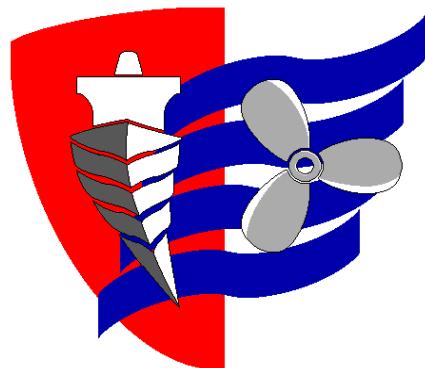


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



***Trabajo Fin de Máster***

**PROYECTO DE PINTURA EN DIQUE  
SECO PARA UN BUQUE**

---

Dry dock painting project for a vessel

Para acceder al Título de Máster Universitario en

**INGENIERÍA MARINA**

Autor: José M. Marques Fernández

Director: Sergio García Gómez

Julio- 2025

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

***Trabajo Fin de Máster***

**PROYECTO DE PINTURA EN DIQUE  
SECO PARA UN BUQUE**

---

Dry dock painting project for a vessel

Para acceder al Título de Máster Universitario en

**INGENIERÍA MARINA**

Julio- 2025

## **AVISO DE RESPONSABILIDAD:**

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros.

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
ÍNDICE DE TABLAS .....	8
1. MEMORIA .....	1
1.1. OBJETO .....	1
1.2. ALCANCE .....	1
1.3. ANTECEDENTES .....	2
1.3.1. VARIABLES ESTUDIO AMBIENTES MARINOS. ....	2
1.3.2. CORROSIÓN .....	4
1.3.2.1. CORROSIÓN GENERAL .....	5
1.3.2.2. CORROSIÓN POR PICADO .....	5
1.3.2.3. CORROSIÓN POR HENDIDURA .....	6
1.3.2.4. CORROSIÓN BIMETÁLICA (GALVÁNICA) .....	6
1.3.2.5. CORROSIÓN ESTRÉS .....	7
1.3.2.6. CORROSIÓN ATMOSFÉRICA .....	7
1.3.3. PINTURAS .....	8
1.3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS PINTURAS .....	10
1.3.3.2. CLASIFICACIÓN DE PINTURAS .....	11
1.3.3.3. DEFECTOS DE PINTADO .....	13
1.3.3.4. TIPOS DE FALLOS EN RECUBRIMIENTOS .....	13
1.3.4. PREPARACIÓN DE SUPERFICIES. ....	16
1.3.4.1. LIMPIEZA CON AGUA A PRESIÓN .....	16
1.3.4.2. CONDICIONES INÍCIALES DE SUPERFICIE .....	19
1.3.4.3. GRADOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE .....	20
1.3.5. HERRAMIENTAS MANUALES .....	25
1.3.6. HERRAMIENTAS MECÁNICAS .....	25
1.3.7. SISTEMAS DE GRANALLADO .....	27
1.3.8. HERRAMIENTAS DE PINTURA. ....	31
1.3.8.1. BROCHA .....	31
1.3.8.2. RODILLO .....	31
1.3.8.3. PISTOLA DE PINTURA, SIN AIRE .....	32
1.3.9. CONTROL DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES. ....	33
1.4. NORMAS Y REFERENCIAS .....	34
1.4.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS .....	34
1.4.2. PROGRAMAS DE CÁLCULO .....	36
1.4.3. PLAN GESTIÓN DE LA CALIDAD APLICADO .....	36

1.4.4. BIBLIOGRAFÍA .....	37
1.4.5. OTRAS REFERENCIAS.....	37
1.5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	42
1.6. REQUISITOS DE DISEÑO.....	44
1.6.1. JUSTIFICANDO AL FABRICANTE DE RECUBRIMIENTOS.....	45
1.6.2. CRITERIOS SOCIEDADES DE CLASIFICACION. ....	45
1.6.3. EXPEDIENTE TECNICO DE REVESTIMIENTOS DEL BUQUE..	55
1.7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	56
1.8. RESULTADOS FINALES.....	59
1.8.1. COSTADOS.....	60
1.8.2. FONDOS.....	61
1.8.3. TANQUES DE AGUA POTABLE .....	63
1.8.4. TANQUES DE LASTRE.....	64
1.8.5. SONDEOS ESPESORES DE PELÍCULA. ....	66
1.9. PLANIFICACIÓN. ....	67
1.10. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE DOCUMENTOS ANEXOS. ....	86
2. ANEXOS .....	86
2.1. PRUEBA SISTEMA PINTURAS. ....	86
2.2. CÁLCULOS DE ESTRUCTURA. ....	90
2.3. CÁLCULOS DE PINTURAS. ....	92
2.3.1. MEDICIONES DE PINTURAS. ....	94
2.3.2. FICHAS DE DATOS DE PINTURAS HEMPEL.....	96
2.3.3. ÚTILES DE MEDICIÓN Y CONTROL.....	122
2.3.3.1. MEDICIÓN VARIABLES AMBIENTALES.....	122
2.3.3.2. DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE ESPESORES.....	122
2.3.3.3. PERFIL DE RUGOSIDAD. ....	122
2.3.3.4. DISPOSITIVOS MEDICIÓN DE SALES SOLUBLES.....	125
2.4. CÁLCULOS CONSUMOS DE GRANALLA. ....	126
2.4.1. ESTIMACIÓN COSTO CASO 10% FONDOS.....	128
2.4.2. ESTIMACIÓN COSTO CASO 100% FONDOS.....	129
2.5. ANOTACIONES DE SEGURIDAD EN ANDAMIOS. ....	129
2.6. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs).....	131
2.7. ANOTACIONES EN TAREAS DE GRANALLADO. ....	133
2.7.1. CONSIDERACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO. ....	135
2.8. ANOTACIONES SEGURIDAD PINTURA. ....	136
2.8.1. ANOTACIONES DE SEGURIDAD EN TANQUES. ....	138

3.	PLANOS.....	140
4.	PLIEGOS DE CONDICIONES. ....	146
4.1.	OBJETO DEL PLIEGO. ....	146
4.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA VARADA.....	146
4.2.1.	MANDOS .....	147
4.2.2.	RESPONSABILIDADES .....	148
4.2.3.	REGLAMENTOS Y NORMAS .....	148
4.3.	METODOLOGÍA DE LAS TAREAS A REALIZAR. ....	149
4.3.1.	CONTROL DE CALIDAD. ....	150
4.4.	MEDIOS PERSONALES. ....	151
4.5.	MEDIOS AUXILIARES.....	151
4.6.	OTRAS CONDICIONES.....	151
4.6.1.	CONTRATO.....	151
4.6.2.	FIANZA.....	152
4.6.3.	RESPONSABILIDADES.....	153
4.6.4.	PENALIZACIONES POR RETRASOS. ....	153
4.6.5.	RESPONSABILIDAD POR DAÑOS. ....	154
4.6.6.	RESCISIÓN DEL CONTRATO. ....	154
5.	MEDICIONES Y PRESUPUESTO. ....	155

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de la profundidad del agua de mar en la corrosión del acero. ....	2
Figura 2. Tabla galvánica series galvánicas. ....	4
Figura 3. Ejemplos de corrosiones por picado. ....	6
Figura 4. Ejemplo de corrosión por hendidura en agua de mar. ....	6
Figura 5. Clasificaciones de la corrosión según condiciones atmosféricas. ....	8
Figura 6. Clasificación de pinturas. ....	9
Figura 7. Ejemplo "piel de naranja". ....	13
Figura 8. Ejemplo "ojos de pez". ....	14
Figura 9. Ejemplo "burbujas". ....	14
Figura 10. Ejemplo de "ampollas". ....	15
Figura 11. Ejemplo "Arrugados-levantados". ....	15
Figura 12. Ejemplo "goteos-escurridos". ....	15
Figura 13. Ejemplo de craquelados. ....	16
Figura 14. Ejemplo de "sangrado". ....	16
Figura 15. Normativa pictórica patrón ISO 12944. ....	22
Figura 16. Defectos a tratar por amoladora. ....	27
Figura 17. Esquema vapor abrasivo. ....	28
Figura 18. Esquema wet venturi. ....	29
Figura 19. Esquema slurry wet. ....	29
Figura 20. Ventilaciones adecuadas de tanques por ABS. ....	50
Figura 21. Sistema de pintura Costados. ....	55
Figura 22. Sistema de pintura Fondos. ....	55
Figura 23. Sistema de pintura tanques agua potable. ....	56
Figura 24. Biselado de sistemas de pintura para parcheos. ....	62
Figura 25. Esquema sistema pinturas Costados. ....	86
Figura 26. Esquema sistema de pinturas Fondos. ....	86
Figura 27. Área blanca de Costados modelo 3D. ....	90
Figura 28. Área verde de Costados modelo 3D. ....	91
Figura 29. Área roja de Fondos modelo 3D. ....	91
Figura 30. Guía rugosidades Acomet metales y minerales. ....	124
Figura 31. Valores de estudio rugosidad. ....	125

Figura 32. Ejemplo análisis Bresel.....	125
Figura 33. Torres de acceso, torres de trabajo fija y móvil.....	130
Figura 34. Esquema equipos granallado manual. ....	134
Figura 35. Esquema de EPIs granallado. ....	135
Figura 36. Pictograma de ropa anti proyecciones. ....	135

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Equivalencias entre normas. ....	17
Tabla 2. Condiciones iniciales de la superficie. ....	20
Tabla 3. Equivalencias entre normativas. ....	21
Tabla 4. Equivalencias entre SSPC y SIS. ....	21
Tabla 5 Resumen de la norma de recubrimientos. ....	47
Tabla 6 Resumen de inspección y gradeo de casco por ABS. ....	48
Tabla 7 Resumen del mantenimiento por ABS. ....	51
Tabla 8, Reparaciones recomendadas por ABS de PSPC-SWBT. ....	52
Tabla 9. Costes de mano de obra diaria. ....	56
Tabla 10. Coste trabajos Fondos 1% del área total. ....	57
Tabla 11. Coste trabajos Fondos 10 % del área total. ....	58
Tabla 12. Coste trabajos Fondos 100 % del área total. ....	59
Tabla 13. Estimación pinturas en Costados. ....	61
Tabla 14. Estimación del área en base a litros de pintura. ....	62
Tabla 15. Mínimo de sondeos de espesores de película. ....	66
Tabla 16. Sondeos mínimos en el trabajo de pintura. ....	67
Tabla 17. Pérdida de masa y ejemplos de ambientes. ....	87
Tabla 18. Ambientes y ejemplos para Im4. ....	87
Tabla 19. Mínimo grado preparación estrato de acero. ....	88
Tabla 20. Resumen mínimo numero de capas y espesores. ....	88
Tabla 21. Sustratos acero y categoría C5. ....	89
Tabla 22. Resumen de mediciones casco y tanques. ....	92
Tabla 23. Validando formulas ofrecidas por Hempel. ....	93
Tabla 24. Datos de las pinturas y su factor útil. ....	94
Tabla 25. Estimación de litros de pintura para Costados. ....	94

