda a determinar la calidad del producto.

Los resultados son basados en la normativa en vigor y los resultados son evaluados según la tabla adjuntada en el anexo I del presente documento. Para una mejor visualización se han empleado 2 aumentos. El primero y siempre a la izquierda, será el de menor graduación, en este caso el de x200. A la derecha del mencionado, se encuentra el aumento de x250. Se buscará llegar un consenso según lo planteado en las dos figuras y el contraste con la normativa.

7.1.3.1 Pinturas ecológicas

La normativa expone que para la realización de este ensayo hace falta el secado de la pintura. Como ya se ha comentado, se ha logrado, en algunos casos, un proceso óptimo y en otro deficiente, por lo que el corte enrejado se realiza con dificultad ya que las cuchillas cortan la película de pintura, pero al no tener la consistencia sólida necesaria para que el corte sea adecuado, no se pueden hacer comparaciones con las imágenes de referencia normalizadas. Por otro lado, se puede afirmar que la resistencia de la pintura, en la fase en la que está siendo evaluada, es muy baja ya que el desprendimiento es prematuro.

7.1.3.1.1 Fórmula O1

No se pudo realizar la imagen en acercamiento debido a que la película no se encontraba seca, de tal manera que se considera que la resistencia de la pintura es baja, ya que tendría un desprendimiento al contacto.

7.1.3.1.2 Fórmula O2

El paso de las cuchillas ha establecido líneas poco definidas debido al desgarro continuo que ha delimitado a su paso (Figura 7-10). Se ven en las intersecciones material. Por otro lado, hay desprendimientos de material que no han dejado de desligarse del material, produciendo más arrastre de material, aumentando el desprendimiento de las paredes. Las descamaciones son altas por lo que se considera una categoría 2 con descamaciones menores al 15% de la zona cuadriculada.

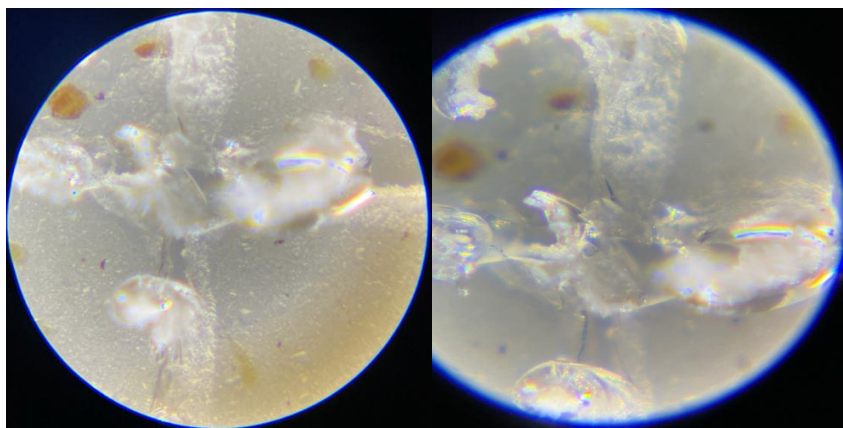


Figura 7-10 Corte enrejado O2 zoom x200 Y x250

7.1.3.1.3 Fórmula O3

Se puede apreciar un desgarro alto de material, las currillas, además de arrancar, han desplazado material, generando descamación en los bordes de la pintura Figura 7-11. Las intersecciones no tienen recubrimiento homogéneo por lo que el área de enrejado se ve afectada a mayor escala. A pesar de verse afectada en gran cantidad, no llega a tener una mayor descamación que el 15% por lo que pertenece a la categoría 2.

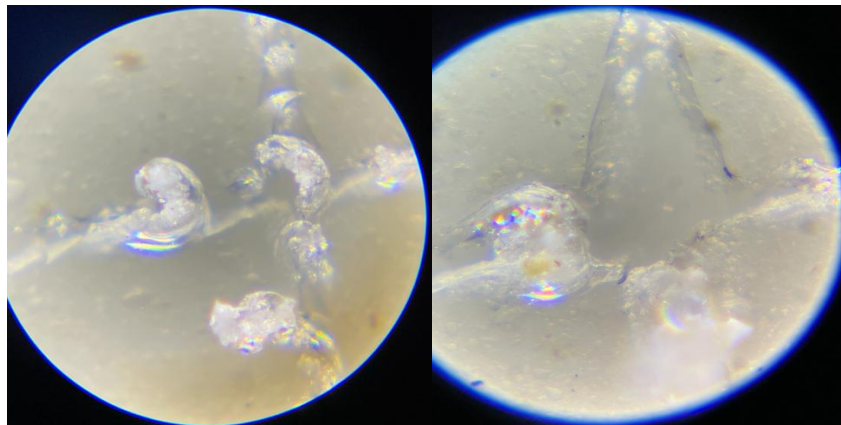


Figura 7-11 Corte enrejado O3 zoom x200 Y x250

7.1.3.1.4 *Fórmula O4*

Al alcanzar un mejor secado y curado, en la presente formulación se logró estudiar la película con el presente ensayo (Figura 7-12). Como se puede observar en las muestras, los cortes son poco limpios y con un gran número de descamación. Se observa esta acción principalmente en las intersecciones de las micrografías, por lo que, se clasifica como un porcentaje de descamación mayor al 5% pero menos al 15%, siendo por tanto una categoría 2 según la normativa.

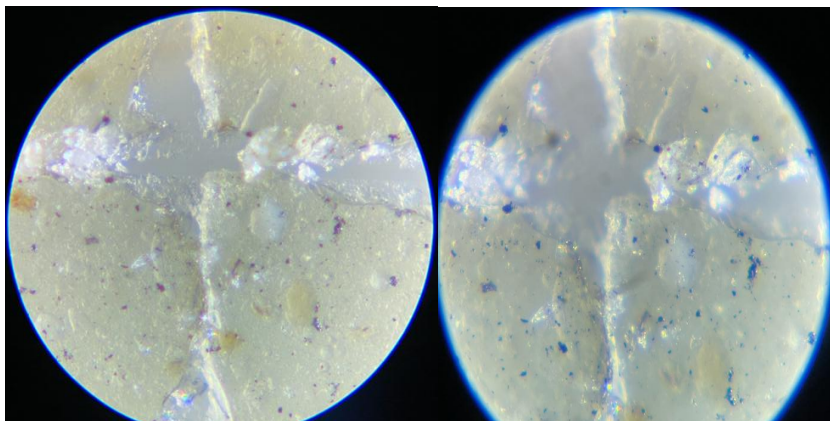


Figura 7-12 Corte enrejado O4 zoom x200 Y x250

7.1.3.2 *Pinturas Poliuretano*

Se ha evaluado al poliuretano, lo largo del presente trabajo, con características rugosas y ásperas. La película muestra una dureza considerable, aunque muestran facilidad en cuanto al corte de este. A su vez, las partículas de conchas de mejillón, dificulta el paso de las cuchillas y aumenta la evasión de desgarro de material.

7.1.3.2.1 *Fórmula Y1*

En esta formulación (Figura 7-13), la de menor concentración de concha de mejillón, podemos ver un corte uniforme en sentido longitudinal (arriba-abajo), aunque en el sentido transversal se muestra resistencia al corte de la cuchilla debido al contacto con las partículas de concha de mejillón. Las intersecciones nos relacionan con las imágenes del anexo I, por lo que se puede contrastar con el aumento de 250 que el área de enrejado es inferior al 5%, por ende, es una categoría 1.

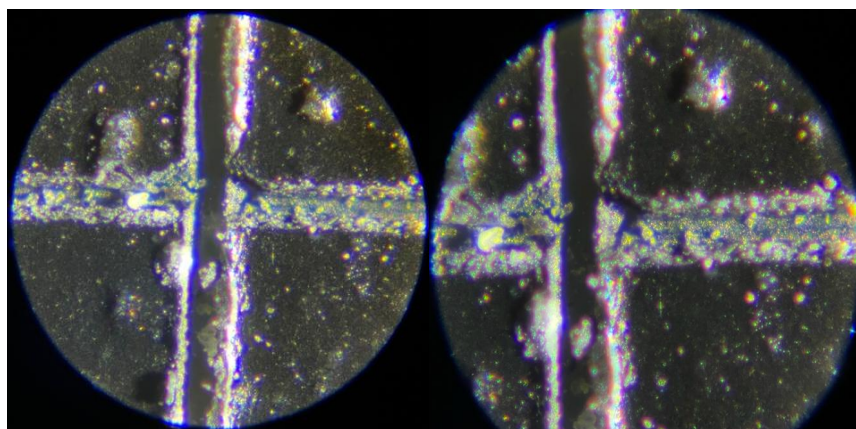


Figura 7-13 Corte enrejado Y1 zoom x200 Y x250

7.1.3.2.2 *Fórmula Y2*

En este caso, las líneas son perfectamente lisas (Figura 7-14), donde en la intersección se ve un desprendimiento significativo en cuanto a lo que la normativa evalúa, aunque no muestra el mismo comportamiento en las otras esquinas. Se considerará como una ligera descamación, por lo que corresponderá a la segunda categoría de la norma, categoría 1.

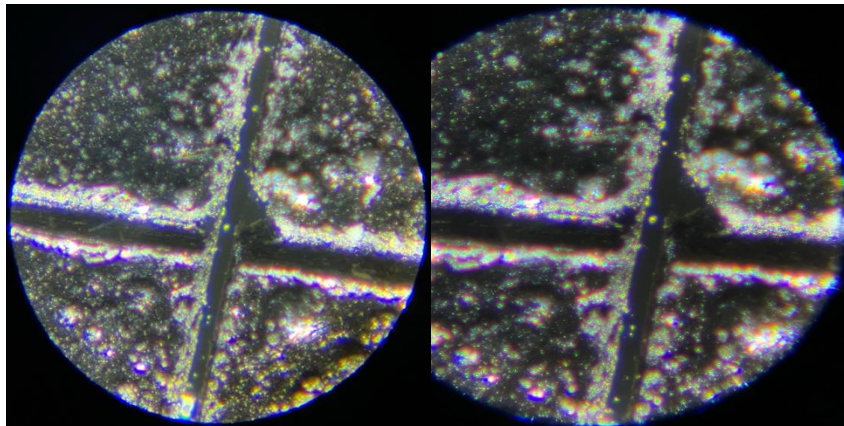


Figura 7-14 Corte enrejado Y2 zoom x200 Y x250

7.1.3.2.3 *Formula Y3*

Se aprecia, en la Figura 7-15, un corte de bordes lisos, aunque con imperfecciones en el paso de la cuchilla. A pesar de esto, las intersecciones se muestran con ligeras descamaciones en el recubrimiento, aunque son de porte casi despreciable, siendo considerado también como un porcentaje menor o igual al 5%, por tanto, categoría 1.

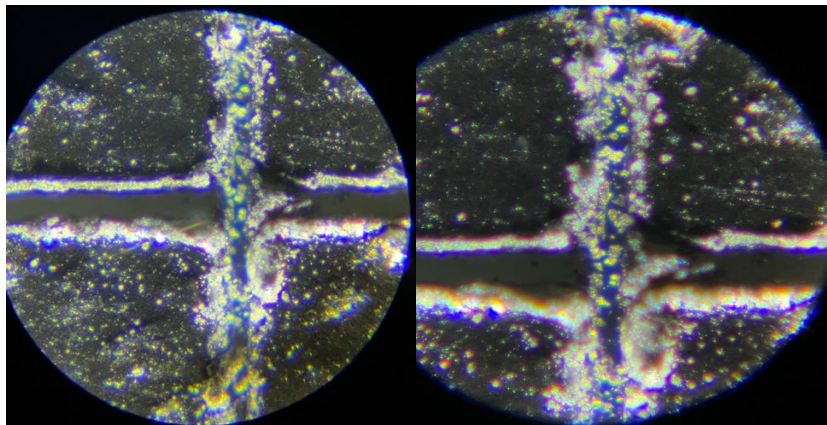


Figura 7-15 Corte enrejado Y3 zoom x200 Y x250

7.1.3.3 *Pinturas Epoxi*

Como se ha ido contrastando, el epoxi es un material que muestra propiedades rígidas de mayor envergadura. La dificultad de las cuchillas al pasar por su superficie puede ser más elevadas que en algunas otras formulaciones.

Asimismo, muestra un comportamiento más polimérico por lo que las partículas están más cometidas a conjunción, lo que facilita el desprendimiento de material por arrancado, aunque cada formulación tiene su propia caracterización.

7.1.3.3.1 *Fórmula X1*

La alta resistencia superficial de los compuestos epoxi muestra una dificultad de corte para las cuchillas utilizadas en el ensayo. A pesar de lo dicho, se muestra una falta de desprendimiento de material.

En el aumento x250 de la Figura 7-16, se puede ver en detalle las intersecciones definidas. Se ve una pequeña cantidad de desgarre de material producido por el paso ineficiente de las cuchillas, es debido a eso se producen las ligeras descamaciones del recubrimiento de las intersecciones. La zona en cuestión y los desprendimientos de material no son reseñables o significativos, por lo que se puede clasificar como categoría 1.

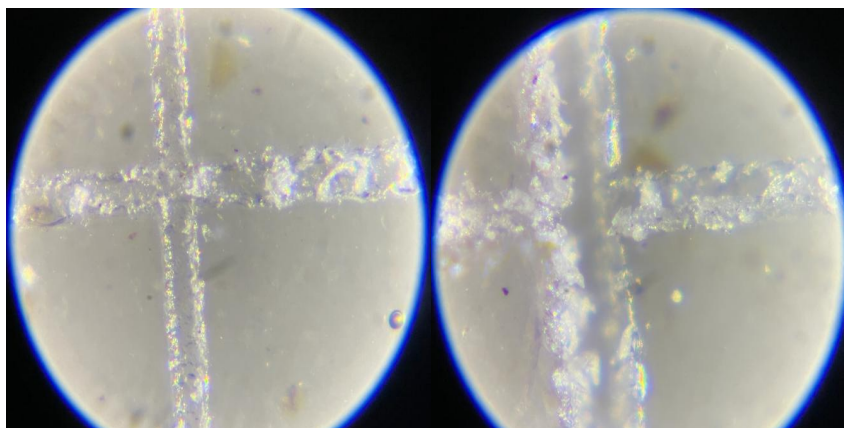


Figura 7-16 Corte enrejado X1 zoom x200 y x250

7.1.3.3.2 Fórmula X2

De igual manera que en el caso anterior, en la Figura 7-17, a lo largo de los cortes se producen pequeños desprendimientos y descamaciones del material, aunque, a pesar de esto, no llegan a superar el 5% de la zona cuadrículada con presencia de descamación.

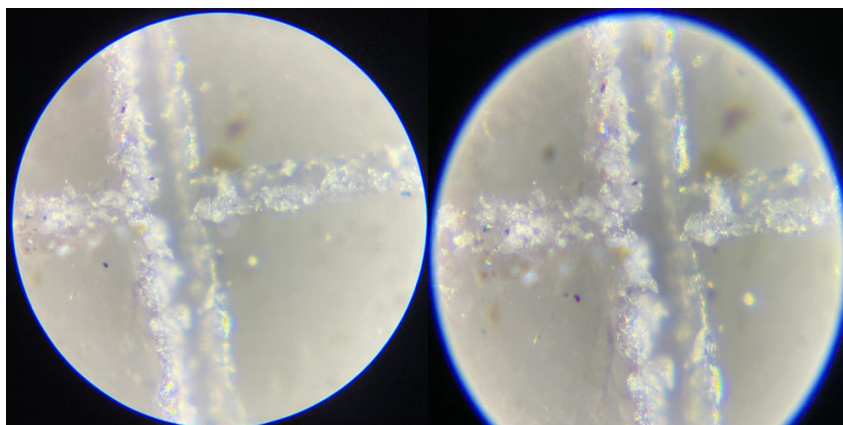


Figura 7-17 Corte enrejado X2 zoom x200 y x250

7.1.3.3.3 Fórmula X3

En esta formulación (Figura 7-18), se muestra con detalle la descamación de los bordes de las incisiones. A su vez, las intersecciones no presentan una forma definida por el enrejado de las cuchillas. El arrastre de material es superior a las formulaciones pasadas y la continuidad de las líneas se ven afectadas. Se considera que el área afectada es mayor que en el caso anterior, por lo que se ve involucrada una zona con el área enrejada superior al 5% pero inferior al 15%, por tanto, entra a tallar en la categoría 2.

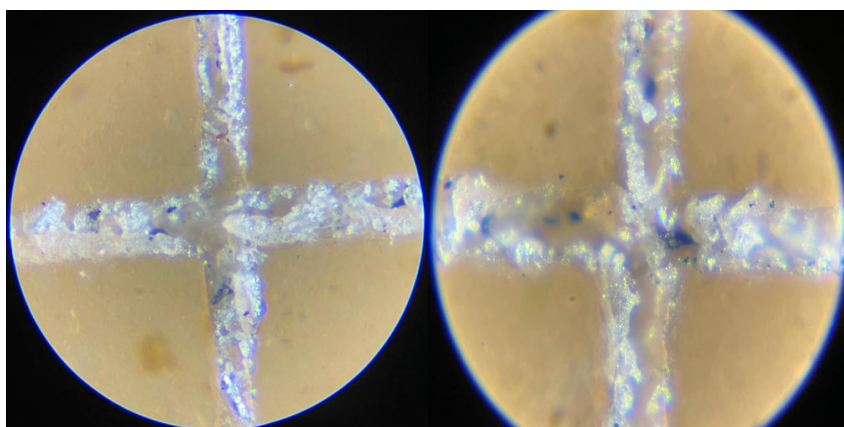


Figura 7-18 Corte enrejado X3 zoom x200 y x250

7.1.4 Dureza

Un ensayo de dureza en las pinturas busca determinar la resistencia de una película de pintura a la abrasión, el rayado o el desgaste. Este tipo de ensayo es importante para evaluar la calidad de las pinturas, ya que una pintura con una baja dureza es más propensa a sufrir daños, lo que puede afectar su apariencia y su capacidad para proteger la superficie que cubre.

Los resultados del ensayo de dureza pueden determinar la durabilidad de sus productos, así como a identificar posibles mejoras en la formulación de las pinturas. También son útiles para los consumidores, ya que les permite seleccionar pinturas de alta calidad y durabilidad para sus proyectos de pintura.

Como ya ha sido mencionado anteriormente, se realizará el ensayo de dureza del lápiz, por lo que se resumirá la dureza según la escala mostrada en puntos anteriores.

Para el desarrollo de este ensayo, la escala será simplificada en cuatro durezas, una perteneciente a cada subtítulo de dureza otorgado, es decir, blando (6B), duro negro (B), firme (3H) y Duro (6H). Dichas durezas serán otorgadas en caso la película de pintura sea capaz de resistir, sin deformación plástica, la presión sometida por el lápiz.

Es importante reseñar que, para la optimización del espacio, se han colocado las imágenes en parejas, operando siempre el siguiente patrón: las dos primeras imágenes se refieren a las menores durezas y las siguientes dos a las de mayor dureza, considerando el inicio siempre a la izquierda.

7.1.4.1 Pinturas ecológicas

Al igual que en el proceso anterior, para el desarrollo de este ensayo hace falta tener una capa ya solidificada y seca, de tal manera que las propiedades de la mina del lápiz puedan someter presión sobre la película de pintura.

Se procuró el ensayo tras el curado de las pinturas para intentar optimizar las oportunidades de dureza. Se mantuvo la mínima fuerza de mina para la comprobación.

7.1.4.1.1 Fórmula O1

La solidificación de la capa no se concretó correctamente, siendo incapaz de resistir a la presión ejercida por el lápiz. Esta fórmula queda descartada del proceso de este ensayo debido a la falta de secado de la película.

7.1.4.1.2 Fórmula O2

Se puede apreciar (Figura 7-19) un desgarramiento total de la película de pintura dejando dar protección al sustrato. Se le otorga la mínima dureza, aunque no haya aguantado a la estudiada.

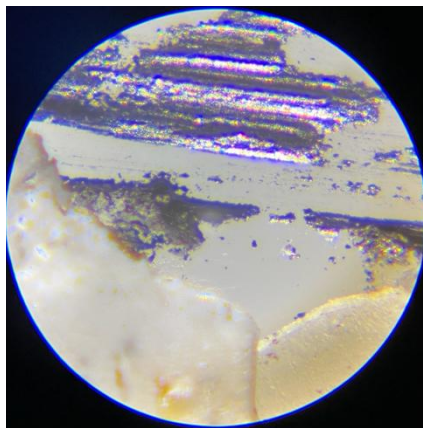


Figura 7-19 Dureza 6B en fórmula O2
zoom x200

7.1.4.1.3 *Fórmula O3*

El desgarro de material es total y la superficie del material a recubrir ha quedado descubierta. No se considerarán más pruebas debido a que se ha utilizado el menor de las durezas y no ha sido capaz de soportar (Figura 7-20). No se le puede otorgar la dureza mínima evaluada, blando, 6B.

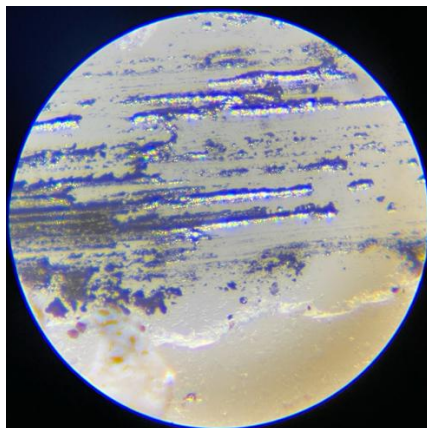


Figura 7-20 Dureza 6B en fórmula O3
zoom x200

7.1.4.1.4 *Fórmula O4*

Se puede observar que, en las primeras dos durezas a estudiar, es decir negro (6B) y duro negro (B), tiene ya un desgarro total de la película, no soportando el paso del grafito sobre la superficie. Se puede ver el sustrato, cristal transparente, (Figura 7-21) y las pequeñas partículas del lápiz sobre el mismo. No se continuará evaluando las demás durezas debido a que no soporta la menos de las utilizadas. Se le otorgará la menor de las dos durezas estudiadas, blando, 6B.

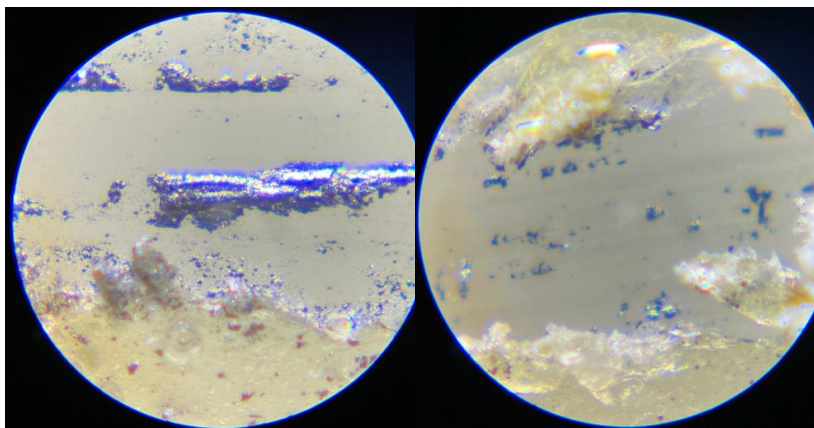


Figura 7-21 Durezas 6B y B en fórmula O4 zoom x200

7.1.4.2 *Pinturas Poliuretano*

A primera instancia, se puede observar una pintura rugosa, con asperezas y resistente. El secado es relativamente rápido, en comparación con las ecológicas. La tonalidad oscura y opaca da una sensación de resistencia al sustrato bastante elevada. Se comprobará a continuación.

7.1.4.2.1 *Fórmula YI*

En la Figura 7-23, se puede observar el desgaste superficial y los residuos de grafito provenientes de lápiz. Asimismo, se pueden ver leves desprendimientos de las partículas de la carga, aunque no es un daño considerable a la película, siendo por tanto apto en las primeras dos resistencias por lo que se le otorga la de mayor prestación que es la representante de la subdivisión “duro negro”, B.

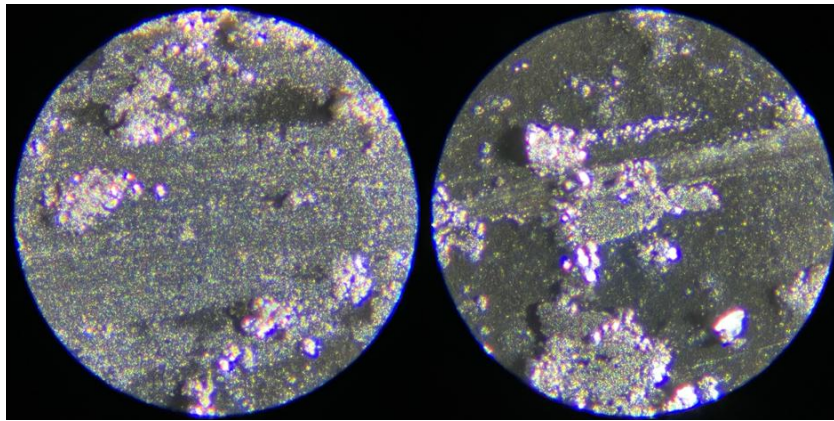


Figura 7-23 Durezas 6B y B en fórmula Y1 zoom x200

Por otro lado, en el caso de las siguientes dos durezas (Figura 7-22), ya podemos ver un desgaste más considerable. En primer lugar, hablando de la dureza “firme”, vemos unas pequeñas grietas producidas por la presión del lápiz. A su vez, se puede ver el arrastre de material y el desprendimiento de este a lo largo de la trayectoria, debilitando la pintura y no siendo apto en esta dureza, y por tanto tampoco en la siguiente.

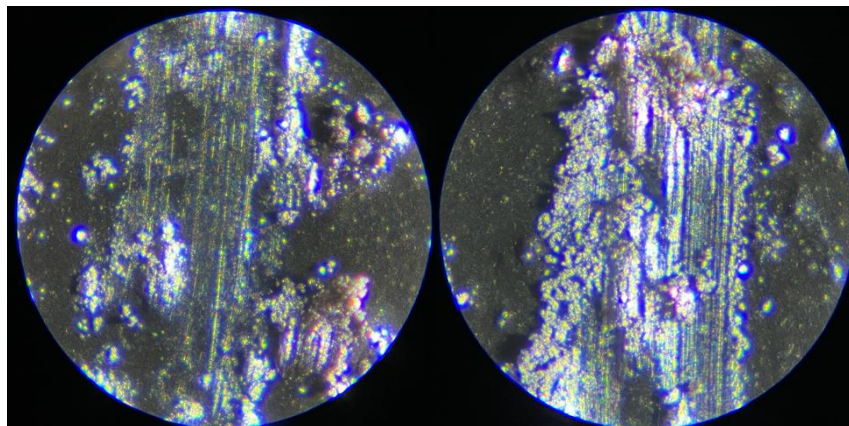


Figura 7-22 Durezas 3H y 6H en fórmula Y1 zoom x200

Se le otorga la dureza “duro negro” B.