Tabla 26. Estimación de litros de pintura para Fondos. ....	95
Tabla 27. Estimación de litros de pintura para dos capas de fondo de tanque y posibles retoques. ....	95
Tabla 28. Estimación de los litros de pintura para tanques de lastre. ....	95
Tabla 29. Resumen del estimado de pintura. ....	96
Tabla 30. Rugosidad de superficie según ISO 8503-1:2012. ....	123
Tabla 31. Clasificación según ISO 8503-1:2012. ....	123
Tabla 32, datos granallado Garnet. ....	126
Tabla 33. Datos granallado Garnet. ....	127
Tabla 34. Datos referencia estimación granallado. ....	128
Tabla 35. Identificación de riesgos montaje/desmontaje. ....	132
Tabla 36. Anotaciones seguridad pintura. ....	137
Tabla 37. Síntomas a falta de oxígeno. ....	139
Tabla 38. Presupuesto materiales y cantidad. ....	157
Tabla 39. Presupuesto mano de obra y cantidad. ....	157
Tabla 40. Presupuesto actividad y cantidad. ....	157
Tabla 41. Presupuesto materiales y precio. ....	159
Tabla 42. Presupuesto mano de obra y precio. ....	159
Tabla 43. Presupuesto actividad y precio. ....	160
Tabla 44. Presupuesto suma costos Materiales. ....	162
Tabla 45. Presupuesto suma costo Tanques. ....	162
Tabla 46. Presupuesto suma costo Varada. ....	163
Tabla 47. Presupuesto suma costos Costados. ....	163
Tabla 48. Presupuesto suma costo Fondos 10 %. ....	164
Tabla 49. Presupuesto suma costo Unidades de obra. ....	166
Tabla 50. Presupuesto de ejecución de materiales. ....	167
Tabla 51. Presupuesto de ejecución por contrata. ....	167

## **RESUMEN**

El objetivo del presente proyecto es el trabajo de pintura en un buque en dique seco. Los recubrimientos ofrecen una protección pasiva contra la corrosión, se recalca la importancia de la imprimación en la lucha contra la corrosión en el medio marino y el efecto de carga económica y operatividad del buque. La periodicidad de las actuaciones es imprescindible para mantener las estructuras inalteradas y practicables el mayor tiempo posible.

El presente supuesto se realizaría en un astillero de Vigo (Galicia). Se definen las características técnicas del buque, su disponibilidad, así como todo lo necesario para implementar el trabajo de pintura.

Se incluye los elementos constructivos y la disposición de los mismos, en el buque; así como los planos necesarios para los cálculos y correcto dimensionamiento de las medidas de seguridad.

Los trabajos de pintura están normalizados por la ISO 12944, consta de nueve apartados y se vincula con otras normas de aplicación europea.

Además el objetivo del presente proyecto es la familiarización con los proyectos de pintura en buque, las legislaciones aplicadas y la seguridad individual y colectiva en la aplicación del mismo; con atención a un mínimo impacto medioambiental.

**PALABRAS CLAVE:** Corrosión, Pintura, Waterjet, Granallado.

## **ABSTRACT.**

The objective of the present project is the painting work on a ship in dry dock. Coatings offer passive protection against corrosion the aim is to emphasized the importance of priming in the fight against corrosion in the marine environment and the effect on the ship's economic load and operation. The periodicity of actions it's essential to keep the structures unchanged for as long as possible.

This case would be carried out in a shipyard in Vigo (Galicia). The technical characteristics of the ship, its availability, as well as everything necessary to implement the painting work are defined.

The construction elements and their arrangement in the ship are included; as well as the blueprint necessary for the calculations a correct sizing of the safety measures.

The painting works are standardized by ISO 12944 consists of nine sections and is linked to other European standards, furthermore, the objective of this project is to familiarize the user with ship paintings projects, the applicable legislation an individual and collective safety in their application, with attention to a minimum environmental impact.

**KEYWORDS:** Corrosion, Paint, Waterjet, Blasting.



## 1. MEMORIA.

### 1.1. OBJETO.

El objetivo del presente proyecto es el trabajo de pintura en un buque en dique seco. Los recubrimientos ofrecen una protección pasiva contra la corrosión, se recalca la importancia de la imprimación en la lucha contra la corrosión en el medio marino y el efecto de carga económica y operatividad del buque. La periodicidad de las actuaciones es imprescindible para mantener las estructuras inalteradas y practicables el mayor tiempo posible.

El presente supuesto se realizaría en un astillero de Vigo (Galicia). Se definen las características técnicas del buque, su disponibilidad, así como todo lo necesario para implementar el trabajo de pintura.

Se incluye los elementos constructivos y la disposición de los mismos, en el buque; así como los planos necesarios para los cálculos y correcto dimensionamiento de las medidas de seguridad.

Los trabajos de pintura están normalizados por la ISO 12944, consta de nueve apartados y se vincula con otras normas de aplicación europea.

Además el objetivo del presente proyecto es la familiarización con los proyectos de pintura en buque, las legislaciones aplicadas y la seguridad individual y colectiva en la aplicación del mismo; con atención a un mínimo impacto medioambiental.

### 1.2. ALCANCE.

Entran dentro del alcance del presente proyecto la descripción y planos del buque supuesto, la valoración y orden de los trabajos, los cálculos de pintura, el presupuesto de materiales, componentes y mano de obra, la seguridad individual y colectiva; cumplimiento de la normativa referente al impacto ambiental.



### 1.3. ANTECEDENTES.

El pintado solo es uno más, en una cadena de tratamientos, diseñados para distintos sistemas de pintura, con propiedades específicas y compatibles, capaz de ofrecer una protección físico-química. La pintura del buque se debe a los motivos de decoración e higiene, al que se le suma la característica de protección pasiva ante la corrosión, de la estructura metálica. La protección físico-química de la pintura evita la corrosión, la cual, es definida en la norma ISO 12944-1 como “interacción físico-química entre un metal y su medio ambiente que resulta en cambios en las propiedades del metal y los cuales pueden frecuentemente originar una perdida en la función del metal, el medio en el que se encuentra o en el sistema estructural del que forma parte”.

#### 1.3.1. VARIABLES ESTUDIO AMBIENTES MARINOS. [1]

En el agua de mar las concentraciones salinas varían entre un 32% y un 36% en peso; en cada litro de agua tendríamos disueltos de 32-36 gramos de NaCl, esto dependerá de lo próximos a las costas y las condiciones climáticas. La conductividad del electrolito es por concentración de iones, a mayor concentración mayor corrosión. La Figura 1 muestra la corrosión en las distintas zonas destacando la mayor corrosión en la zona de salpicaduras.

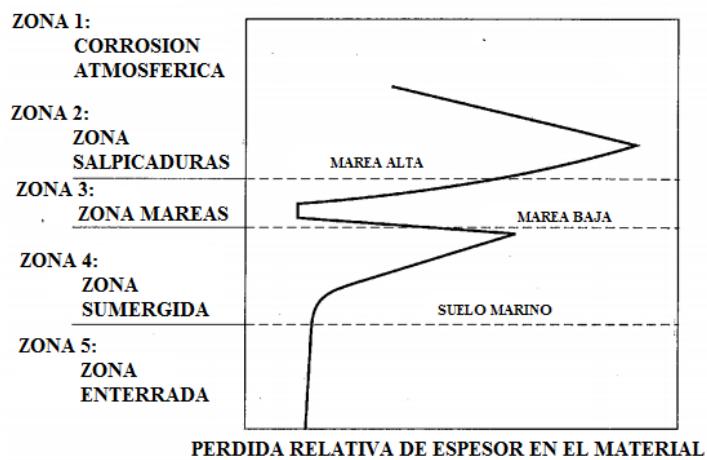


Figura 1. Efecto de la profundidad del agua de mar en la corrosión del acero. [2]



La concentración de oxígeno disuelto en aguas superficiales presenta el equilibrio de saturación del oxígeno atmosférico a una temperatura dada, en torno a los 6 ppm en trópicos y 11 ppm en el ártico. Esto varía con las plantas marinas y la fotosíntesis alcanzando el 200% y por concentraciones de burbujas de aire debidos al oleaje un 10%, por esa turbulencia de oxígeno disuelto, hay parte de corrosión en las hélices. La reducción del oxígeno disuelto está relacionada con la oxidación del metal, a más oxígeno mayor velocidad de corrosión de los aceros.

Las temperaturas de las aguas superficiales varían entre los -2°C y los +36°C, a nivel mundial; dependiendo de la latitud, estación y corrientes marinas. A mayor temperatura, le suceden, velocidades de corrosión más altas. Al ser la corrosión una reacción electro-química, y como le sucede a una reacción química, se acelera con la temperatura alta y disminuye con temperaturas bajas.

El pH de las aguas superficiales se encuentra entre los 7,5 y los 8,2 dependiendo del CO<sub>2</sub> disuelto. Está determinado por el intercambio entre el sistema aire-mar y la fotosíntesis de las plantas, de aquí se deduce la acidez debida a las disoluciones de CO<sub>2</sub> y una basicidad debida a la reducción del CO<sub>2</sub> en la fotosíntesis.

El H<sub>2</sub>S alcanza los 50 ppm o más, y junto con el amoniaco en aguas contaminadas en estuarios desembocadura de ríos, puertos, etc. La corrosión de los aceros se favorece en medios ácidos mientras que en soluciones alcalinas fuertes se previene la corrosión. Un ejemplo de este comportamiento es el aluminio y el zinc, donde ambos tienen poca corrosión en pH=7 pero mucha corrosión en zonas ácidas fuerte y zonas alcalinas fuertes, con la capacidad de protección del acero.

Organismos biológicos formación de películas bacterianas, crecimiento de vegetación a partir de esporas en adhesión de animales, gusanos, percebes, mejillones. Los cuales tienen un efecto dentro de la corrosión del casco, al producir sustancias, tales como ácido sulfúrico acelerando la corrosión y dañando el recubrimiento, donde además afecta al avance del buque. Los biológicos en la obra viva del casco puede ser perjudicial dado que al desprenderse los microorganismos llevan consigo la película del anti-incrustante dejando el metal descubierto.



Se distingue por tanto, la obra viva de la obra muerta, en tanto al mantenimiento como a las calidades y propiedades químicas de las pinturas, tipo de superficie a proteger, durabilidad requerida del pintado y planificación de los procesos de pintado.

### 1.3.2. CORROSIÓN. [3]

Estas corrosiones se alcanzan por medios que pueden ser químicas o secas (corrosión directa) o corrosión electro-química (corrosión húmeda). Se pueden dar en ambientes atmosférico, sumergido, enterrado, gases calientes, ácidos, etc.