7.1.4.2.2 Fórmula Y2

Los daños superficiales son mínimos. Se pueden observar algunos daños superficiales debido a la aspereza de la superficie y el contacto de esta con el grafito (Figura 7-24). Las rayas mostradas en ambas imágenes no son perturbaciones a la superficie sino son pequeñas imperfecciones en el pintado de la pintura además del rozamiento entre el lápiz y los granos de concha. Se considera apto ante dureza “duro negro”, B.

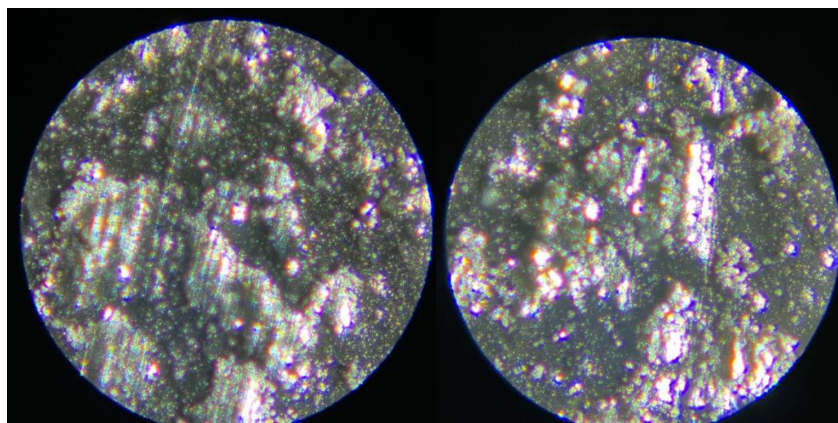


Figura 7-24 Durezas 6B y B en fórmula Y2 zoom x200

Se muestra largas translucencias hacia el cristal (Figura 7-25), dejando cavidades y falta de protección al sustrato. No presenta una resistencia elevada en cuando a estas durezas de lápiz. Se considera no apto para las durezas mayores a “duro negro” B.

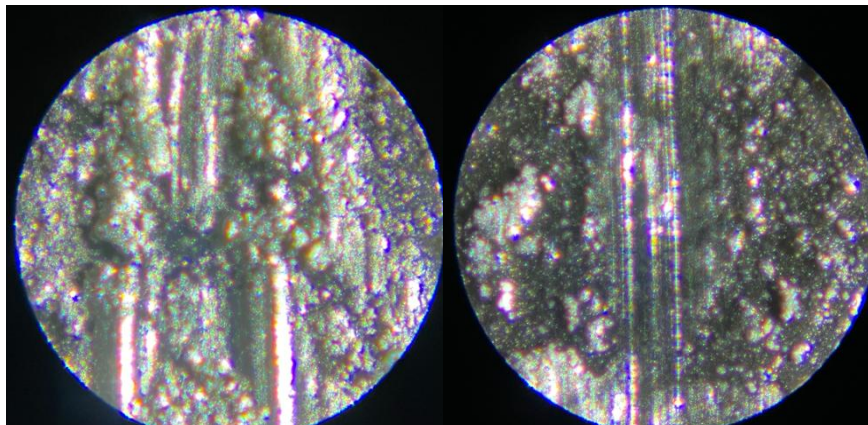


Figura 7-25 Durezas 3H y 6H en fórmula Y2 zoom x200

7.1.4.2.3 Fórmula Y3

En la Figura 7-26, se ve una mayor zona de rozamiento con el lápiz. Las rayas mostradas ambas imágenes son producto del paso del grafito por encima de las cargas de la pintura. Esto puede dar cabida a la formación de perforaciones en la película mostrando falta de resistencia en la pintura.

Al no ser la película en sí afectada, sino que solo es el rozamiento, además de no mostrar deformación plástica en la superficie, se considera apto en la dureza mayor de ambas, es decir “duro negro” B.

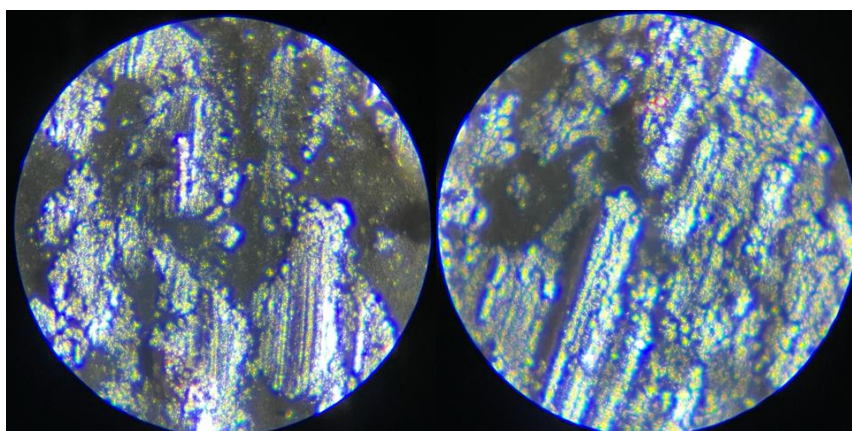


Figura 7-26 Durezas 6B y B en fórmula Y3 zoom x200

Por otro lado, en la Figura 7-27, se puede observar que en mayores durezas vuelve a mostrar el mismo patrón, siendo afectadas las partículas más resaltantes de la pintura y no la zona más plana de la misma. Las partículas sobre salientes generan una protección a la verdadera película, resguardando la superficie del contacto directo con el grafito. Se puede considerar que supera ambas resistencias ya que no muestra una deformación plástica la zona lisa y no traspasa y daña al sustrato, aunque en la máxima dureza evaluada si presenta ciertas perforaciones superficiales. Se muestra apto en la dureza superior a “duro negro” es decir “firme”, 3H.

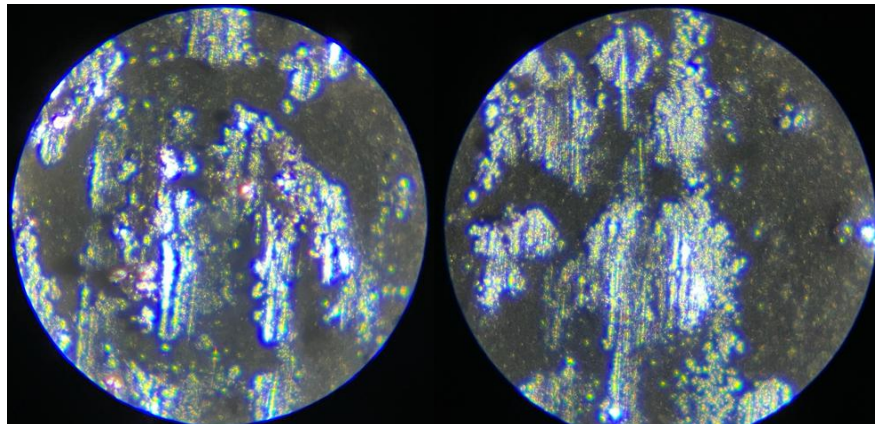


Figura 7-27 Durezas 3H y 6H en fórmula Y3 zoom x200

7.1.4.3 Pinturas Epoxi

Al tener una apariencia plástica pareciera carecer de la resistencia necesaria para pasar el ensayo, aunque la rapidez de secado nos pudo comentar lo contrario. Se contrastará la hipótesis a continuación.

7.1.4.3.1 Fórmula X1

La Figura 7-28 presentada no muestran un daño considerable en la superficie. La solidez de la película ha hecho que sea capaz de aguantar la presión ejercida por el lápiz en ambas durezas. No presenta deformación plástica considerable, simplemente muestra una rayadura microscópica, casi inapreciable.

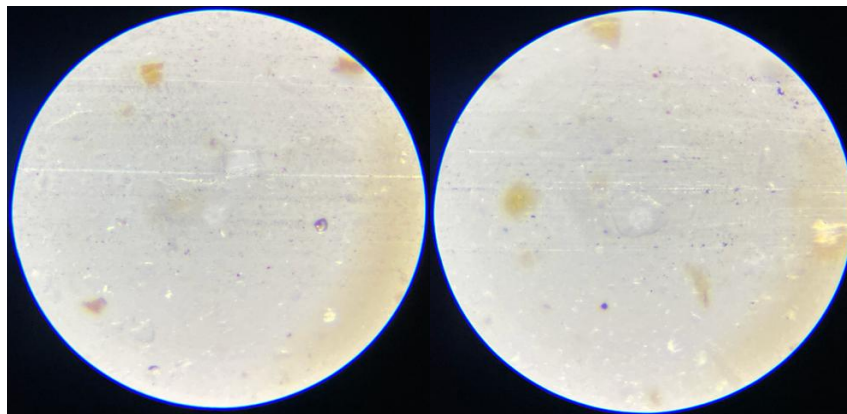


Figura 7-28 Durezas 6B y B en fórmula X1 zoom x200

Se muestra un mayor desgaste superficial. En la Figura 7-29 parte izquierda, se puede la huella producida por la presión, aunque no llega a ser considerable por lo que no se puede descartar la resistencia a dicha dureza. Por lo contrario, en la segunda imagen ya se puede apreciar un desgarro de superficie, por lo que ya se muestra una deformación plástica y pérdida de material. El desempeño de esta pintura adquiere una resistencia de “firme” 3H, siendo la mayor de las escalas utilizadas.

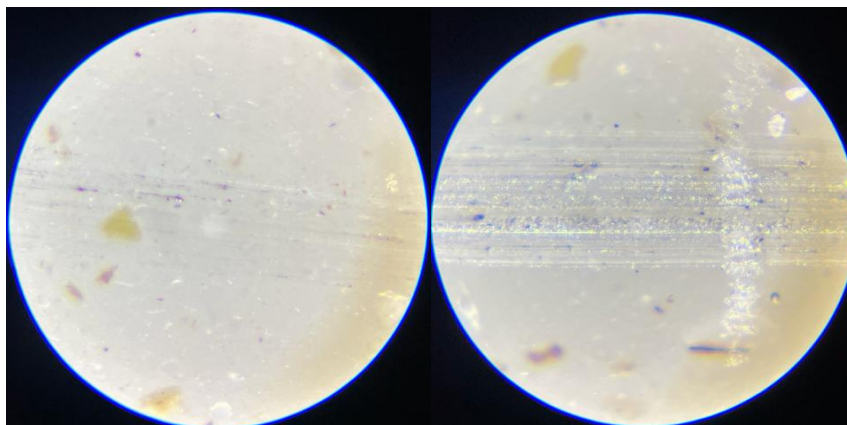


Figura 7-29 Durezas 3H y 6H en fórmula X1 zoom x200

7.1.4.3.2 *Fórmula X2*

Las resultantes producidas por lápices blandos y de poca dureza son insignificantes. No hay marcas reseñables a lo largo de la pintura por lo que resiste a estas categorías (Figura 7-30).

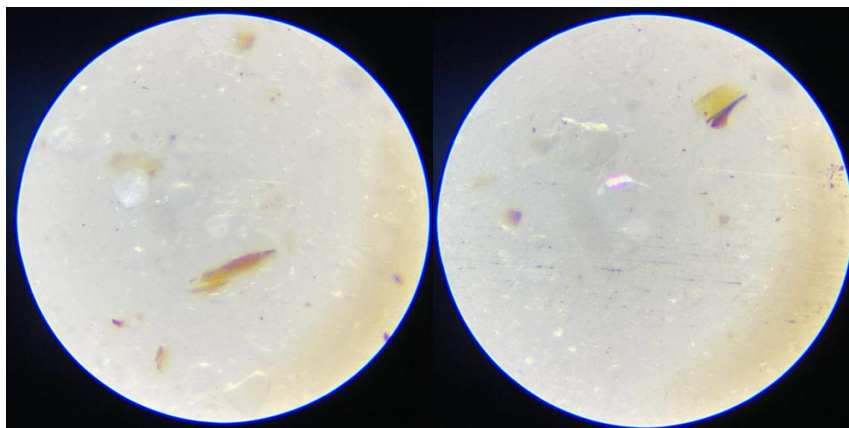


Figura 7-30 Durezas 6B y B en fórmula X2 zoom x200

Al aumentar la dureza del grafito, comenzamos a apreciar rayones que comienzan a ser significativos en comparación a los anteriores (Figura 7-31). En el caso de la dureza “firme” de 3H, vemos una pequeña raya, que no desplaza material, aunque comienza a deformar al material. Por otro lado, en la dureza “duro” 6H, ya deja restos de desgarre de material e imperfecciones en la superficie.

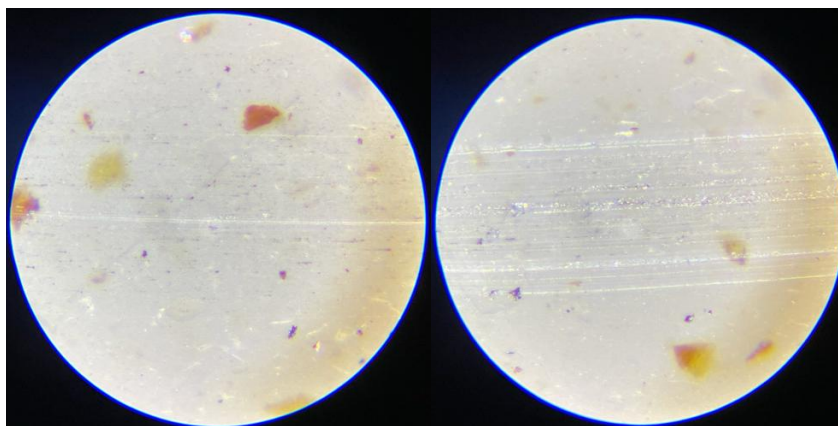


Figura 7-31 Durezas 3H y 6H en fórmula X2 zoom x200

Se considera que la dureza de esta formulación es “firme” 3H.

7.1.4.3.3 *Fórmula X3*

Al igual que las anteriores formulaciones de Epoxi, no presentan variaciones en la capa (Figura 7-32).

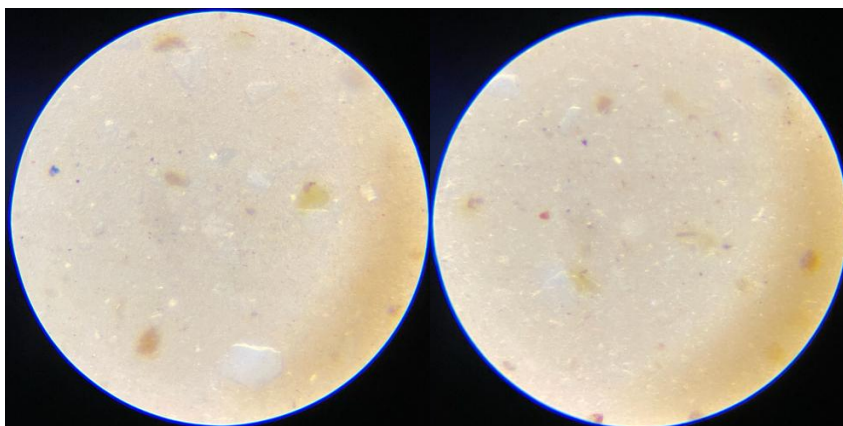


Figura 7-32 Durezas 6B y B en fórmula X3 zoom x200

Finalmente, los resultados obtenidos son muy similares a los anteriores. El desgarro de material es nulo o inapreciable (Figura 7-33). No afectará a la resistencia de la película. Además, a pesar de que sufre en la dureza máxima evaluada (imagen de la derecha), soporta correctamente al ensayo implementado. Presenta una alta resistencia, siendo por tanto otorgado dureza “duro” 6H.

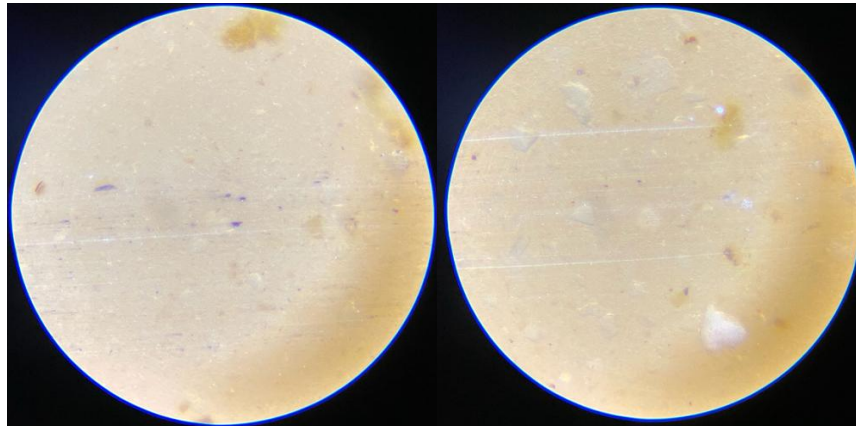


Figura 7-33 Durezas 3H y 6H en fórmula X3 zoom x200

7.2 Ensayos en pintura comercial

Al ser una pintura ya testeada y ensayada, se conoce los datos según la ficha técnica [32]. A pesar de esto, a continuación, se le aplicarán los mismos ensayos a la pintura comercial para su futura comparación con las formulaciones expuestas anteriormente.

7.2.1 Arrastre

En esta pintura, al echar las gotas del disolvente se puede apreciar un ligero arrastre de material, aunque no es muy apreciable. Los 11 grados de inclinación generan el arrastre apreciable al ojo humano, lo que sí es perceptible a la lupa de aumento (Figura 7-34). Por otro lado, en el caso de sobrepasar una varilla de vidrio sobre la zona impregnada, el levantamiento ofrece resistencia, aunque se llegaron a producir pequeñas cavidades que facilitan el ingreso de líquidos a la película disminuyendo la adherencia al sustrato.

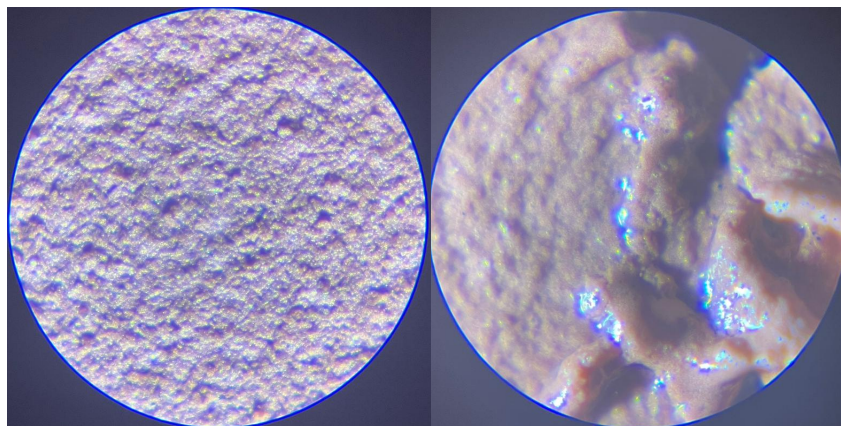


Figura 7-34 Antes y después formulación comercial zoom x200

7.2.2 Resistencia

Los resultados del ensayo se obtienen con precisión la descamación formados en los bordes de las intersecciones, además de la zona de encaminamiento de las cuchillas (Figura 7-35). Asimismo, las intersecciones no muestran una compostura definida por el corte. La continuidad de las líneas se ven afectadas. Se considera que el área afectada es alta debido a que se ve involucrada una zona con el área enrejada superior al 5%, las esquinas no se conforman apropiadamente y según el tablero de comparación

muestran imágenes de alta similitud a las referidas a continuación, aunque inferior al 15%, por tanto, entra a tallar en la categoría 2.

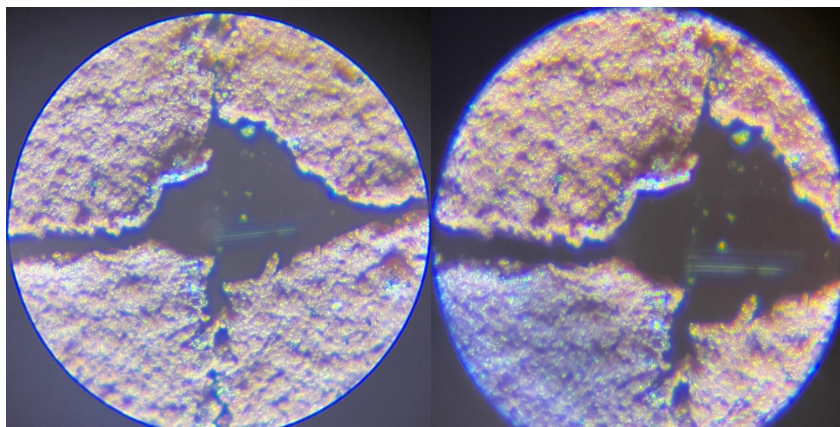


Figura 7-35 Corte enrejado comercial zoom x200 y x250

7.2.3 Dureza

En la experimentación con esta pintura se puede observar que, en la primera de las dos durezas evaluadas, siendo la menor dureza de mina de lápiz, es decir negro (6B) y, posteriormente, duro negro (B), tiene ya un ligero desgarre de la película, soportando el paso del grafito sobre la superficie (Figura 7-36). Las hendiduras provocadas por el carrito de ensayo son supuestas de la fatiga expuesta por el propio peso del aparato. Las muescas sobre la superficie de la pintura son parte de la forma del grafito, dejando ya una deformidad sobre la película.

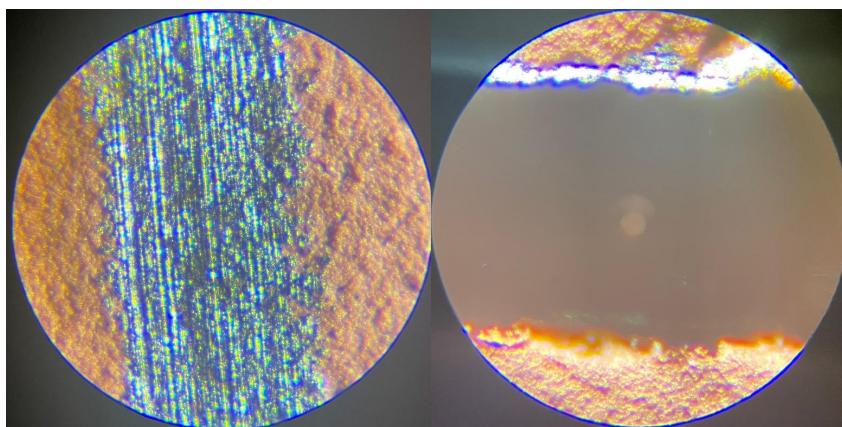


Figura 7-36 Durezas 6B y B en pintura comercial zoom x200

En el segundo caso evaluado, la película rompe, dejando ver el sustrato y las pequeñas partículas del lápiz sobre el mismo. Se considera no aumentar la dureza del lápiz debido a que no soporta las menores durezas seleccionadas. Al resistir la mínima dureza puesta en estudio, a pesar de la deformidad provocada por el ensayo, se le otorgará la menor de las dos durezas estudiadas, blando, 6B.

7.3 Ensayos en pinturas Epoxi y Poliuretano sin la carga de mejillón

A continuación, se verá los ensayos aplicados a las formulaciones pasadas sin carga de polvo de mejillón, para ver la progresión positiva o negativa que han tenido debido a la carga.

7.3.1 Epoxi sin carga

La combinación de esta formulación viene regulada por el fabricante, donde se menciona que, de 160 gramos, 100 deben ser del componente A y 60 del B, de tal manera que se formuló en base a esos porcentajes.

Esta pintura, a pesar de ser conocida por su rápido secado, ha presentado un lento secado al tacto, a comparación con las formulaciones con carga. En cuanto al color, mantiene un color transparente y brillante.

7.3.1.1 Arrastre

Debido a la transparencia de la pintura, no se ha podido constatar a través de imágenes el arrastre producido por el disolvente. A pesar de ello, físicamente se puede ver un desgaste de la capa por donde pasa el disolvente, además de arrastrar material en dirección en la que fluye.

7.3.1.2 Resistencia

En esta pintura (Figura 7-37), se muestra con detalle la descamación de los bordes de las incisiones. A su vez, las intersecciones presentan una forma indefinida por el enrejado de las cuchillas. No se presentan esquinas definidas y los desprendimientos son continuos. Se produjo arrastre de material por los cortes, por lo que la continuidad de las líneas se vio afectadas. Se considera que el área afectada es mayor que en el caso anterior, por lo que se ve involucrada una zona con el área enrejada superior al 5% pero inferior al 15%, por tanto, entra a tallar en la categoría 2.

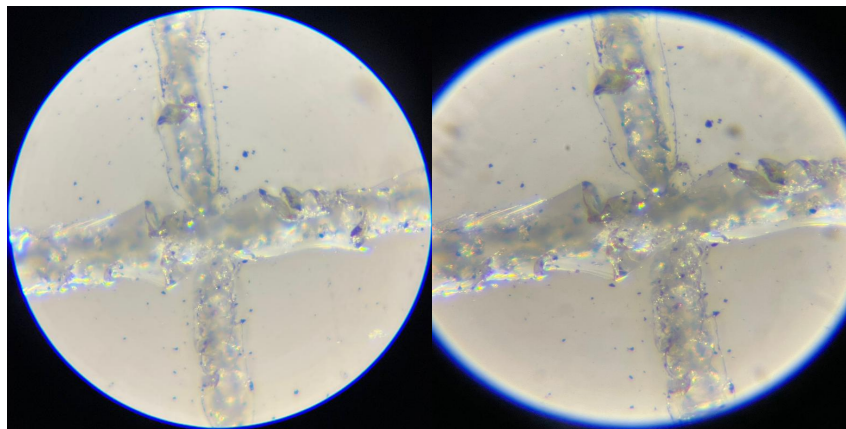


Figura 7-37 Corte enrejado Epoxi sin carga zoom x200 y x250

7.3.1.3 Dureza

Los daños superficiales son ínfimos. En la parte izquierda de la Figura 7-38, se observan un pequeño rayón, considerado como daños superficiales. Las rayas mostradas en la segunda imagen no son deformaciones en la superficie. Se puede comenzar a ver que la película se ve afectada por la presión del lápiz. Se considera que las imperfecciones generadas en la película no son lo suficiente como para que sea considerado no resistente a las durezas actuales (6B y B), por lo que es apto ante dureza mayor, “duro negro”, B.