Algunos metales se corroen en mayor magnitud y rapidez que otros, los cuales se corroen muy poco y son llamados metales nobles. Según la serie galvánica, véase Figura 2, se muestra la capacidad de sacrificio entre metales, el más electro-negativo trabajara como ánodo y el menos electronegativo como cátodo.

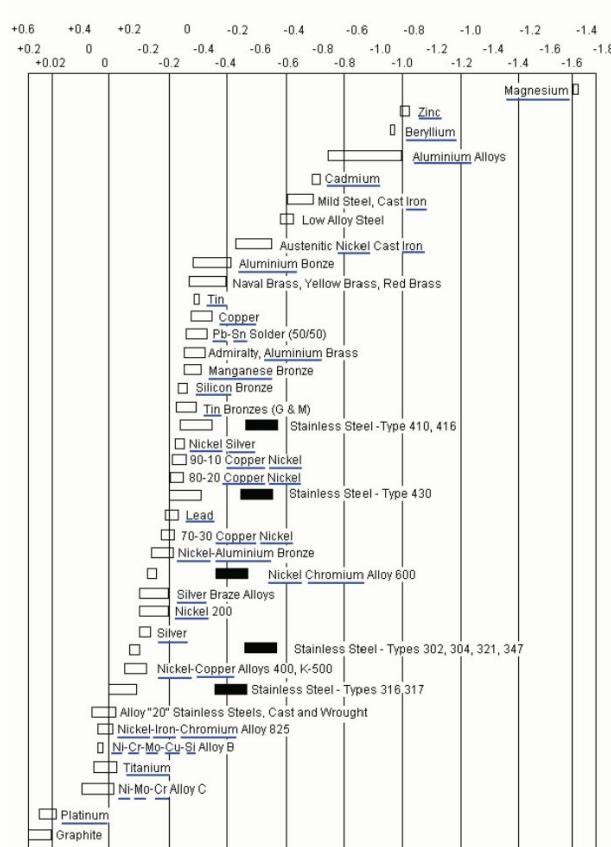


Figura 2. Tabla galvánica series galvánicas. [4]



La construcción metálica de los cascos y estructuras de los buques, en las distintas industrias, son aleaciones de aceros y están sometidos a un ambiente corrosivo, tal como es el agua de mar. De las muchas definiciones de corrosiones, contenidas en la norma UNE-EN-ISO 8044:2015, en este tratado nos ocuparemos de las más habituales:

- Corrosión general.
- Corrosión por picado- corrosión por hendidura.
- Corrosión bimetálica.
- Corrosión mecánica.

#### **1.3.2.1. CORROSIÓN GENERAL.**

Se presenta de forma homogénea, con una pérdida de material uniforme. Ocurre en metales que no presentan contacto con otro metal. En su superficie se sitúan pequeñas zonas anódicas con catódicas, debido a las ligeras diferencias de iones en el medio en el cual se encuentran. Se presentan en zonas totalmente atmosféricas y en zonas totalmente sumergidas. Se puede evitar con ánodos de sacrificio.

#### **1.3.2.2. CORROSIÓN POR PICADO.**

Estas corrosiones en la Figura 3, con apariencia de picado, ocurre cuando la película de óxido natural, de los aceros al carbono por laminación, o los recubrimientos de los aceros inoxidables presentan puntos débiles por una acción mecánica y/o química, tales como los cloruros, se producirá una corrosión concentrada y perforante. Al estar la entrada en contacto con iones se convierte en cátodo y al profundizar los iones se agotan y se convierte en ánodo, a más profundidad menos iones y mayor es la velocidad de corrosión, tienen un riesgo alto de pasar desapercibidas.

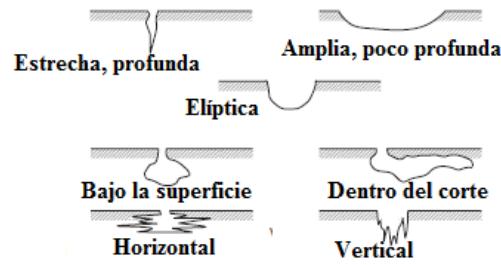


Figura 3. Ejemplos de corrosiones por picado. [5]

#### 1.3.2.3. CORROSIÓN POR HENDIDURA.

En una hendidura entre dos metales se filtra un electrolito [6] y por la circulación del mismo y la proximidad de los metales, se genera una diferencia de potencial donde la parte interna será el ánodo y la externa el cátodo, véase Figura 4.

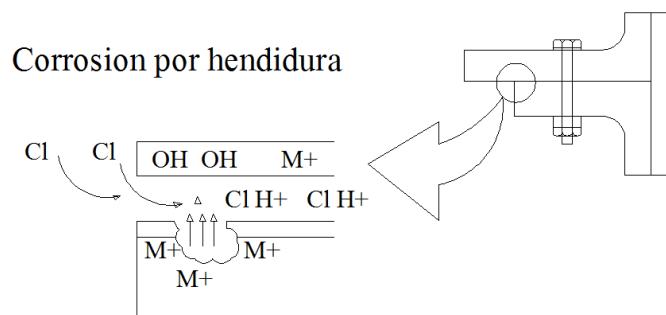


Figura 4. Ejemplo de corrosión por hendidura en agua de mar. Fuente propia.

#### 1.3.2.4. CORROSIÓN BIMETÁLICA (GALVÁNICA).

Sucede entre diferentes metales y/o aleaciones en contacto entre sí o por electrolito donde el metal ánodo se corroerá para proteger al metal cátodo. La velocidad de corrosión y la intensidad dependerá de las superficies en contacto, de la composición del electrolito, de la conductividad de cada metal, etc.



### 1.3.2.5. CORROSIÓN ESTRÉS.

Es la combinación de un esfuerzo mecánico y el ambiente corrosivo. El metal bajo fuerzas de tensión puede corroerse con mayor velocidad, al desarrollar microscópicas fisuras que son infiltradas por el ambiente corrosivo. Estas fuerzas de tensión pueden deberse a los grandes cambios de temperatura. La única manera de evitarla es limitar los esfuerzos tensores de la estructura o mecanizado.

### 1.3.2.6. CORROSIÓN ATMOSFÉRICA.

El estudio del casco, en dique seco, determinan las necesidades del tratamiento superficial antes de pintar, que garanticen la cohesión, duración y garantías de la pintura. Todo ello recogido en la ISO 12944, “Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores” y en la ISO 4628 “Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos”.

La norma ISO12944-1 distingue seis categorías de corrosión atmosférica denominadas de menor a mayor de C1 a C5, al seleccionar un sistema de pintura es fundamental las condiciones ambientales y de operación de la estructura, para tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de pintura utilizada para el recubrimiento.
- Espesor total del sistema de pintura.
- La preparación de la superficie requerida para alcanzar la especificación objetivo.
- Los intervalos de repintado mínimo y máximo atendiendo a las variables (temperatura, humedad relativa, punto de rocío, clima soleado o nublado, etc.) durante y tras su aplicación.

La ISO12944-2 da las clasificaciones de la corrosión según las condiciones atmosféricas, el suelo y el agua, véase Figura 5. Esta norma es una evaluación muy general basada en la velocidad de corrosión del acero al carbono y el zinc. No refleja



exposiciones a la temperatura, ni exposiciones químicas y/o mecánicas específicas. No obstante la especificación estándar, en general, aun se puede aceptar como un buen indicador para los sistemas de pinturas.

Categoría de corrosividad	Pérdida de masa por unidad de superficie/pérdida de espesor (tras el primer año de exposición)				Ejemplos de ambientes típicos en un clima templado (solamente informativo)	
	ACERO DE BAJO CONTENIDO EN CARBONO		CINC		EXTERIOR	INTERIOR
	Pérdida de masa g/m <sup>2</sup>	Pérdida de espesor µm	Pérdida de masa g/m <sup>2</sup>	Pérdida de espesor µm		
C1 muy baja	≤10	≤1,3	≤0,7	≤0,1		Edificios con calefacción y con atmósferas limpias, por ejemplo: oficinas, tiendas, colegios, hoteles.
C2 baja	>10 y hasta 200	>1,3 y hasta 25	>0,7 y hasta 5	>0,1 y hasta 0,7	Atmósferas con bajos niveles de contaminación. Áreas rurales en su mayor parte.	Edificios sin calefacción donde pueden ocurrir condensaciones, por ejemplo: almacenes, polideportivos.
C3 media	>200 y hasta 400	>25 y hasta 50	>5 y hasta 15	>0,7 y hasta 2,1	Atmósferas urbanas e industriales, con moderada contaminación de dióxido de azufre. Áreas costeras con baja salinidad.	Naves de fabricación con elevada humedad y con algo de contaminación del aire, por ejemplo: planta de proceso de alimentos, lavanderías, plantas cerveceras, plantas lácteas.
C4 alta	>400 y hasta 650	>50 y hasta 80	>15 y hasta 30	>2,1 y hasta 4,2	Áreas industriales y áreas costeras con moderada salinidad.	Plantas químicas, piscinas, barcos y astilleros.
C5-I muy alta (industrial)	>650 y hasta 1.500	>80 y hasta 200	>30 y hasta 60	>4,2 y hasta 8,4	Áreas industriales con elevada humedad y con atmósfera agresiva.	Edificios o áreas con condensaciones casi permanentes, y con contaminación elevada.
C5-M muy alto (marino)	>650 y hasta 1.500	>80 y hasta 200	>30 y hasta 60	>4,2 y hasta 8,4	Áreas costeras y marítimas con elevada salinidad.	Edificios o áreas con condensaciones casi permanentes, y con contaminación elevada.

Figura 5. Clasificaciones de la corrosión según condiciones atmosféricas. [7]

### 1.3.3. PINTURAS.

Según su composición química, Figura 6, tenemos en líneas generales estas bases de pinturas, denotadas entre temperaturas máximas y mínimas de aplicación.

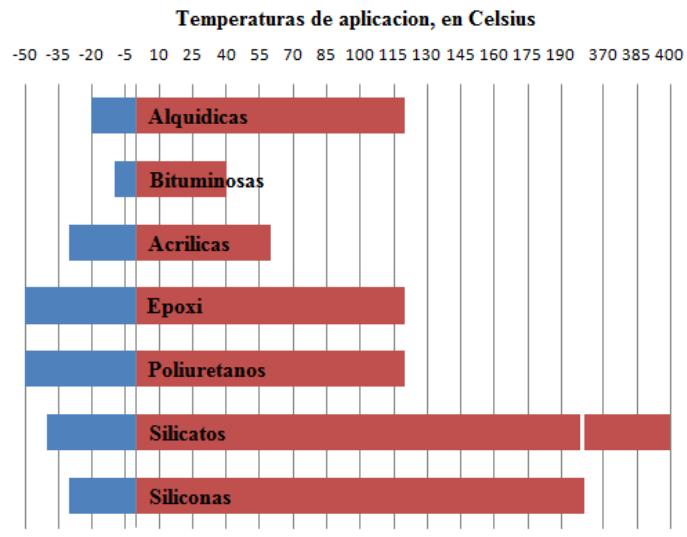


Figura 6. Clasificación de pinturas. [8]

La durabilidad es un apartado de la norma ISO 12944-5, donde ha especificado un rango de cuatro intervalos de tiempo para clasificar la durabilidad:

- BAJA-L  $\leq 7$  años
  - MEDIA-M de 7 a 15 años
  - ALTA-H de 15 a 25 años
  - MUY ALTA-VH mas de 25 años

El intervalo de durabilidad no es un periodo de garantía, pero sirve para ayudar al propietario a establecer un programa de mantenimiento. Un periodo de garantía es una consideración que constituye el aspecto legal de las cláusulas en el contrato y no está dentro del alcance de esta parte de la norma ISO 12944-5. Los períodos de garantía es más corto que el intervalo de durabilidad. Los sistemas de pinturas clasificados entre 5 y 15 años de durabilidad son todos clasificados como durabilidad media.

Mantenimiento de recubrimientos en los sistemas de pinturas, según norma ISO 12944-4 ” el mantenimiento de las superficies previamente cubiertas, se debe comprobar el estado en que se encuentra el recubrimiento y las superficies existentes, usando para ello métodos apropiados, por ejemplo norma ISO 4628, a fin de



determinar si debería emplearse un repintado completo o parcial. El tipo de preparación de la superficie y del sistema de pintura protector debe entonces ser especificado. El fabricante de la pintura debe ser consultado para recomendaciones. Se pueden preparar aéreas de ensayo para comprobar las recomendaciones del fabricante”.

- Los recubrimientos protectores son aplicados en capas principales a saber:
- Primer: Esta capa asegura una adhesión adecuada a la superficie metálica. Se añaden sólidos, a modo de pigmentos, que previenen la corrosión.
- Capas intermedia: Sistema de pintura construida a capas y posee el mayor espesor para ofrecer una buena barrera ante la corrosión.
- Capa superior (top coat): Ofrece el color final y el brillo de acabado final. Ofrece una resistencia química y una resistencia mecánica.

#### **1.3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS PINTURAS.**

La norma ISO 12944-5:2018 define la pintura como “una capa pigmentada de material el cual, cuando es aplicado a un sustrato, forma una película seca opaca con característica protectora, decorativa o propiedades técnicas específicas”. Los sistemas de pintura se utilizan para la protección de estructuras de acero frente a la corrosión. Nuevas tecnologías se desarrollan, con propósitos de aplicación específicos, las pinturas pueden clasificarse como pinturas en base disolvente, en base agua o exenta de disolvente. Los pigmentos, los compuestos sólidos y aditivos son importantes ingredientes de la pintura, dependiendo de la composición, los recubrimientos pueden variar drásticamente según la tecnología de aglutinante empleada.

En los recubrimientos reversibles, la película, se seca por evaporación del disolvente sin cambio de forma, es decir el proceso es reversible y la película puede disolverse de nuevo en el solvente original en cualquier momento, tal como: la goma clorada (GC), copolímeros de cloruro de vinilo (PVC) y polímeros acrílicos (AY).

En los recubrimientos irreversibles, la película seca por la evaporación del solvente seguido de la reacción química por coalescencia, donde se genera una nueva



estructura química. El proceso es irreversible, no se puede recuperar la pintura por disolverla en el solvente original.

#### 1.3.3.2. CLASIFICACIÓN DE PINTURAS.

En líneas generales, las pinturas y barnices, se categorizan por las propiedades químicas y propiedades físicas:

- **Pinturas Alquidicas (AK):** En este grupo las pinturas de un solo componente, la dureza y/o forma de la película es por evaporación del solvente y/o agua, y por reacción del aglutinante con oxígeno de la atmósfera.
- **Pinturas Acrílicas (AY):** Pinturas de un solo componente, con base agua o con base solvente. La película de las pinturas acrílicas con base solvente secan por la evaporación del solvente sin ningún cambio de estructura química, el proceso es reversible, y la película de pintura se puede disolver en el solvente original en cualquier momento. La pintura acrílica con base agua el aglutinante está disperso en el agua. La película se endurece por evaporación del agua y la coalescencia del aglutinante forma la película de pintura; el proceso es irreversible y no se disuelve en agua tras el curado.
- **Pinturas Etil-silicatos (ESI):** Primers de etil-silicato de zinc son de un componente y de dos componentes. La película de pintura, seca por la evaporación del solvente y tiene un curado químico por la reacción con la humedad del aire. La versión de dos componentes consisten en un componente líquido, que es el aglutinante, y un componente en polvo, que es el polvo de zinc. La mezcla resultante tiene un tiempo de uso limitado. En el tiempo de secado influye mucho la humedad, a menor humedad relativa, más lento es el curado.



- **Pinturas Epoxi (EP):** Pinturas de dos componentes, donde la pintura, seca por la evaporación de solventes y curan por reacción química entre una base y un agente catalizador la mezcla tiene un tiempo de aplicación limitado. El aglutinante es un polímero del grupo epoxi (epoxi vinilica, epoxi acrílica); pueden presentarse en base solvente, en base agua o libre de solvente. El tiempo de secado depende sobre todo de la temperatura y circulación del aire. La mayoría de recubrimientos epoxi reaccionan y degradan con la luz solar y precisan de una top coat.
- **Pinturas de Poliuretano (PUR):** Las pinturas de un solo componente, secan por evaporación del solvente y por la reacción química con la humedad del aire. El proceso es irreversible, los recubrimiento de poliuretano alifáticos y también aromáticos son permitidos. Los de tipo aromático no se recomiendan para top coat, ya que tienden a perder el color. Las pinturas de poliuretano de dos componentes secan por evaporación de solventes y curan por la reacción química entre una base y un catalizador, que contiene un poliisocianato aromático o alifático. La mezcla tiene un tiempo de aplicación limitado. Los tiempos de secado en un componente y en dos componentes dependen de la circulación del aire la humedad relativa y la temperatura.
- **Pinturas poliaspárticas (PAS):** Las pinturas de dos componentes secan por evaporación de solventes y curan por la reacción química entre la base y el catalizador la mezcla tiene un tiempo de aplicación limitado. El proceso es irreversible. Los tiempos de secado dependen de la circulación del aire la humedad relativa y la temperatura.
- **Pinturas polisiloxano (PS):** Pueden ser pinturas de un componente o de dos componentes. Estas pinturas poseen una parte inorgánica usando resina de siliconas y una parte orgánica, usando una resina que es tipo base acrílica,



base acrilato o base epoxi. La de un solo componente seca por evaporación de solvente y con una reacción química con la humedad del aire, siendo esta una reacción irreversible. La de dos componentes se seca por combinación de la evaporación del solvente y cura por la reacción entre la base y el catalizador. La mezcla tiene un tiempo de aplicación limitado.

#### 1.3.3.3. DEFECTOS DE PINTADO.

Los defectos de pintado deben de ser observados con una buena iluminación tal como indica la norma ISO 13076. Los defectos de pintado tienen una amplia variedad de clasificarse pero a grandes rasgos se pueden separar en:

- Mala estiba de los envases de pintura.
- Defectos de limpieza, oxido y rugosidad de la superficie y/o defectos de aplicación de la pintura.
- Defectos durante el curado, reacción atmosférica y solvente.
- Defectos mecánicos durante la vida útil del recubrimiento.

#### 1.3.3.4. TIPOS DE FALLOS EN RECUBRIMIENTOS.

Los tipos de fallos a continuación, no son los únicos, pero si los más reconocidos del sector marino:

- **Piel de naranja:** Tal como Figura 7, su apariencia recuerda a la piel de naranja, sucede cuando el recubrimiento pierde disolvente durante el proceso de aspersión. La forma de evitarlo es reduciendo la distancia de aplicación o aumentar el ratio de la boquilla.

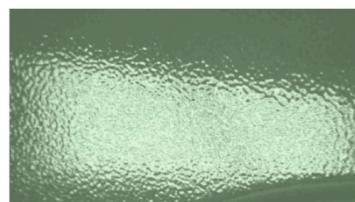


Figura 7. Ejemplo "piel de naranja". [9]



- **Ojo de pez:** Tal como Figura 8, la formación de diminutos agujeros en la capa húmeda de la pintura durante la aplicación y el secado. La causa suele ser diluyente o aire atrapado entre la película de pintura la cual asciende a la superficie, este micro tubo no se rellena mientras la película permanece fluida.



Figura 8. Ejemplo "ojos de pez". [10]

- **Burbujas:** Tal como Figura 9, son pequeños agujeros o burbujas en zonas localizadas. La causa probable, de este fallo, se puede deber a un exceso de burbujas en la mezcla, por exceso de diluyente muy volátil y/o agitación. Puede darse en la aplicación por rodillo.



Figura 9. Ejemplo "burbujas". [11]

- **Ampollas:** Tal como Figura 10, son proyecciones con forma de domo en la pintura seca debido a perdida de adhesión, de la capa subyacente. Las ampollas pueden contener líquido, gas o cristales de diversas sales. La causa más probable es una mala limpieza de la superficie de grasa, aceites, sales, óxidos; los cuales reaccionan con el solvente produciendo vapor de hidrógeno.



Figura 10. Ejemplo de "ampollas". [12]

- **Arrugados-levantados:** Tal como Figura 11, se forman arrugas en la capa superficial, durante el secado, ello conlleva perdida de adhesión. La causa más probable es que en la preparación de la superficie se usaran solventes no aptos para el sistema de pinturas, los cuales mantienen fluida las capas subyacentes mientras la superficial se seca.



Figura 11. Ejemplo "Arrugados-levantados". [13]

- **Goteos-escurridos:** Tal como Figura 12, esto puede deberse a la baja viscosidad del recubrimiento, implicaría una mezcla incorrecta de diluyente; solo deben aplicarse los solventes y en las mezclas entregadas por el fabricante.



Figura 12. Ejemplo "goteos-escurridos". [14]

- **Craquelados:** Tal como Figura 13, la película de pintura esta fraccionada. Las fracciones pueden ser en la superficie, a través de las capas del sistema de pintura hasta el sustrato. Dependiendo de la profundidad de las grietas y el patrón, que presenta, recibe distintos nombres tales como patas de cuervo, piel de cocodrilo, grietas efecto barro, etc. El método preventivo seria evitar

espesores excesivos y dejar secar de modo apropiado las distintas capas de pintura.



Figura 13. Ejemplo de craquelados. [15]

- **Sangrado:** Tal como Figura 14, la decoloración de la película de pintura debido al desplazamiento, de los pigmentos de la capa subyacente, del sistema de pinturas. Típico en el pintado de superficies con sustancias bituminosas.