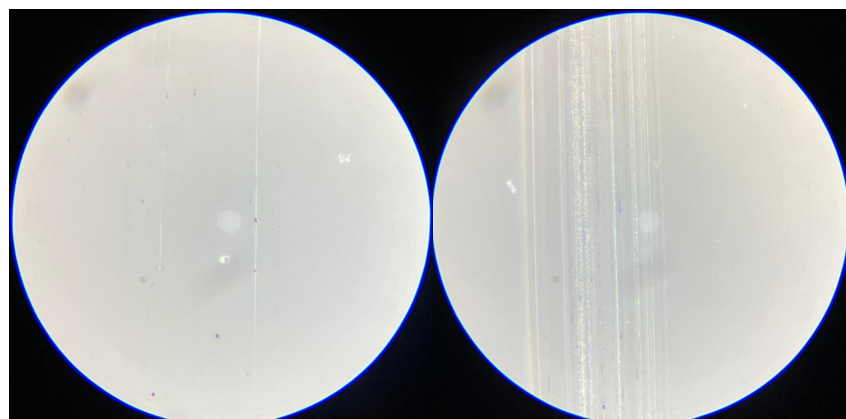


Figura 7-38 Durezas 6B y B en pintura Epoxi sin carga zoom x200

En consonancia con lo expuesto anteriormente, se puede ver que, al aumentar la dureza, la deformación aumenta, de tal manera que, con la máxima dureza evaluada, 6H, se ve un arranque de material considerable. La perforación dentro de la película ya es considerable, por lo que no llega a cumplir dentro de dicha dureza (Figura 7-39). Sin embargo, para la dureza directamente inferior de las estudiadas se ve lo contrario, de modo que, a pesar de las rayas producidas no se ve mayor arranque de material que con durezas 6B y B, por lo que sí es apto para esa dureza 3H. Finalmente, al no ser apto en la dureza 6H, se le concederá la mayor de las durezas ensayadas que sean aptas, siendo esta la dureza 3H.

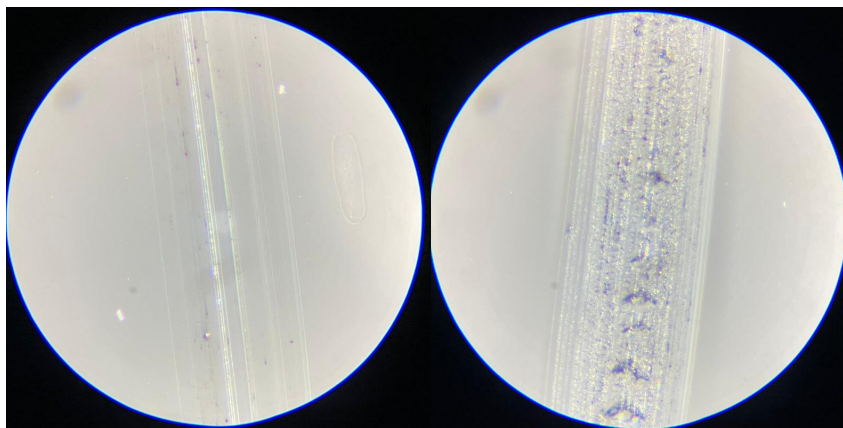


Figura 7-39 Durezas 3H y 6H en pintura Epoxi sin carga zoom x200

7.3.2 Poliuretano sin carga

En este caso, las proporciones de componente A y B no vienen indicados por lo que se siguió las formulaciones anteriores con carga, pero está vez sin aplicarle la carga, elaborando 30 gramos de pintura donde 25,8 gramos es de componente A y 4,2 gramos del B.

La pintura presenta una brillantez mayor a las de mismo componente con carga, aunque el secado se produce más lento. Fuera de estos detalles visuales, el comportamiento general es el mismo.

7.3.2.1 Arrastre

En la comparativa de antes y después del paso del disolvente (Figura 7-40), se muestra unas pequeñas deformaciones en la película, de tal manera que, se levanta la capa de pintura generando burbujas. Por otro lado, al pasar cualquier sólido por encima de la capa humedecida por el disolvente, esta se desprende del sustrato sin mostrar resistencia. El arrastre de material es apreciable, ya que se ve una disminución del grosor de la película, aumentando tanto a los lados del canal de disolvente como en el final del pintado.

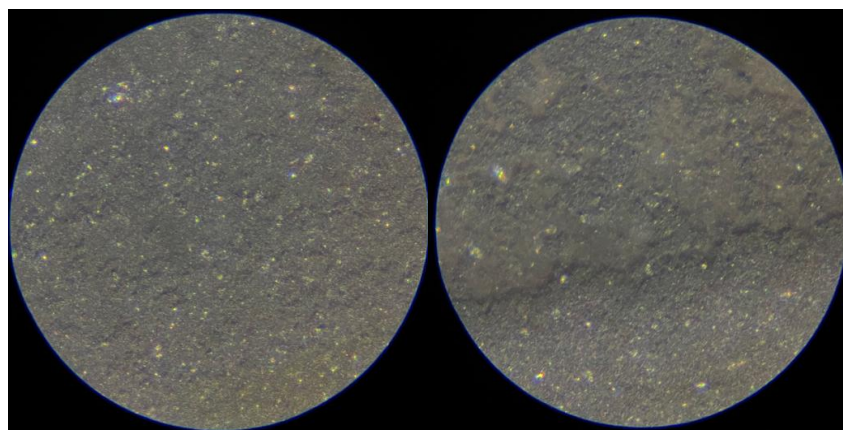


Figura 7-40 Antes y después Poliuretano sin carga zoom x200

7.3.2.2 Resistencia

En esta pintura (Figura 7-41), no se apreció una descamación aparente. Los cortes realizados mostraron solidez y rectitud. Las intersecciones son firmes y mantienen el aspecto de la zona cuadriculada sin presencia de descamación. Los bordes de las incisiones son perfectamente lisos, aunque hay algunos cuadrados no reseñados en las imágenes que mostraron ligeras descamaciones, aunque por lo general, la imagen representa la mayoría de los cortes. El área de enrejado afectada es inferior al 5%, por lo que corresponde a la categoría 1.

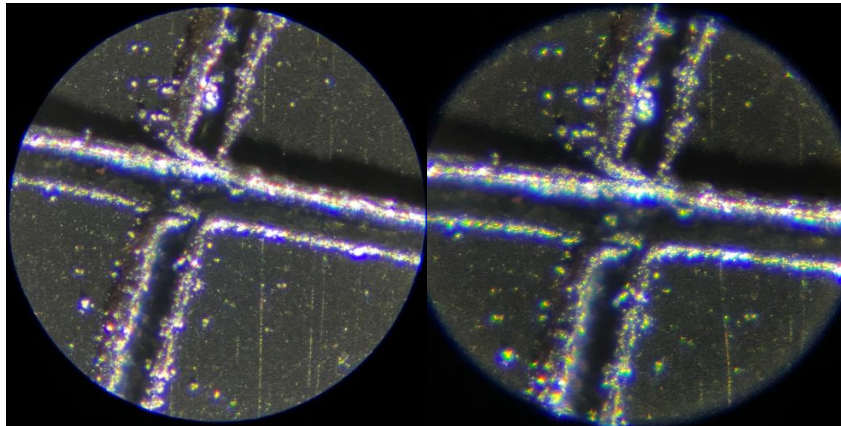


Figura 7-41 Corte enrejado Poliuretano sin carga zoom x200 y x250

7.3.2.3 Dureza

En la comprobación de la dureza, el poliuretano sin carga reaccionó correctamente. Se puede notar que, para las dos primeras durezas, la película aguantó el paso del grafito (Figura 7-42). A pesar de esto, la deformación y pérdida de material fue considerable, de tal manera que, al paso del lápiz, este desplazaba cierta cantidad de pintura. El sustrato no fue descubierto hasta el ensayo con la tercera dureza, por lo que a la presente pintura se le concederá una dureza de duro negro (B), por ser la última en soportar.

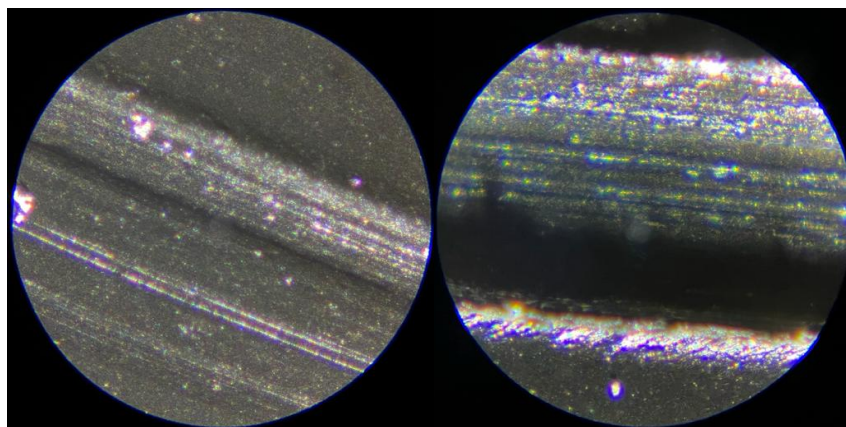


Figura 7-42 Durezas 6B y B en pintura Poliuretano sin carga zoom x200

7.4 Tabla comparativa

Durante el desarrollo del presente trabajo se han ido apreciando situaciones adversas que hay ayudado a descartar las alternativas que se han estudiado, siendo los principales motivos la falta de secado y los resultados mínimos para su uso como pintura comercial.

A pesar de estas condiciones, se ha procurado realizar el mayor número de ensayos a las formulaciones, de tal manera que haya un acto empírico de por medio que garantice que realmente no se puede aplicar el ensayo o que marca un resultado muy por debajo de los otros evaluados.

A continuación, se resaltarán las opciones descartadas con el fin de que no sean contempladas en el cómputo global de comparación que será expuesto a continuación (Tabla 7-2).

Fórmula	Vehículo fijo	Tamaño de partícula	Viscosidad (segundos)	Composición	Descarte
O1	Aceite de Linaza Crudo	75 μm	13,39"	Aceite de Linaza crudo Disolvente ecológico Concha de mejillón	Muy líquida No seca
O2	Aceite de Linaza Cocido	75 μm	16,95"	Aceite de Linaza cocido Disolvente ecológico Concha de mejillón	No seca
O3	Aceite de Linaza Cocido	75 μm	17,47"	Aceite de Linaza cocido Disolvente ecológico Concha de mejillón	No seca en su totalidad

Tabla 7-2 Tabla de descartes

Con estos descartes, se procederá a adjuntar en la Tabla 7-3 las distintas formulaciones y sus resultados frente a los distintos ensayos aplicados. Con este cuadro se busca ver las características de cada una de las formulaciones teniendo en cuenta que las pinturas deberán presentar el menor arrastre posible, en cuanto al ensayo del disolvente; deberá mantener el mínimo de número de categoría en el corte enrejado, ya que presentará menos descamación; y en cuanto la dureza del lápiz, cuanto mayor sea, es decir más próximo a 6H (siguiendo el orden de dureza de 6B, B, 3H y 6H, sabiendo que 6B es el menor y 6H el de mayor dureza), será una pintura más versátil para cualquier empleo y por tanto de mayor utilidad general.

Formulación	Vehículo	Tamaño de partícula	Composición (concha de mejillón)	Viscosidad (segundos)	Ensayos		
					Arrastre	Corte enrejado	Lápiz (6B a 6H)
O4	Aceite de Linaza Cocido	75 μm	Aceite de Linaza cocido Disolvente ecológico	17,31"	Sí	2	<6B
X1	Resinpro Epoxi	100 μm	Componente A Epoxi Componente B Epoxi	27,13"	Sí (arrastre ligero)	1	3H
X2	Resinpro Epoxi	100 μm	Componente A Epoxi Componente B Epoxi	28,63"	Sí (arrastre muy ligero)	1	3H

X3	Resinpro Epoxi	100 µm	Componente A Epoxi Componente B Epoxi	45,30"	Sí (arrastre muy ligero)	0	6H
Y1	Poliuretano as satinado	100 µm	Componente A Poliuretano Componente B Poliuretano	92,42"	Sí	2	B
Y2	Poliuretano as satinado	100 µm	Componente A Poliuretano Componente B Poliuretano	Demasiado viscoso	Sí	2	B
Y3	Poliuretano as satinado	100 µm	Componente A Poliuretano Componente B Poliuretano	Demasiado viscoso	Sí	2	B
Pintura Comercial							
Formulación S 4040-Y80R					Sí	2	6B
Epoxi sin carga					Sí	2	3H
Poliuretano sin carga					Sí	1	B

Tabla 7-3 Tabla de formulaciones y ensayos

Esta tabla nos muestra tres comparativas:

En cuanto a la comparativa con la pintura comercial, las formulaciones con cargas de mejillón, a excepción de las ecológicas, presentan mejores capacidades según los ensayos aplicados, siendo en todo momento más resistentes (ensayo del corte enrejado) y con mayor dureza (ensayo del lápiz).