Figura 14. Ejemplo de "sangrado". [16]

- **Vacuolas:** Son vacíos en el sistema de pinturas, su apariencia es similar a un queso gruyer, visto en un corte en sección.
- **Marcas de parches:** Exceso del espesor de pintura y/o insuficiente tratamiento de superficie. La solución es el lijado fino y limpiar.

### 1.3.4. PREPARACIÓN DE SUPERFICIES. [17]

#### 1.3.4.1. LIMPIEZA CON AGUA A PRESIÓN.

La limpieza puede ser llevada a cabo por el uso de numerosas normativas técnicas y con rangos de presión de agua y/o abrasivos muy amplios. Los términos limpieza con abrasivos y limpieza con agua a presión normalmente describen y definen los procesos de limpieza mismos. Las fronteras entre normativas técnicas se dan a distintas presiones y objetivos. La norma americana SSPC designa con SSPC-SP WJ

seguido del grado de preparación que varía desde 1 hasta 4. La Tabla 1 ofrece equivalencias entre las distintas normativas.

Limpieza con abrasivo	Norma SSPC	Limpieza solo agua	SSPC/NACE	ISO 8501-4:2018
Metal blanco	SP 5/SP 1	sustrato desnudo	WJ-1	Wa 3
Metal semiblanco	SP10/SP 2	muy minucioso	WJ-2	Wa 2 1/2
Metal comercial	SP6/ SP3 SP14/SP8	minucioso	WJ-3	Wa 2
Metal industrial				
Cepillado, granallado ligero	SP7	ligero	WJ-4	Wa 1

Tabla 1. Equivalencias entre normas. [18]

La norma ISO 8501-4:2020, distingue entre:

- **Agua para la preparación de superficie (SP water):** Agua con suficiente calidad y pureza que no impide de alcanzar el grado deseado de limpieza de superficie y los criterios de contaminación no visible deseados. Este agua no debe contener sedimentos u otras impurezas que son destructivas hacia el apropiado funcionamiento de los equipos de limpieza.
- **Agua de limpieza (WC):** Usa agua SP presurizada, disparada de la tobera para quitar la materia de la superficie a tratar. Por debajo de 700 bar se llama limpieza por agua y se clasifican como:
  - Limpieza por baja presión de agua, LP WC (Low-Pressure Water Cleaning), toda limpieza obtenida a presiones menores de 340 bar.
  - Limpieza por alta presión, HP WC (High-Pressure Water Cleaning) la limpieza obtenida a presiones entre 340 bar y 700 bar.
- **Waterjetting (WJ):** Utiliza el agua SP, descargada por la tobera del equipo, a presiones de 700 bares o mayores para preparar la superficie para



recubrimiento o inspección. La velocidad de salida del agua por el equipo es mayor de 340 m/s. Los datos de Waterjetting suelen darse en bar y litros por minuto, haciendo referencia al orificio de la tobera; por el rango de presiones se distinguen:

- Waterjetting alta presión (HP WJ): Se usa a presiones de 700 bar a 2100 bar.
- Waterjetting ultra alta presión (UHP WJ): Se usa a presiones superiores a 2100 bar hasta 3000 bar.

La limpieza con agua no requiere de una gran operación de limpieza y no se gasta en abrasivos, por lo que su beneficio es obvio. Su uso en la industria es principalmente para proyectos de repintado donde permanece una adecuada superficie de referencia, tal como un grado C. La limpieza por agua a presión, waterjet cleaning, ISO8501-4:2020, se denota por Wa seguido del acabado superficial:

- **Wa 1, Chorreado ligero con agua a alta presión:** cuando la superficie se observa sin ampliación, debe de estar libre de aceite visible, grasa, suciedad, óxido suelto, sueltos o desprendimientos de pintura y otras materias extrañas. Cualquier contaminación residual tendrá que estar dispersa aleatoriamente y puede consistir en recubrimientos firmemente adheridos, materias extrañas y/o óxidos firmemente adheridos.
- **Wa 2, Chorreado minucioso con agua a alta presión:** cuando la superficie se observa sin ampliación, debe de estar libre de aceite visible, grasa, suciedad, la mayoría de óxido, recubrimiento de pintura anterior y otras materias extrañas. Cualquier contaminación residual tendrá que estar dispersa aleatoriamente y puede consistir en recubrimientos firmemente adheridos, materias extrañas firmemente adheridas y manchas de óxido previamente existentes.
- **Wa 2 ½, chorreado muy minucioso con agua a alta presión:** cuando la superficie se observa sin ampliación, debe de estar libre de todo visible óxido, aceite grasa y suciedad. Ligeras trazas de óxido fino firmemente adherido previo; ligeras trazas de fino y firmemente adherido recubrimientos



de pintura y ligeras trazas de otras materias extrañas pueden permanecer. Cualquier residuo de contaminación debería ser disperso, descoloración de la superficie puede estar presente donde el recubrimiento original no estaba intacto.

- **Wa 3, chorreado de agua sobre substrato:** Cuando visto sin magnificación, la superficie debería estar libre de todo visible, previo oxido, aceite, grasa, suciedad, anteriores recubrimientos de pintura y de toda materia extraña. La superficie de acero puede o no puede aparecer uniforme. La descoloración de la superficie puede presentar donde el recubrimiento original no estaba intacto.

Es importante empezar a limpiar tan pronto como el barco entre en dique seco si el crecimiento de contaminantes biológicos se secan, el sustrato ser mucho más difícil de retirar la presión de servicio mínimo a 250 bar, en la tobera. Algo de la pintura antifouling se puede arrancar en la limpieza del casco y cierto tipo de biológicos calcáreos puede precisar de rascado y/o amoladora para retirarlos.

No se recomienda desengrasar con disolventes y trapos, al incrementarse el riesgo de incendio, y además por que los productos extenderán una fina capa de aceite sobre la superficie a pintar. El desengrasado se hace con uso de detergentes alcalinos, tras aplicar los detergentes y dejarlos actuar estos deben ser eliminado por agua a baja presión, (LP WC), entre 250 bar y 345 bar. Esta limpieza por agua solo puede quitar aceites, grasas, polvo y algo de contaminación. No puede retirar, por si misma, las capas de laminación de oxido, el oxido y recubrimientos. Dado la importancia de la calidad del agua para el lavado, se pueden exigir certificados de origen, que aseguren que no hay contaminación en el agua que afecte a los trabajos de pintura.

#### 1.3.4.2. CONDICIONES INÍCIALES DE SUPERFICIE.

Según la norma ISO 8501-4:2020, apartado 4, se describen cinco condiciones superficiales al inicio, véase Tabla 2, las tres primeras son designadas DC A, DC B, DC C son específicas para superficies de acero que se han degradado desde el chorreado y en el caso de DC A y DC B, fueron pintadas con un sistema de pintura



protector. La condición de DC C es intencionada y usada para ambos situaciones cuando el sistema de recubrimiento se había aplicado y cuando ningún sistema de recubrimiento fue implementado. También se tiene en cuenta dos condiciones más, DP I, cuando el sistema de pintura se degrado con un primer de óxido de hierro; y DP Z, cuando el sistema de pintura se degrado con un primer de silicato de zinc. Esta designación posee un patrón pictográfico como referencia.

<b>DESCRIPCIÓN DE CONDICIONES DE SUPERFICIE INÍCIALES</b>	
DC A	Una superficie donde el recubrimiento se degradó al punto ilustrado por ISO 4628-3 grado Ri 3.
DC B	Una superficie donde el recubrimiento se degradó al punto ilustrado por ISO 4628-3 grado Ri 4.
DC C	Una superficie donde el recubrimiento se degradó al punto ilustrado por ISO 4628-3 grado Ri 5.
	O donde la superficie está completamente degradada como el patrón ISO 8501-1 óxido grado C.
DC I	El primer de epoxi base con óxido de hierro se ha degradado.
DC Z	El primer con silicato de zinc se ha degradado.

Tabla 2. Condiciones iniciales de la superficie. [17]

#### 1.3.4.3. GRADOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

Las preparaciones de superficies están normalizadas por varias asociaciones internacionales. Estas definen la terminación deseada y el grado de granulado a alcanzar. Se usan patrones fotográficos, discos comparadores y transparencias de referencia para cerciorarse de que se ha alcanzado. Estos métodos tienen un carácter subjetivo de interpretación. Las más utilizadas y han sido homologadas por ASTM, son la SIS (Swedish Institute for Standards) y la SSPC (Steel Structures Painting Council Pittsburgh), véase Tabla 3. En la norma ISO 12944-4:2017 anexo A, se hace una equivalencia entre las normativas pictóricas.

Norma SIS	Norma Americana	Norma SSPC	Norma Francesa	Norma Inglesa	Norma NACE
Sa 3	Metal blanco	SP 5	DS 3	First quality	Nace 1
Sa 2½	Metal semiblanco	SP10	DS 2,5	Second quality	Nace 2
Sa 2	Metal comercial	SP6	DS 2	Third quality	Nace 3
Sa 1	Cepillado, granallado ligero	SP7	DS 1		Nace 4

Tabla 3. Equivalencias entre normativas. [19]

Las superficies de acero se limpiarán para quitar el aceite, grasa, detergentes, etc. Las capas gruesas de óxido se retiran por medios mecánicos, tal como el escariador de agujas o pistola de agujas, antes de preparar la superficie. La Tabla 4 muestra las equivalencias entre normas a las preparaciones de superficie.

	SSPC	SIS
<b>Limpieza solventes</b>	SP 1	
<b>Limpieza manual</b>	SP 2	St 2
<b>Limpieza con fuego y cepillos alambre</b>	SP 3	St 3
<b>Chorro abrasivo hasta metal blanco</b>	SP 4	
<b>Chorro abrasivo comercial</b>	SP 5	Sa 3
<b>Chorro abrasivo brush off</b>	SP 6	Sa 2
<b>Decapado</b>	SP 7	Sa 1
<b>Exposición ambiental y chorro abrasivo</b>	SP 8	
	SP 9	
<b>Chorro abrasivo hasta semiblanco</b>	SP 10	Sa 2 ½

Tabla 4. Equivalencias entre SSPC y SIS. [20]



- St 2 y St 3: Se alcanza por uso de raspado y cepillado, manual y/o mecánico.
- Sa 1, Sa 2, Sa 2 ½, Sa 3: Se alcanza por proyección de partículas abrasivas, de menor a mayor grado.

En este método se codifican y combinan el punto de partida, estado de la superficie previa a la preparación, con la superficie ya preparada. Al ser una norma pictórica adjuntamos las referencias a color en Figura 15.



Figura 15. Normativa pictórica patrón ISO 12944. [21]

La norma ISO 8501-1:2015 define, para superficies de acero laminadas en caliente los cuatro grados diferentes de herrumbre como A, B, C y D; a partir de cada grado de herrumbre se definen los grados de preparación de superficies, por ejemplo en norma americana partimos de un grado de herrumbre B y alcanzamos un SP6 se denota por B SP6; su equivalente seria B Sa 2, véase Tabla 4.

La definición de los cuatro grados de herrumbre seria:

- **Grado A:** Superficie de acero con la capa de laminación intacta en toda la superficie prácticamente sin corrosión.



- **Grado B:** superficie de acero con principio de corrosión y en la cual la capa de laminación comienza a desprenderse.
- **Grado C:** superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión o la capa de laminación puede ser eliminada por raspado, pero en la cual no se han formado en gran escala cavidades visibles.
- **Grado D:** superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión y se han formado en gran escala cavidades visibles.

La definición de los grado de preparación de superficies son: limpieza por fuego (FI), limpieza por decapado ácido (Be), limpieza manual y a máquina (St), limpieza por granallado o chorreado (Sa):

- **Grado FI:** Despues de aplicar la llama se pasa a limpiar con un cepillo de alambre, eléctrico o neumático. Cuando visto sin magnificación, la superficie debería estar libre de laminas de oxido, recubrimientos de pintura y materias extrañas. Cualquier residuo permanece como una descoloración de la superficie.
- **Grado Be:** El decapado ácido implica la inmersión del componente en un baño que contiene un ácido inhibidor adecuado, que elimina la calamina y el oxido. La superficie expuesta no debe ser atacada por el ácido de manera apreciable. El decapado ácido solo es adecuado para su uso en condiciones de fabrica cuidadosamente monitoreadas y normalmente no es un proceso *in situ*.
- **Grado St 2:** Raspado, cepillado manual con cepillo de acero, rasquetas, piquetas, pistola de agujas, etc. Mediante el tratamiento se quitaran las capas sueltas de laminación, el oxido y las partículas extrañas. Luego se limpiara la superficie con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio. Debe de obtenerse un suave brillo metálico. El aspecto deberá coincidir con las figuras de la designación St 2.



- **Grado St 3:** Raspado, cepillado manual con cepillo de acero, cepillado a máquina, esmerilado a máquina, lijadora neumática, pistola de agujas, etc. La superficie se tratará como un St 2 pero de manera mucho más minucioso. Luego se limpiara la superficie con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio. Debe de obtenerse un claro brillo metálico. El aspecto deberá coincidir con las figuras de la designación St 3.
- **Grado Sa 1, granallado ligero:** Cuando la superficie se observa sin ampliación, no se debe observar a simple vista aceite, grasa o suciedad, ni cascarilla de laminación, óxido, recubrimientos de pintura o materias extrañas débilmente adheridas el aspecto debe coincidir con las figuras para la designación Sa1.
- **Grado Sa 2, granallado minucioso:** Cuando la superficie se observa sin ampliación, no se debe observar a simple vista aceite, grasa o suciedad, ni prácticamente, tampoco, cascarilla de laminación, óxido, recubrimientos de pintura o materias extrañas (sales solubles, residuos de soldaduras, etc.) poco adheridas el aspecto debe coincidir con las figuras para la designación Sa2.
- **Grado Sa 2 ½, granallado muy minucioso:** Cuando la superficie se observa sin ampliación, no se debe observar a simple vista aceite, grasa o suciedad. Las capas de laminación de óxido y partículas extrañas se quitan de una manera tan perfecta que los restos solo aparezcan con ligeras manchas o rayas; el aspecto debe coincidir con las figuras para Sa 2 ½.
- **Grado Sa 3, granallado a metal blanco:** Cuando la superficie se observa sin ampliación, no se debe observar a simple vista aceite, grasa o suciedad. Toda capa de laminación, todo el óxido y todas las partículas extrañas se quitan sin dejar ninguna traza ni resto de contaminante, deberá adquirir un color metálico uniforme y el aspecto debe coincidir con las figuras para Sa3.

Según la norma 12944-4:2017; si permanecen áreas del recubrimiento de pintura, se realizará una “preparación superficial secundaria”. La norma 8501-2 describe la



preparación parcial (P), para la preparación de superficies por chorreado localizado como PSa 2, PSa 2 ½ , PSa 3; para la limpieza localizada con herramienta manuales y mecánicas como P St 2, P St3 y la abrasión localizada por maquinas, PMa.

La norma 8501-4:2020 en su apartado 6 recoge que la oxidación instantánea e nueva formación en el acero al carbono mientras el substrato se está secando después del granallado con agua. Se especifican tres grado de oxidación instantánea, flash rust (FR), designado como oxidación baja ( FR L), oxidación media (FR M), oxidación alta (FR H). La forma más fácil distinguirlas es si al pasar un trapo por su superficie este se queda manchado con el óxido, donde FR L apenas se marca, en FR M se marca un poco y en FR H se queda notablemente manchado. A todo ello se acompañan con patrones fotográficos.

### **1.3.5. HERRAMIENTAS MANUALES.**

Las herramientas manuales, para la preparación de superficies, no es lo más usado de manera profesional, el aumento de uso de robots con unos mejores costes industriales permitirán apalancarlo a casos especiales. El uso de herramientas manuales implican mano de obra atlética, mayor tiempo de obra y paciencia; con un resultado poco superior, si cabe, al estándar. Entre estas preparaciones de las superficies de acero están:

- Rascadores, para eliminar óxidos y pinturas viejas.
- Cepillos de alambre, para eliminar óxidos.
- Martillos, para descascarillar las láminas de óxido y depósitos.
- Papel de lija y estropajos abrasivos, para desbastar el óxido.

### **1.3.6. HERRAMIENTAS MECÁNICAS.**

En este apartado se incluyen las herramientas mecánicas, eléctricas y neumáticas, principalmente usadas en la industria. Son herramientas con un fácil uso e

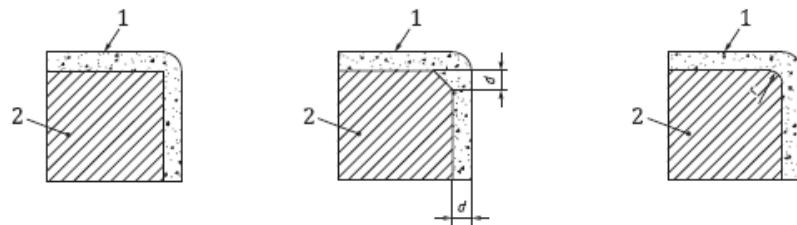


instrucción de uso, tienen una producción mucho mayor que las herramientas manuales aunque se le reconocen ciertas limitaciones, su forma de operar es por acción rotativa o de impacto, entre estas se distinguen:

- La amoladora, permite el uso de acoples de cepillo de alambre y discos, de desbaste y corte. Elimina el óxido por giro y rozamiento, alcanza corrección de defectos de acero por soldaduras, salpicaduras, cascarillas de laminación.
- Lijadora Orbital, permite el uso de lijas de varios grados y elimina el óxido por giro y rozamiento, apta para los biselados de los sistemas de pintura, en los parcheos.
- Martillo escariador o Pistola de aguja, para eliminar la cascarilla de óxido por varillas de tungsteno y accionamiento neumático.
- Martillo de pala, piqueta, para eliminar la cascarilla por impactos y accionamiento neumático.

La mayoría de estas herramientas son favorecidas para ser portátiles, por batería, pero a ciertas potencias es imposible que sea por cable o por manguera neumática. Estos son una lista de defectos tratados por amoladora norma 12944-3, véase Figura 16:

- Láminas de óxido, descascarillado, incrustaciones calcáreas, óxido firmemente adherido, materias extrañas.
- Cordón de soldadura, y defectos, tales como poros, hendiduras, salpicaduras, escorias de soldadura serán tratados como indica la norma ISO 8501-3:2017, a grado P2 como mínimo, bordes afilados rebajados a un radio mayor o igual a 2 mm.



a) Sharp edge, poor

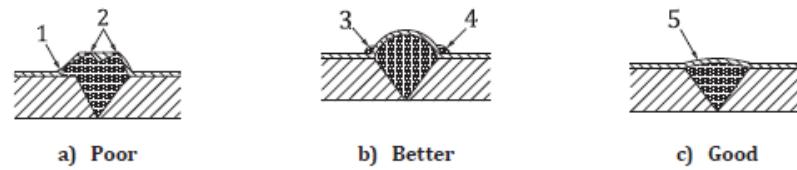
b) Chamfered edge, better

c) Rounded edge  $\geq 2$  mm, good

Key

- 1 protective paint system  
2 steel

Figure D.5 — Avoidance of sharp edges



a) Poor

b) Better

c) Good

Key

- 1 protective paint system  
2 irregularities  
3 weld insufficiently flat  
4 accumulated dirt  
5 smooth weld surface

Figura 16. Defectos a tratar por amoladora. [22]

Las ventajas obvias, de las herramientas manuales y mecánicas, son: herramientas portátiles, baratas, de fácil uso para accesos difíciles. Las desventajas se resumen en: baja productividad para el costo de mano de obra, las herramientas de impacto pueden perjudicar, con hendiduras y agujeros, la aplicación de pintura; y las herramientas giratorias pueden ofrecer una superficie demasiado pulida, que perjudica a la aplicación de pintura.

### 1.3.7. SISTEMAS DE GRANALLADO.

Estas son las herramientas más comunes para la preparación de superficies en grandes áreas. La superficie es limpiada por el disparo de partículas abrasivas sobre



la superficie a preparar. Los impactos de las partículas abrasivas arrancan el óxido y las láminas de óxido, afectando también a los viejos recubrimientos de pintura.

El recipiente del granallado se presuriza con el mismo aire comprimido que impulsa el abrasivo. Una válvula de seguridad en la parte superior del contenedor se abre para añadir más abrasivo. La presión manométrica negativa, del interior, evita que devuelva el abrasivo que introduce, en la corriente de aire, a través de la válvula dosificadora.

Debido a la normativa de prevención de riesgos laborales se prohíbe el chorreado en seco y con sílice, al ser este origen de la enfermedad profesional silicosis. Por lo que todo chorreado en el buque será húmedo, a fin de evitar partículas finas en el aire, la electricidad estática y chispas.

Las ventajas del granallado en húmedo son que elimina la mayor parte del polvo, mejora la eliminación de sales, cloruros, y otros contaminantes; También reduce los daños a aéreas adyacentes por el granallado. Los contra son que se puede producir la oxidación flash después del granallado y se precisan inhibidores para evitarlo; no es tan eficiente como el granallado en seco, además, tal vez se necesite achique en espacios cerrados para evitar reboses por el agua.

La clasificación del granallado húmedo se da por el cómo se incorporan el agua y el abrasivo, pudiendo ser:

- **Vapor abrasivo:** Tal como Figura 17, el agua y el abrasivo se mezclan en el mismo recipiente a presión y se chorrea por boquilla.