En cuanto a la comparativa Epoxi, con y sin carga, los resultados han mostrado una mejoría en lo que a resistencia respecta. No obstante, en cuanto a dureza, en las formulaciones X1 y X2, se mantuvo la dureza propia de la propia formulación sin carga, aunque en la formulación X3 se estimó oportuno conceder una categoría superior debido a los daños ínfimos causados por el lápiz a la película.

Por otro lado, en cuanto a la comparativa del Poliuretano, en los aspectos de dureza, se ha mantenido, no mostrando resultado aparente la implementación de partículas de carbonato cálcico. Sin embargo, en el aspecto de resistencia, mostró un detrimento con respecto a su homónimo sin carga, mostrando una mejor resistencia en los casos que no se agrega concha de mejillón.

En todos los casos, la formulación ecológica presentó carencias en los tres aspectos evaluados. Estos pueden deberse a la falta de saco y posterior curado, aunque se ha estimado que, si se logró, para el caso O4, un secado al tacto correcto.

8 FACTOR ECONÓMICO EN LA ELABORACIÓN DE LAS PINTURAS Y ESTUDIO

Es importante estudiar y analizar las distintas propuestas según el costo que recae en el fabricante. A continuación, se desglosará someramente los costos aproximados que se ven inmersos en la elaboración de las formulaciones anteriormente expuestas, además de hacer una breve comparativa es cuanto este aspecto.

8.1 Obtención y procesado de la concha de mejillón

La obtención de las conchas de mejillón no es de gran dificultad, para ser más claro, estas pueden ser recicladas de los desechos orgánicos cedidos por algún restaurante que utilice este producto del mar. Es más, la empresa Ecocelta [34] trabaja con el propio sector mejillonero y con estos residuos desde el año 2017, con el fin de afianzar su compromiso de reutilizar las conchas de mejillón, en este caso para la elaboración de abono.

Sin embargo, en la elaboración de este escrito, se ha obtenido las conchas de mejillón de una pequeña reserva de la Universidad de Vigo. A su vez, estas conchas de mejillón ya habían sido puestas bajo el proceso de molienda y trituración por lo que se ha utilizado polvos ya diferenciados por los diferentes tamaños de granos. Por otro lado, la granulometría cedida no es la necesaria para el trabajo, es decir, supone una práctica de tamizado a escala de los distintos polvos de mejillón.

El proceso de tamizado no es un proceso costoso sino tedioso y largo. La búsqueda de la mejor obtención del tamaño de grano se garantiza con la escala mencionada, en otras palabras, en reducir gradualmente el tamizador.

Sin considerar el costo de los materiales, que son propios de la Universidad de Vigo y del Centro Universitario de la Defensa (CUD), los costes de obtención de la concha de mejillón y su procesado en el polvo requerido se mantiene en un total de 0 €.

Es preciso reseñar que los tamizadores y utensilios dentro del procesado de las futuras cargas son costos fijos, en cambio, las conchas de mejillón se pueden considerar como un activo de costo variable debido a la obtención de estos, ya sea por compra o por reciclaje. Para efectos prácticos y didácticos, se tomará como referencia como se han obtenido en esta situación, por tanto, será efectiva la primera situación en la que el coste de las conchas de mejillón es nulo.

8.2 Costo de otros componentes de la formulación

En el caso de las formulaciones con base en fluidos Epoxi, el coste del principal exponente son las botellas de Resinpro, que mantiene un costo de 48,45 € por 750 mililitros.

Para las fórmulas derivadas de Poliuretano, se puede obtiene un total de 29,31 €, por 750 mililitros, por las latas de Poliuretano as satinado.

Finalmente, en el caso de las pinturas dispuestas de materiales ecológicos, los compuestos utilizados se resumen en los aceites y el disolvente ecológico. En cuanto a los aceites, el crudo costo, por 5 litros, 32 €, lo que son 4,8 € por 750 mililitros, y el cocido, por la misma cantidad, 7,82 €. Por otro lado, el disolvente ecológico, por 1 litro, costó 8,90 €.

8.3 Costos adicionales

En estos costos se adiciona las piezas no compradas, es decir que fueron elaboradas por y para el desarrollo de este trabajo, y tienen el fin de poder ensayar la pintura para que pueda ser avalada por alguna normativa, certificando que cumple con los estudios y características parametrizadas por documentos competentes en el ámbito. Se asumirá que los demás utensilios para el estudio de la pintura serán otorgados por una entidad mayor, como puede ser el CUD. Este caso se habla de los aplicadores

cuadrangulares, diseñados por el profesor Casqueiro, del Centro Universitario de la defensa, y puesto en impresión por el redactor del presente TFG. Estos costes se mantendrán fijos para todas formulaciones para cuestiones prácticas. Los costes de elaboración son los siguientes:

Se considera que el material utilizado será PLA donde el relleno es del 20%, suponiendo un total de 13 gramos, 1,75 metros. Con el coste actual del mercado (13 de febrero), el costo del PLA se encuentra entorno a los 10 € el kilogramo, de tal manera que, calculando al peso requerido para la pieza, son aproximadamente 0,13 € por pieza (sin considerar el costo energético).

8.4 Costos de pinturas comerciales

El precio de una pintura comercial utilizada ronda alrededor de 15,90 € por cada 750 mililitros, dependiendo de la marca variará.

8.5 Cuadro de costos

La presente comparativa busca agrupar los diferentes gastos en cuanto a la fabricación de las formulaciones expuesta y los utensilios fabricados a raíz de estas, es decir, lo necesario para su pintado óptimo (Tabla 8-1). Por otro lado, esto no quiere decir que ese sea el precio total, hay diversos factores volátiles que variarán el precio de fabricación, pero se quiere representar el costo que ha tenido en esta ocasión con respecto al costo de un producto en el mercado.

Se sabe, a su vez, que el precio de las pinturas comerciales suele variar dependiendo de la marca, propósito y situación del momento, pero se referenciará al momento de adquisición de estas.

Por último, como ya se ha mencionado anteriormente, se asumirá el costo de las cargas de las formulaciones propias como nulo ya que son reciclados o cedidos (de manera que también son restos no usados). La impresión 3D de objetos se tendrá en cuenta para asumir un costo dentro del estudio de las pinturas, aunque es cierto que no es un implicado directo de las mismas.

	Conchas de mejillón	Componentes (750 ml)	Adicionales
Epoxi	0 €	48,45 €	0,13 €
Poliuretano	0 €	29,31 €	0,13 €
Ecológico	0 €	13,7 € / 16,72 €	0,13 €
Comercial		15,90 €	

Tabla 8-1 Tabla de costes

9 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

9.1 Resumen compilatorio

En el marco del desarrollo de los trabajos de fin de grado, el presente se realizó a lo largo del tiempo comprendido entre los meses de diciembre a marzo, tanto en las instalaciones de la Escuela Naval Militar (laboratorio de investigación) así como en casa.

Se estableció un formato de seguimiento, el cual ayudaría al lector a mantener siempre en mente la progresión que han que seguir para realizar el proceso de adecuación y formulación de pinturas; es por esto por lo que se siguieron los siguientes hitos:

1. En primer lugar, la importancia de adecuar y saber los materiales a utilizar previo al desarrollo del trabajo es sumamente útil, por lo que se optó a elaborar una previsión de los materiales a utilizarse, pesando, tamizando y manteniendo siempre en constante cuidado (evitando humedad o factores externos perjudiciales) los involucrados en el proceso.
2. Se seleccionaron las formulaciones que se iban a realizar, diez en total, de tal manera que se cogieron tres vertientes. La primera derivada de Epoxi; la segunda con compuestos de poliuretano; y la tercera buscaba mantener un factor ecológico elevado para la elaboración de una pintura ecológica en su totalidad. La finalidad de estas elecciones no era simplemente elaborar una pintura cualquier sino comprobar que dentro de las mismas formulaciones se utilice los residuos marinos como cargas y comprobar su desempeño.
La pintura ecológica, además de comprobar lo anteriormente mencionado, buscaba priorizar también que se mantenga esa calidad orgánica de los materiales, de tal manera que se minimice los residuos contaminantes de las pinturas convencionales.
3. Se prepararon las 10 fórmulas, comentándose las primeras impresiones debido a su comportamiento como fluido.
4. Se procedió a un proceso caracterización, ensayando en las pinturas distintos métodos que aportaron y comprobaron distintas actitudes de las formulaciones frente a agentes dignificantes.
5. Posteriormente, se procedió a descartar algunas de las formulaciones, tres siendo específicos, debido a que no cumplían los mínimos requeridos para el desarrollo de la investigación.
6. De las siete formulaciones finalmente seleccionadas se agruparon en un cuadro con sus características reseñables, según los ensayos realizados, y se comparó con la pintura comercial de referencia.

Tras los pasos mencionados anteriormente, se estimó oportuno mencionar lo reseñado en el cuadro, a través de una agrupación, en manera de interpretación de este, las mejoras entre unas pinturas y otras, resaltando también si es que se obtuvo alguna característica significativa.

9.2 Conclusiones

A partir del siguiente trabajo se pudieron obtener las siguientes conclusiones principales:

- En primer lugar, el polvo de concha de mejillón, luego del proceso de adaptación (tamizado escalado), se ha mostrado como material utilizable e ideal para su incorporación como carga en la formulación de pinturas debido a su correcto comportamiento en el conformado de la pintura, las cuales han sido seleccionadas para representar de manera precisa el mercado de este tipo de productos.
- En segundo lugar, en cuanto a las formulaciones ecológicas, se vieron resultados no lo suficientemente óptimos para considerar una formulación reseñable, teniendo un secado poco propicio, poca dureza, baja resistencia y mala compostura al arrastre con respecto a las comparativas realizadas de pinturas comerciales.

A pesar de los resultados negativos en cuanto a la formulación de pinturas ecológicas, se obtuvieron las siguientes conclusiones derivadas:

- Primeramente, la implementación de clara de huevo para la mejora del secado y coagulación del producto fue eficiente, comprobándose la mejoría con un bajo porcentaje de la sustancia.
- En segundo lugar, la aplicación de la clara junto con el calor en la mezcla, en el caso de formulaciones con vehículo de aceite de linaza cocido, mostró resultados incluso mejores que el anterior, aunque no de igual manera no mostró un secado total al tacto. Finalmente, se optó por aplicar calor a la película de pintura, evidenciándose con este método una alta mejoría, considerándose, para el caso de la formulación O4, la más cercana a una pintura utilizable.
- Lamentablemente, los factores a los que fue expuesta esta formulación no es el óptimo y preciso para la utilización que se le quiere dar, es decir para el uso de esta fórmula como una pintura comercial. Esta formulación fue sometida a estar bajo una temperatura constante de 75° centígrados por un tiempo mayor a 96 horas, considerándose inexistente dichas condiciones fuera de un laboratorio.
- Por otro lado, no se ve conveniente la utilización de productos que tienen funciones más prioritarias, como el huevo, en la utilización de pinturas, ya que esto podría orientar la utilización de los ya mencionados a estos fines y no a problemas de mayor magnitud como es la hambruna.

Como conclusiones colaterales resultado de las investigaciones previas y básicas para el estudio de la utilización de cargas para la formulación de pinturas se obtuvieron:

- En las pinturas ecológicas, se vio con la restricción de tener que agitar antes de usar, debido a que las partículas de mejillón precipitaban al fondo, dividiéndose la carga del vehículo.
- A pesar de haber sido entregada la concha de mejillón tras el sometimiento de este al proceso de molienda y trituración, se le realizaron los procesos de tamizado. Es preciso resaltar que todas son de bajo coste.
- En específico, el tamizado, es un proceso que no hace falta de gran destreza en el ámbito sino una disposición del tiempo para lograr la gradualidad del proceso. A su vez, como ha sido comentado anteriormente, el tamizado es un proceso de acarrea múltiples horas de trabajo, pudiendo ser sustituido por medios automáticos que simplifiquen tanto el proceso como el tiempo que este implica. Por estos motivos, el proceso de adaptación del polvo de concha de mejillón no encarece el producto, ya que, en caso de utilizar cargas a base de la misma materia prima, hablando del carbonato cálcico, pasan por los mismos procesos antes de ser utilizados en pintura comercial.
- En la mayoría de los casos, sobre todo en los derivados de productos químicos, se ha evidenciado un comportamiento y prestaciones similares o mejores que la pintura comercial evaluada. En cuanto a las ecológicas, se muestra una carencia, aunque en ciertos aspectos ha podido igualar a la comparativa. Se reseña que las formulaciones con cargas de mejillón muestran un comportamiento positivo ante la pintura comercial seleccionada.

Es importante reseñar que, la implementación de las cargas de mejillón en pinturas comerciales, han mostrado resultados positivos en general. En algunos casos, como en el poliuretano, en contraste con la misma pintura sin carga ha sido peor, en el sentido que, los ensayos arrojaron mejores resultados en la pintura sin carga en comparación al caso contrario. Asimismo, en el caso de la comparativa del epoxi, se vieron resultados positivos a medida que se aumentaba la carga, siendo finalmente la de mayor carga con mejores características que el Epoxi sin carga.