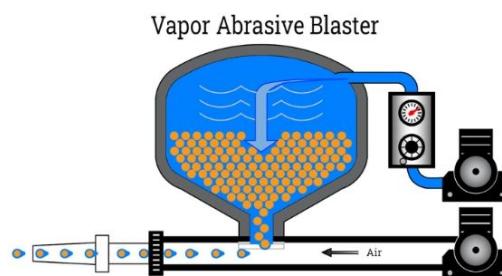


Figura 17. Esquema vapor abrasivo. [23]

- **Wet venturi:** Tal como Figura 18, la mezcla de abrasivo y agua es impulsada por el efecto venturi por la línea de aire, además de generar vacío en el recipiente. El vacío es equilibrado por el aporte de aire de un sistema independiente.

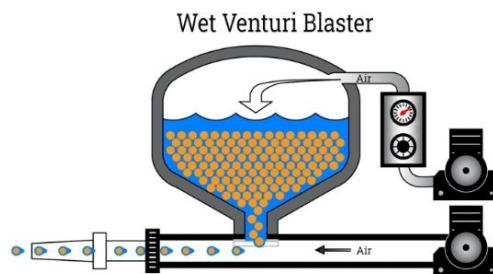


Figura 18. Esquema wet venturi. [24]

- **Slurry wet:** Tal como Figura 19, una modificación del equipo de granallado en seco. Donde se coloca una cortina de agua frente al granallado en seco o humedeciendo el abrasivo antes de salir de la tobera. Con ello se evita entre un 50 % y un 85% del polvo generado.

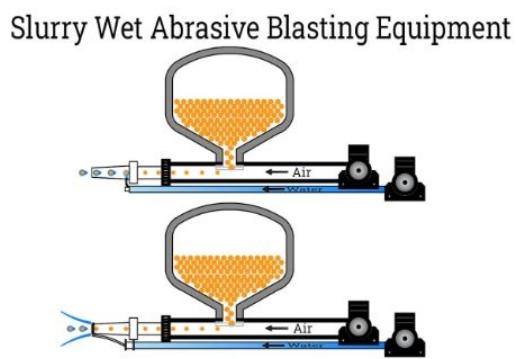


Figura 19. Esquema slurry wet. [25]

En nuestro trabajo, por normativas, solo se permite el granallado húmedo sin presencia de sílice en el abrasivo. Las ventajas del granallado con protección de agua son:

- Una alta productividad y crea un patrón de rugosidad de superficie, que en cierta medida depende del abrasivo utilizado.



- Buen patrón de superficie para la adhesión de la pintura.
- Se evita en parte la oxidación instantánea.

Las limitaciones son [26]:

- Equipo complejo de transporte y de maniobra debido a lo aparatoso para ciertos espacios con acceso difícil.
- Se requiere protección de superficies en caso de granallado parcial, para evitar alteraciones o contaminación de superficies.
- Equipo muy ruidoso.
- La productividad está relacionada con la presión a la salida de la tobera:
  - Presiones a la salida de tobera de  $7 \text{ kg/cm}^2$   $\geq 100\%$  productividad.
  - Presiones a la salida de tobera de  $5.6 \text{ kg/cm}^2$   $\geq 66\%$  productividad.
  - Presiones a la salida de tobera de  $4.2 \text{ kg/cm}^2$   $\geq 50\%$  productividad.
- La forma y tamaño de los abrasivos afectan al resultado superficie a preparar.
  - Angular (grit), partículas mayoritariamente angulares, que poseen caras fracturadas y bordes cortantes cuya cara redondeada no es superior a un semicírculo.
  - Esférico (shot), partículas mayoritariamente redondas, perdigón, que tienen una longitud menor al doble de la anchura máxima y que no presentan aristas, desconchones u otros defectos cortantes.
  - Cilíndrico, partículas mayoritariamente cilíndricas, que tienen una longitud mayor al doble de la anchura máxima y que presentan aristas, desconchones u otros defectos cortantes.

La calidad del abrasivo está regulado con la ISO 11124, la cual ofrece especificaciones para los abrasivos metálicos, y por la ISO 11126, la cual da especificaciones para los abrasivos no metálicos.



### 1.3.8. HERRAMIENTAS DE PINTURA. [27]

#### 1.3.8.1. BROCHA.

La aplicación de pintura por brocha puede dar bastante buen resultado, con una brocha de calidad y un uso correcto, permiten a las cerdas con pintura alcanzar cualquier recoveco e irregularidad de la superficie a pintar. También permite preparar la superficie para cuando se pinte con la pistola sin aire, las superficies lisas. La desventaja es que es poco productiva, por si sola y el espesor de película que se puede aplicar es limitado.

Detalles a tener en cuenta con el uso de la brocha para pintar:

- Las brochas nuevas hay que lavarlas con solventes de pintura, para retirarle las sustancias insolubles en agua que pudiera presentar. Dejar secar antes del primer uso.
- Sumergir en la pintura hasta la mitad de la longitud de las cerdas.
- La aplicación de pintura, deben ser movimientos continuos y regulares, la aplicación cruzada ayuda a formar un espesor de película uniforme, para terminar en una dirección y conseguir un buen acabado.
- Empujando el pincel se logra que las cerdas alcancen todos los agujeros.
- La mala aplicación de la pintura, con la brocha, provoca un efecto estético deficiente y por efecto del “rayado”, de las cerdas, un menor espesor de película.

#### 1.3.8.2. RODILLO.

La aplicación de pintura por rodillo es muy útil y hay muchos tamaños diferentes de felpa de poliéster y densidades, así como, de longitudes de rodillos o de pértigas para su uso en superficies elevadas.

Detalles a tener en cuenta con el uso del rodillo para pintar:

- Lavar el rodillo con agua y solvente y dejar secar antes del primer uso.



- Se usa la bandeja para cargar la pintura en el rodillo y retirar el exceso.
- La aplicación cruzada ofrece un espesor de película más uniforme y se termina en una dirección, para un mejor acabado.

El uso del rodillo no garantiza una buena imprimación del sustrato ni un espesor de película adecuado. Todo ello influye en no ser recomendado en superficies de acero sin recubrimiento salvo que sea la única forma de aplicar pintura.

#### **1.3.8.3. PISTOLA DE PINTURA, SIN AIRE.**

Este método de aplicación de pintura es el preferido por la mayoría de los profesionales en la industria y la construcción. Es un método rápido, eficaz y de costos muy contenidos; permite un gran espesor de película por aplicación en varias capas y ofrece un acabado homogéneo. Por acción de una bomba se da energía cinética al fluido y asegura una cobertura de la superficie a tratar, minimizando la presencia de burbujas que causen defectos.

Detalles a tener en cuenta con el uso de la pistola sin aire, para pintar:

- El equipo debe estar limpio, por procedimiento adecuado, seco y libre de contaminantes de la pintura.
- Revisar las identificaciones de boquilla sea adecuado, para el trabajo a realizar.
- Encender la bomba de la pistola sin aire.
- Preparar el recipiente de pintura, para la succión, y presionar el gatillo para purgar el aire de la manguera.
- Limpiar del circuito cualquier diluyente o limpiador del sistema a una presión de  $1 \text{ kg/cm}^2$  a  $2 \text{ kg/cm}^2$ . mantener hasta que la pintura salga por el difusor, boquilla, con uniformidad sobre una superficie de ensayo.
- Conectar el difusor adecuado para el trabajo y la pintura; revisar que las conexiones estén firmes y en buen estado

Por norma general la distancia de aplicación está entre 20 cm a 30 cm, entre la pieza y la superficie a pintar; procurando un ángulo de 90 grados. Si la distancia es corta y



los caudales inadecuados, se tiende a exceder la cantidad de producto pudiendo provocar defectos de pintado como descuelgues o piel de naranja y si es demasiado grande se aumenta la niebla de pulverizado, incrementando la rugosidad de la capa.

El movimiento comienza antes de presionar el gatillo y se suelta el gatillo antes de parar el movimiento de la mano. Usa tan baja presión como sea posible para obtener una capa uniforme.

### 1.3.9. CONTROL DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES. [28]

En el uso de coberturas o toldos para favorecer el correcto secado y curado de las pinturas, es factible y recomendado, así mismo también se favorece para espacios cerrados o confinados, como es en el interior de los tanques, para lo que la industria presenta algunas soluciones:

- Deshumidificadores, reducen la humedad, solo, para espacios cerrados.
- Calentadores, incrementan la temperatura de las superficies antes de la aplicación de la pintura para reducir la presencia de condensación, como por ejemplo las lámparas infrarrojas y/o calentadores de aire industriales.
- Ventilación forzada, un equipo de ventilación para asegurar la evaporación de los solventes de la película de pintura. Esta precisa un control de la humedad relativa y la temperatura, para evitar defectos a la pintura, tales como:
  - El aire “caliente” puede secar demasiado rápido la capa superficial y no permitir la evaporación de los solventes, en la pintura. Un aire “frio” asegura un secado más lento para la evaporación de los solventes.
  - Una alta humedad ralentizará el secado de las pinturas con base en agua.
  - Los gases de escape de las combustiones, en los equipos de calentadores, contienen agua y dióxido de carbono y pueden causar defectos en la pintura.
  - Los vapores de los solventes son más pesados que el aire, por lo que una succión distribuida en los puntos bajos es necesaria en áreas cerradas o espacios confinados.



## 1.4. NORMAS Y REFERENCIAS.

### 1.4.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.

- ISO 8501, evaluación visual de la limpieza de la superficie.
- ISO 8502, ensayos para la evaluación de la limpieza de la superficie.
- ISO 8503, características de la rugosidad de la superficie de aceros granallados.
- ASTM G-46-21, guía para la examinación y evaluación de corrosiones por picado.
- ISO 11124, la cual ofrece especificaciones para los abrasivos metálicos.
- ISO 11126, la cual ofrece especificaciones para los abrasivos no metálicos.
- BS6920-1:2014, idoneidad de productos no metálicos para su uso en contacto con agua para uso de consumo humano en cuanto a su efecto sobre la calidad del agua.
- UNE-EN-ISO 8044:2015, corrosión de metales y aleaciones. Términos principales y definiciones.
- ISO 13076, pinturas y barnices iluminación y procedimiento para las evaluaciones visuales de los recubrimientos.
- ISO12944, Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores.
  - 12944-1, parte 1: Introducción general
  - 12944-2, parte 2: Clasificación de los ambientes
  - 12944-3, parte 3: Consideraciones sobre el diseño.
  - 12944-4, parte 4: Tipos y preparación de superficies.
  - 12944-5, parte 5: Sistemas de pinturas protectores
  - 12944-6, parte 6: Ensayos de comportamiento en laboratorio
  - 12944-7, parte 7: Ejecución y supervisión de los trabajos de pintado
  - 12944-8, parte 8: Desarrollo de especificaciones para trabajos nuevos y de mantenimiento.