Es importante mencionar también que, gracias al tamaño de grano tamizado, no se obtuvo un color aparente que ajeno al color propio, blanco natural, del carbonato cálcico, por lo que se rescata que no hace falta la utilización de posibles tratamientos con productos químicos para su blanqueamiento.

A continuación, se presentarán recomendaciones de pruebas, estudios y ensayos a seguir para la mejora y búsqueda de nuevos cometidos con referencia a este estudio.

9.3 Líneas futuras

A raíz de los resultados obtenidos, excediendo el cometido del trabajo, se tiene a bien expresar unos puntos que faciliten al estudio posterior y las mejoras dentro de lo ya estudiado, buscando explotar al máximo las prestaciones de estas pinturas, profundizando en la realización de otro tipo de ensayos con el fin de:

- Se ve preciso, vista de la creciente preocupación por el impacto ambiental, en cuanto a las pinturas ecológicas utilizando las cargas derivadas del polvo tamizado de concha de mejillón, continuar con la investigación en este campo, por lo que se plantea la búsqueda de algún producto que facilite el secado, dejando en claro que también sea de procedencia ecológica para priorizar la obtención de una pintura totalmente ecológica y sin aditivos que puedan generar gases tóxicos al medio ambiente. Esto podría implicar la investigación de nuevos materiales y tecnologías para la producción de pinturas.
Como se pudo verificar en el presente trabajo, la utilización de clara de huevo ayudó en este proceso, pero no se ve conveniente la utilización de este por lo reseñado en las conclusiones.
- Por otro lado, y en relación con las pinturas ecológicas, se considera, tras la elaboración de una formulación de pintura ecológica con capacidades similares a una comercial, la creación de un estudio de impacto ambiental donde se corrobore la mejor relación que estas nuevas formulaciones tienen con el medioambiente.
- Al igual que el estudio de impacto ambiental para las pinturas ecológicas, se puede considerar presentar un estudio de toxicidad de las pinturas, ya que, aunque las pinturas modernas han mejorado mucho en términos de seguridad, todavía existen preocupaciones en torno a la toxicidad de los componentes utilizados en su producción, por lo que una mejora en dicho campo, con pinturas ecológicas, aumentaría las prestaciones que estas pinturas pueden ofrecer al mercado. Además, la investigación de la toxicidad de las pinturas podría conducir a la identificación de nuevos riesgos potenciales, en caso de existir alguna.
- Reducir el tamaño de partícula de la concha de mejillón (valores inferiores a 75 micrómetros, probablemente del orden de 50 micrómetros) para mejorar la estanqueidad de la capa de pintura, evitando la porosidad propia de las imperfecciones de la película, y adherencia de esta al sustrato.
- Un estudio de verificación de las formulaciones obtenidas en cuanto a las aplicaciones en las cuales pueden ser utilizadas, acotando y discerniendo, según las propiedades de cada una, su funcionalidad y aportación a la industria (anticorrosivas, exteriores, ignífugas, entre otras).
- Estudio de valorización para dar a conocer con que pinturas estas cargas dan mejores resultados y con cuales otras es mejor mantenerlas sin cargas.
- Hacer un estudio de formulación de pinturas desde la base, es decir, la elaboración de pinturas con vehículos y disolventes elaborados en el mismo laboratorio y no depender de productos comerciales, de tal manera que se puede llegar a una formulación propia y con las capacidades y necesidades que se están buscando.
- Realizar ensayos diversos, mencionados en este trabajo, para la mejor caracterización de las formulaciones y la obtención de las capacidades a profundidad.

10 BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. S. Vigotsky, *Pensamiento y lenguaje*, La Habana: Pueblo y educación, 1998.
- [2] S. Gibbens, «National Geographic,» 20 FEB 2018. [En línea]. Available: <https://www.nationalgeographic.es/historia/2018/02/estas-pinturas-rupestres-representan-la-caza-de-ballas-hace-1500-anos>.
- [3] Apromar, «La acuicultura en España 2020,» Apromar, 2021.
- [4] A. Orús, «Statista,» 15 SEP 2022. [En línea]. Available: <https://es.statista.com/estadisticas/629994/consumo-per-capita-de-mejillones-en-espana/>.
- [5] INE, «Instituto Nacional de Estadística,» 18 NOV 2022. [En línea]. Available: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176951&menu=ultiDatos&idp=1254735572981.
- [6] K. India, «Prakritik Paint,» [En línea]. Available: <https://prakritikpaint.org/khadi-prakritik-paint-emulsion/>.
- [7] R. Rodríguez-Álvaro, «Morteros para revestimiento con árido procedente de concha de mejillón,» Universidad de Coruña, 2014. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/2183/13632>. [Último acceso: 09 marzo 2023].
- [8] M. S. Rodríguez, «OBTENCIÓN DE LOS ALCOHOLES DE ACEITE DE JOJOBA UTILIZANDO ÓXIDO DE CALCIO DERIVADO DE FUENTES NATURALES,» Universidad Complutense de Madrid, 2015. [En línea]. Available: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/36583/>. [Último acceso: 09 marzo 2023].
- [9] A. P. Casas, *Tratado de pintura. Color, pigmentos y ensayo*, Barcelona: Universitat de Barcelona, 2002.
- [10] S. L. G. Zarco, «Tesis Santi Lanchas Departamento de Enxeñería Química Tesis Doctoral Evaluación del comportamiento de las pinturas mediante la Técnica de Ruido Electroquímico,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/44>. [Último acceso: 09 marzo 2023].
- [11] J. V. A. Felipe, «PINTURAS, BARNICES y AFINES: Composición, formulación y caracterización,» Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2020.
- [12] C. M. Molina, *Programa de educación en cambio climático*, México D.F, 2016.
- [13] J. d. Estado, «Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.». España 07 abril 2022.
- [14] C. europeas, *CEE 75/442*, Diario Oficial de Comunidades Europeas, 1991.
- [15] M. d. D. s. p. d. M. A. e. e. a. d. departamento, *Directiva 107/1997*, Ministerio de Defensa, 1997.
- [16] Anónimo, «Planética.org,» feb 2011. [En línea]. Available: <https://planetica.org/clasificacion-de-los-residuos/>.

- [17] P. Europe, «Plastics – the Facts 2016,» 2016. [En línea]. Available: <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2016-Plastic-the-facts.pdf>.
- [18] F. Calzada, «Infobae,» 06 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.infobae.com/def/def-medio-ambiente/2018/10/06/las-pilas-y-baterias-residuos-peligrosos-que-siguen-sin-destino/>. [Último acceso: 16 marzo 2023].
- [19] M. p. l. t. e. y. e. r. demográfico, «GUÍA TÉCNICA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS,» Noviembre 2021. [En línea]. Available: https://www.miteco.gob.es/images/es/guiatecnicaclasificacionderesiduosnov_21_tcm30-509157.pdf.
- [20] N. Pedreño, M. Herrero, G. Lucas y M. Beneito, «Residuos orgánicos y agricultura,» Universidad de Alicante, Alicante, 1995.
- [21] B. J. S. y. S. C. Porter, The blue planet: an introduction to earth system science, Nueva York: John Wiley & Sons, INC., 1999.
- [22] p. y. a. Ministerio de agricultura, «AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN EN ESPAÑA,» 30 junio 2022. [En línea]. Available: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/memoria-mapa-2021-doble-pagina_tcm30-626592.pdf.
- [23] P.-F. J, B.-B. D, C. I. J y G. P. M, «Cómo sacar provecho a la concha de mejillón,» MAR 2012. [En línea]. Available: <https://www.upm.es/e-politecnica/?p=1617>.
- [24] A. Humboldt, 1811. [En línea]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mytilus_chilensis-Humboldt-T049.png?uselang=es. [Último acceso: 8 marzo 2023].
- [25] p. y. a. Ministerio de agricultura, «Mejillón,» [En línea]. Available: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/mejillon_tcm30-102425.pdf.
- [26] R. A. Española, «RAE,» [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/densidad>.
- [27] ASTM, «D1200,» ASMT International, U.S.A, 2014.
- [28] UNE, «UNE-EN ISO 2409,» ASEPAFI, Madrid, 2021.
- [29] UNE, «UNE-EN ISO 15184,» ASEFAPI, Madrid, 2020.
- [30] Anónimo, «Quimicadroga,» 08 marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.quimidroga.com/2022/03/08/disolventes-alternativos-a-los-disolventes-tradicionales/#:~:text=Disolventes%20ecológicos&text=Se%20trata%20de%20compuestos%20que,peligrosos%20para%20la%20salud%20humana>. [Último acceso: 01 marzo 2023].
- [31] F. Guzmán, «Taylor & Francis,» 13 septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1080/10609164.2016.1205256>. [Último acceso: marzo 2023].
- [32] Duraval, *Ficha técnica del producto*, Barcelona, 2010.
- [33] UNE, *UNE-EN ISO 2431 Pinturas y barnices*, 2020.
- [34] S. Ecocelta Galicia, «Ecocelta,» Ecocelta, [En línea]. Available: <https://ecocelta.com/index.php?>. [Último acceso: 15 03 2023].

- [35] C. Franzke, «The point of no return for climate action: effects of climate uncertainty and risk tolerance,» *European Geosciences Union*, p. 1, 30 Aug 2018.
- [36] I. Paz Armada, «Selección de residuos orgánicos como adsorbentes de bajo coste para la eliminación de contaminantes en aguas,» Centro Universitario de la Defensa, Pontevedra, 2018.
- [37] Anónimo, «Volta,» 24 Abr 2019. [En línea]. Available: <https://www.voltachile.cl/residuos-organicos/>.
- [38] U. Labarta, «La voz de Galicia,» 25 abril 2021. [En línea]. Available: https://www.lavozdegalicia.es/noticia/somosmar/2021/04/25/mejillones-europa-mejillones-mundo/0003_202104G25P35991.htm.
- [39] A. Martín, «Decoración de interiores,» 02 marzo 2015. [En línea]. Available: <https://www.decoracionde-interiores.com/pinturas-i-composicion-tipos-rendimiento/>.
- [40] Anónimo, «Dalmar,» 15 abril 2018. [En línea]. Available: <http://blog.proteccionesypinturas.com/control-de-calidad-en-la-pintura-liquida/#Dureza>.
- [41] Anónimo, «Pinter,» [En línea]. Available: <https://www.pinter.es/control-de-calidad-para-la-pintura-liquida/>.
- [42] J. C. Carbonell, *Pinturas y recubrimientos: Introduccion a su tecnología*, Díaz de santos, 2009.
- [43] A. Valenzuela, «RTVE,» 16 ago 2014. [En línea]. Available: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.rtve.es%2Fnoticias%2F20140816%2Festan-hechas-conchas-marinas%2F993500.shtml&psig=AOvVaw1GjvRgXCx2G_fev4I8raT7&ust=1673880407637000&source=images&cd=vfe&ved=2ahUKEwjlt4LK6Mn8AhWZZ8AKHe-Dx8Q3YkBegQIABAM.
- [44] C. A. G. y. A. M. Pereyra, «COMPONENTES, FORMULACIÓN, MANUFACTURA Y CONTROL DE CALIDAD,» Universidad Tecnológica Nacional - Argentina, Buenos Aires, 2009.
- [45] Anónimo, «Royal Talens,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.royaltalens.com/es/inspiracion/consejos-y-tecnicas/proceso-de-produccion-de-la-pintura/>.
- [46] J. Fontán González-Aller, «Residuos generados en la ENM: cuantificación y posibilidades de tratamiento,» Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar, Marín, 2022.
- [47] C. o. t. E. Union, *Directiva del Consejo referente a los residuos*, Unión Europea, 1975.
- [48] J. d. E. Español, *Ley de residuos y suelos contaminados para una economía circular.*, España: BOE, 2022.
- [49] M. M. Roa, «Statista,» 29 mar 2022. [En línea]. Available: <https://es.statista.com/grafico/27140/desechos-solidos-municipales-generados-per-capita-al-ano/>.
- [50] D. O. d. l. U. Europea, *La lista de residuos*, Diario Oficial de la Unión Europea, 2014.

ANEXO I: IMPLICACIONES SOCIALES, Y/O ECONÓMICAS, Y/O AMBIENTALES

A lo largo del presente trabajo se han recogidos ciertos aspectos que se han considerado de gran impacto para la sociedad. De manera colateral, el desarrollo del presente TFG tiene una implicación rotunda en estos tres aspectos.

10.1 Sociales

En el presente punto, nos centraremos en el desarrollo como sociedad más que en el individual. La elaboración de formulaciones de pinturas con la reutilización de desechos marinos, conchas de bivalvo, aporta a la sociedad una puerta amplia para el estudio continuo de la explotación de este material en este campo. Como se ha explicado anteriormente, creaciones, consideradas en la actualidad “banales”, por su común uso, como la pintura, han demostrado que tienen un alto impacto en el desarrollo de una comunidad ya que con su “invisible” actuar contribuyen con los gases de efecto invernadero y la contaminación residual de los mismos.

A gran escala, los desechos marinos no son más que desechos igual de contaminantes, aunque en menor graduación, que un desecho derivado del petróleo, es por esto por lo que el golpe generado al desarrollo de la vida lesivo si no se reutiliza estos materiales.

Con la elaboración de una pintura generada de materiales ecológicos y con la muestra de una implantación viable de materiales, como el carbonato cálcico, no solo se ha buscado la sustitución de componentes contaminantes y promotores activos de gases de efecto invernadero, sino que se ha mantenido la mitigación de estos residuos marinos, implementándolos en productos que puedan llegar a tener efectos mejores que una pintura comercial.

Como se ha reseñado, una gran variedad de beneficios resulta del uso de productos reciclados en la creación de pinturas. En cuanto al aspecto social podemos rescatar los siguientes:

- Reducción de residuos: El uso de productos reciclados en la fabricación de pinturas ayuda a reducir la cantidad de residuos producidos, lo que tiene un efecto positivo en el medio ambiente.
- Mejora de la salud y la seguridad en el lugar de trabajo: En cuanto a la elaboración de la pintura ecológica, el uso de productos ecológicos en la formulación ayuda a la disminución del riesgo de exposición a sustancias peligrosas, que pueden ser menos peligrosas y tóxicas que los insumos relacionados con la fabricación de pinturas convencionales.

10.2 Económicas

En cuanto a las implicaciones económicas incidimos en la influencia en el desarrollo de la economía circular, basada en la utilización de los recursos de manera sostenible y en la reutilización de los productos al final de su vida útil. La utilización de productos reutilizados en la formulación de pinturas fomenta dicho concepto, ya que se les da una segunda vida a los productos que de otra manera podrían ser desechados, de tal manera que se pueda hacer un uso eficiente de los recursos, en este caso derivados del mar.

Por otro lado, se evidencia una mejora de la sostenibilidad, debido a la demanda de productos sostenibles y ecológicos que se encuentra en constante crecimiento. La reutilización de residuos marinos en la fabricación de pinturas puede ser una forma de cumplir con esta demanda y mejorar la sostenibilidad de la industria.

Dentro del trabajo, se reseñan puntos económicos dentro de punto 4.3 “Los residuos y las pinturas”.

10.3 Ambientales

Dentro de los aspectos medioambientales, reseñados algunos en el punto 4.3 “Los residuos y las pinturas”, se puede rescatar la reutilización activa de la gran cantidad de residuos marinos (derivados del propio ecosistema marino) que hay tanto en tierra como en los propios océanos, siendo este un detrimento para la vida marina. Es por esto por lo que, con la nueva utilización que se propone en el desarrollo de este trabajo, se busca la reducción pasiva de estos materiales ya inútiles en dicho ecosistema.

Asimismo, la reducción de estos desechos no solo propiciará el entorno de donde se elimine, sino que se evitará el desecho de estos en vertederos u otros lugares donde puedan aumentar la contaminación, es decir, en donde para su eliminación se tengan que emplear medios contra productores con el propósito (quema de residuos).

A su vez, como se ha mencionado anteriormente, las pinturas, en su gran mayoría, cuentan con productos derivados de materiales sintéticos, por lo que son perjudiciales para el medioambiente, generando grandes cantidades de gases nocivos. La reutilización de residuos marinos para fabricar productos puede reducir la huella de carbono y contribuir a la lucha contra el cambio climático.

Por otro lado, productos con composición de materiales tóxicos aporta negativamente a una contaminación del aire y del agua. Al reducir esta cantidad de componentes se evita esta posible contaminación. Además, reutilizando material, se evita la necesidad de extracción de nueva materia, por lo que se preservan los recursos. Con esto último, se mantiene el término utilizado en punto anterior, economía circular, en donde se puede fomentar el uso sostenible de los recursos ya utilizados, dándole una segunda vida y no malgastando materia nueva.

ANEXO II: REFLEXIONES ÉTICAS Y SOCIALES

Es cada vez más reconocido que las implicaciones éticas y sociales de un trabajo de investigación pueden tener un impacto significativo en la sociedad y en los individuos involucrados en el estudio. Por esta razón, es importante considerar estas implicaciones en el proceso de planificación y realización de este.

La inclusión de estas perspectivas puede ayudar a garantizar que los resultados del estudio sean aplicables y beneficiosos para la sociedad en general, al mismo tiempo que se minimizan los posibles riesgos o consecuencias negativas. Además, al tener en cuenta las implicaciones éticas y sociales, se fomenta la toma de decisiones informadas y responsables por parte de los investigadores.

Esta contribución fundamental a la sociedad garantiza la realización de investigaciones más responsables y beneficiosas para la sociedad en general. Es por esto por lo que presente trabajo de fin de grado busca promover al lector un pensamiento crítico, de manera que pueda evaluar las siguientes reflexiones en el ámbito ético según un punto de vista social.

En primer lugar, se debe tener en cuenta que la sostenibilidad de la vida, en todos los aspectos en la cual se desarrolla, depende de la contribución de cada uno de los portadores de la misma, por lo que proyectos para la mejora, implementación o sustitución de materiales que son contaminantes al entorno en donde se desarrolla esta deben ser promovidos y financiados, con el fin de que en un futuro sea posible la sustitución completa de aquellos causantes de las pérdidas de factores propicios para la vida.

Asimismo, entrando en detalle a la reutilización de residuos marinos, es preciso asumir la responsabilidad de reutilizar materiales y no darlos por descartados; buscar formas sostenibles para la gestión de residuos es una alternativa eficiente, tanto para la sociedad como para la economía global. Sin embargo, cabe reflexionar si es suficiente la responsabilidad ambiental y ética que algunas macroempresas desarrollan en su ámbito, utilizando productos afines a su economía y no a la contribución y preservación del ecosistema en los que desarrollan su materia, abordando, muchas veces, las causas subyacentes de la contaminación terrestre, aérea y marina.

Por otro lado, se tiene que pensar que con proyectos de reutilización de residuos son maneras de aportar a comunidades que dependen del entorno, marino, fluvial, lacustre y terrestre, para su subsistencia y que se ven afectadas por la contaminación.

Como siguiente idea, se considera que, éticamente, trabajos en donde se fomentan la exploración de campos que atribuyan a la sostenibilidad de productos renovables o derivados de materiales que no se consideran útiles, son de gran aporte a la sociedad, sin embargo, surge la duda sobre si la utilización de estos residuos está desplazando el uso de otros materiales renovables o si se están considerando los impactos sociales y ambientales en todo el ciclo de vida del productor.

Como hemos podido apreciar, la utilización de productos agrícolas, como el huevo para el secado de la pintura, contribuyen a la mejora de la investigación, aunque, como se ha planteado anteriormente, ¿Es realmente correcto la implementación de materiales con uso fundamental en otros ámbitos, como el alimenticio, para el desarrollo de la economía circular, el reciclaje y reutilización de residuos?

La implementación y reutilización de residuos marinos en la elaboración de productos puede plantear varias reflexiones de índole ética y social, donde se incluyen la responsabilidad ambiental, la justicia social, la protección de la vida marina, el uso eficiente de los recursos y la utilización de un bien para la reutilización de otro, es por ello que, en el siguiente trabajo, se considera importante evaluar estos aspectos para la sostenibilidad de estas práctica y para la toma de conciencia sobre lo abordado en el presente trabajo.

ANEXO III: TABLA DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL CORTE POR ENREJADO

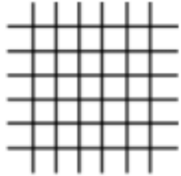
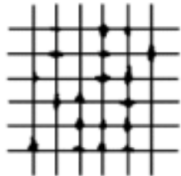
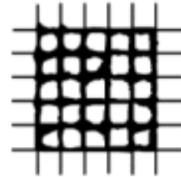
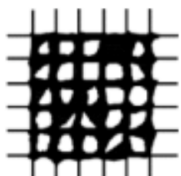
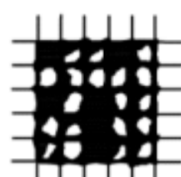
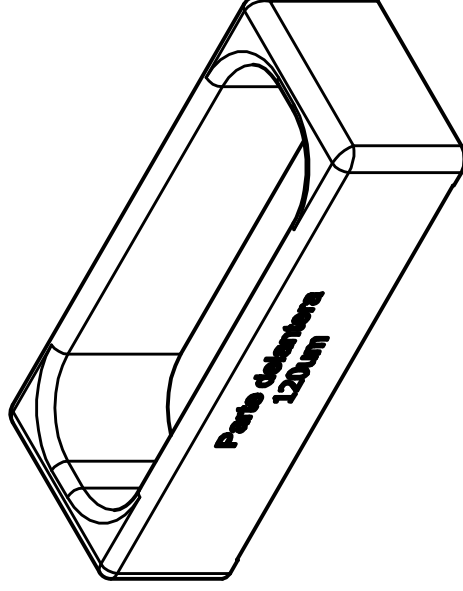
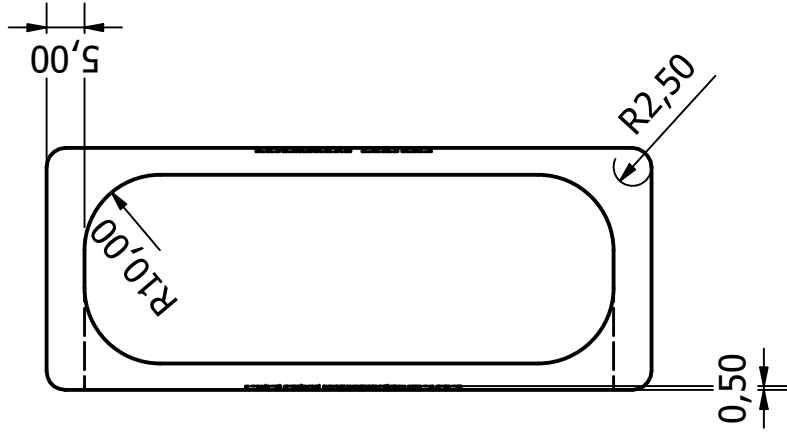
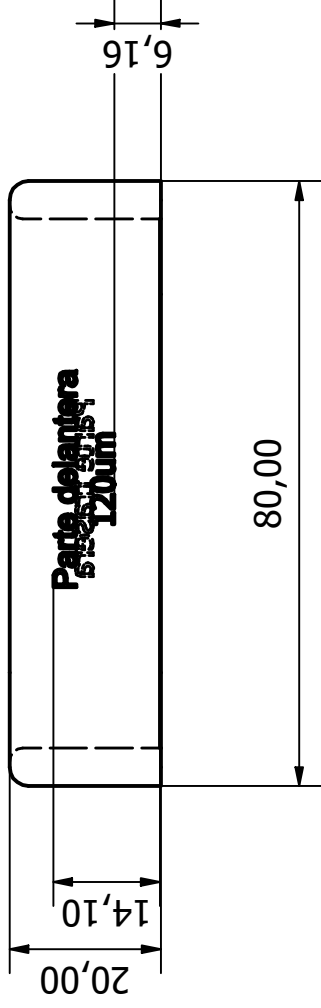
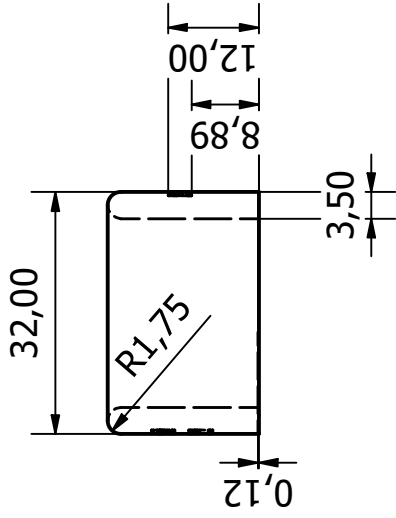
Categoría	Descripción	Aspecto de la superficie de la zona cuadrículada con presencia de descamación ^a (Ejemplo para seis incisiones paralelas)
0	Los bordes de las incisiones son perfectamente lisos: ningún cuadrado del enrejado se ha desprendido	
1	Se observan ligeras descamaciones del recubrimiento en las intersecciones de las incisiones. El área de enrejado afectada es inferior al 5%	
2	Se observan descamaciones del recubrimiento en los bordes y/o en las intersecciones de las incisiones. El área de enrejado afectada es superior al 5%, pero inferior al 15%	
3	El recubrimiento se ha descamado parcial o totalmente en grandes bandas a lo largo de los bordes de las incisiones y/o se ha descamado parcial o totalmente en distintas partes de los cuadrados. El área de enrejado afectada es superior al 15%, pero inferior al 35%	
4	El recubrimiento se ha descamado en grandes bandas a lo largo de los bordes de las incisiones y/o algunos cuadrados se han desprendido parcial o totalmente. El área de enrejado afectada es superior al 35%, pero inferior al 65%	
5	El recubrimiento se ha descamado en grandes bandas a lo largo de los bordes de las incisiones y/o algunos cuadrados se han desprendido parcial o totalmente. El área de enrejado afectada es superior al 35%, pero inferior al 65%	-
a. Las figuras son ejemplos para un enrejado dentro de cada categoría. Los porcentajes reflejados se basan en la impresión visual que muestran las imágenes y los mismos porcentajes no serán reproducibles necesariamente mediante imágenes digitales.		

Tabla 0-1 Clasificación de los resultados del ensayo corte enrejado (Fuente: UNE-EN ISO 2409:2021)

ANEXO IV: PLANOS DEL APLICADOR RECTANGULAR MODIFICADO

A continuación, se adjuntará los planos del diseño en Inventor del aplicador rectangular en escala 1:1.



Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Escala	Fecha
AF. Navarro Basto	AF. Navarro Basto	Santiago Urréjola	1:1	16/03/2023
Centro Universitario de la Defensa				
Aplicador 120 um			Edición	Hoja
			1	1 / 1