- 12944-9, parte 9: Sistemas de pintura protectores y métodos de ensayo de comportamiento en laboratorio para estructuras de ultramar y estructuras afines.
- la ISO 4628 “Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos”.
  - ISO 4628-1 parte 1: Introducción general y sistema de designación.
  - ISO 4628-2 parte 2: Evaluación del grado de ampollamiento.
  - ISO 4628-3 parte 3: Evaluación del grado de oxidación.
- ISO 2808, pinturas y barnices determinación del espesor de película.
- ISO 19840 medición y criterio de aceptación de espesores de película seca en superficies rugosas.
- OMI, resolución MSC 215(82):2006, “norma de rendimiento de los revestimientos protectores de los tanques dedicados a lastre de agua de mar de todos los tipos de buques y los espacios del doble forro en el costados de los graneleros”.
- OMI, resolución A.962(23) apéndice 5, recomendaciones para la entrada en espacios cerrados a bordo de buques.
- INSHT NPT 30, permiso de entrada para trabajos especiales.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Decreto 3410/75 del 25 de Noviembre, Reglamentación General de Contratación.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. (B.O.E. de 23 abril de 1997).
- Artículo 1558 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación al contrato de obra sinalagmático que se trate, con obligaciones por ambas partes.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para baja tensión (REBT).



- UNE-HD 60364-7-709:2011/A11:2017, instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 7-709: requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales Marinas y emplazamientos análogos.
- UNE 58921:2017, Instrucciones para la instalación, manejo, mantenimiento, revisiones e inspecciones de las plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP).
- Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Normas y recomendaciones del fabricante Hempel Spain.

#### **1.4.2. PROGRAMAS DE CÁLCULO.**

El empleo de recurso de ofimática, que permitan clarificar y exponer con justificación, el diseño y el cálculo del trabajo; por ello usaremos el Autocad, para los planos en 2D; SolidWorks, para los planos en 3D, Microsoft Word y Excell para los textos y tablas del trabajo respectivamente.

#### **1.4.3. PLAN GESTIÓN DE LA CALIDAD APLICADO.**

En la redacción del proyecto se han distinguido distintas etapas:

- Definición del trabajo y su alcance.
- Definición de las variables a tener en cuenta, para realización del proyecto.
- En base al estado de la pintura se elige la opción más satisfactoria.
- Planteamiento de una aplicación y orden de trabajos.
- Cálculos y análisis, con programas y fondo documental reconocido por estándares europeos e internacionales.
- Todo lo anterior justifica la realización en tiempo y forma del proyecto.

#### 1.4.4. BIBLIOGRAFÍA.

- Principles and Prevention of corrosion. Denny A. Jones. 2º edición 1996. ISBN 9780133599930.
- Fitz's Atlas of coating defects. Brendan Fitzsimons. Año 1999. Publicado por MPI Group. ISBN 9780951394021.
- The coating reference Handbook. Hempel A/S. 9ª edición, Febrero 2011.
- Corrosion engineering: Principles and Practice. Pierre R. Roberge. Año 2008. Publicado por McGraw Hill. ISBN 9780071482431.
- La American Bureau of Shipping (ABS) en la guía "Maintenance and repair of protective coatings" de Mayo de 2017. (Formato PDF).
- La American Bureau of Shipping (ABS) en la guía "Application and inspection of Marine Coating Systems" American Bureau of Shipping. Enero de 2017. (Formato PDF).
- "Rules and Regulation for the classification of ship july 2022". Lloyd's Register Group. (Formato PDF).
- "Rules for the manufacture, testing and certification of materials, july 2020". Lloyd's Register Group. (Formato PDF).

#### 1.4.5. OTRAS REFERENCIAS.

- [1] TFM\_Estudio de las soluciones de pintura en estructuras offshore para eólica y de las posibles nuevas variantes de protección. Carolina Huerta Fernández, pagina 16, Tabla1, <http://hdl.handle.net/10651/27948> (Último acceso: 20 Abril de 2025).
- [2] Libro: "Principles and Prevention of corrosion". Denny A. Jones. 2º edición 1996, página 367, Figura 11.8.
- [3] Libro: "Corrosion engineering Principles and Practice". Pierre R. Roberge, páginas: 147-167.



- [4] Industrial Galvanizers Australian Galvanizing Division. MOOROOKA. Editor: John Robinson. [https://www.steel.org.au/getattachment/cde64d21-5295-4713-a9c3-d80431cec217/Galvanic-Series\\_INGALSM3.pdf](https://www.steel.org.au/getattachment/cde64d21-5295-4713-a9c3-d80431cec217/Galvanic-Series_INGALSM3.pdf) (Último acceso: 20 Abril de 2025).
- [5] Standard guide for examination and evaluation of pitting corrosion, ASTM G-46-21. Figura 1.
- [6] Libro: “Principles and Prevention of corrosion”. Denny A. Jones. 2º edición 1996, páginas: 212-214.
- [7] Norma ISO 12944-2 Categorías de corrosividad atmosférica, Tabla 1.
- [8] How to select the right paint system. Hempel.es, pagina: 19. [https://www.hempel.com/es-mx/-/media/Files/Global/PDF/Quality/ISO/ISO\\_Brochure\\_Web.pdf](https://www.hempel.com/es-mx/-/media/Files/Global/PDF/Quality/ISO/ISO_Brochure_Web.pdf). (Último acceso: 20 Abril de 2025).
- [9] Fuente: <https://atriainnovation.com/blog/guia-de-fallos-en-recubrimientos-y-pinturas>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).
- [10] Libro: “Fitz’s Atlas of coatings defects”. Fichas: 6-24.
- [11] Fuente: <https://atriainnovation.com/blog/guia-de-fallos-en-recubrimientos-y-pinturas>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).
- [12] Libro: “Fitz’s Atlas of coatings defects”. Fichas: 6-11.
- [13] Libro: “Fitz’s Atlas of coatings defects”. Fichas: 6-85.
- [14] Fuente: <https://atriainnovation.com/blog/guia-de-fallos-en-recubrimientos-y-pinturas>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).
- [15] Fuente: Fitz’s Atlas of coatings defects. Fichas: 6-27.
- [16] Fuente: Fitz’s Atlas of coatings defects. Fichas: 6-10.
- [17] Norma ISO 8501-4:2020



[18] Fuente: 2019 WJTA conference and Expo november 11-13-2019 New Orleans, Louisiana. Lydia M. Frenzel, pagina: 3, Tabla 1.

[19] Fuente: <https://cym.com.ar/informes/granallado-normas-de-preparacion-de-superficie-cym-sandblasting-arenado/>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).

[20] Fuente: <https://www.ingepint.cl/normas-de-preparacion-superficial/>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).)

[21] How to select the right paint system. Hempel.es, pagina: 15. [https://www.hempel.com/es-mx/-/media/Files/Global/PDF/Quality/ISO/ISO\\_Brochure\\_Web.pdf](https://www.hempel.com/es-mx/-/media/Files/Global/PDF/Quality/ISO/ISO_Brochure_Web.pdf). (Último acceso: 20 Abril de 2025).

[22] Norma ISO 129443:2017. Figura D-6.

[23] Fuente: <https://www.iqsdirectory.com/articles/sandblasting/sandblasting-machinery.html>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).

[24] Fuente: <https://www.iqsdirectory.com/articles/sandblasting/sandblasting-machinery.html>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).

[25] Fuente: <https://www.iqsdirectory.com/articles/sandblasting/sandblasting-machinery.html>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).

[26] Blasting S.A. información técnica. Fuente: <https://www.exyge.eu/blog/wp-content/upload/2013/12/La-seguridad-en-tareas-de-arenado-y-granallado.pdf>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).

[27] National Shipbuilding Research Program- Surface preparation and coating handbook. Páginas: 2-29, 2-44. Fuente: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA447625.pdf>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).

[28] Libro: “The coating reference Handbook”. Hempel A/S, 9<sup>a</sup> edición, Febrero 2011, Fichas: P25-P29.

[29] Fuente: <https://www.indexfix.com/calidad-certificada/wras>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).



- [30] Fuente: <https://safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/guide-managing-high-pressure-water-jetting.pdf>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).
- [31] Libro: “The coating reference Handbook”. Hempel A/S, 9<sup>a</sup> edición, Febrero 2011, Fichas: R6b.
- [32] OMI resolución MSC 215(82):2006), pagina: 7-12. Fuente: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.215\(82\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.215(82).pdf). (Último acceso: 20 Abril de 2025).
- [33] Norma ISO 19840:2012, Tabla 1.
- [34] Norma ISO 12944-5:2017.
- [35] Norma ISO12944-2:2017 Tabla 1.
- [36] Norma ISO 12944-2:2017 Tabla 2.
- [37] Norma ISO 12944-5:2018 Tabla B1.
- [38] Norma ISO 12944-5:2018. Tabla B2.
- [39] Norma ISO 12944-5:2018.Tabla C5.
- [40] Hempel Explanatory notes april 2020. Fuente: <https://www.hempel.com-/media/Files/Hempel/Explanatory-notes-2020-April.pdf>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).
- [41] Hempel A/S, CVR59946013. Fuente: <https://hempel.com>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).
- [42] Norma ISO 8503-1:2012. Tabla 1.
- [43] Norma ISO 8503-1:2012. Tabla 2.
- [44] Fuente:[http://www.acomet.es/Downloads/Guia\\_de\\_rugosidades.pdf](http://www.acomet.es/Downloads/Guia_de_rugosidades.pdf). (Último acceso: 20 Abril de 2025).
- [45] Libro: “The coating reference Handbook”. Hempel A/S, 9<sup>a</sup> edición, Febrero 2011, Fichas: R5b.



[46] National Shipbuilding Research Program- Surface preparation and coating handbook. Páginas: 1-19, 1-20. Fuente: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA447625.pdf>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).

[47] Fuente: [www.dawson-macdonald.com](http://www.dawson-macdonald.com)

[48] Artículo: “A review of blasting waste generation and management in the ship repair industry”. Autores: Qi,Chumping; Weinell, Claus E; Dam-johansen, kim; Wu,Hao. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113714.

[49] Fuente: <https://blastingwxperts.com/wp-content/uploads/2021/04/CasoEstudioGranalladoEficiente.pdf>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).

[50] INSHT Plataformas elevadoras móviles de personal (II): gestión preventiva para su uso seguro. Nota Técnica de Prevención, NTP 1040. Fuente: <https://www.insst.es/documents/94886/7803791/NTP+1040.pdf>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).

[51] INSHT Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos de trabajo. Fuente: <https://www.insst.es/documents/94886/789467/Guía+técnica+para+la+evaluación+y+prevención+de+los+riesgos+relativos+a+la+utilización+de+los+equipos+de+trabajo.pdf>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).

[52] VI Convenio General Sector de la Construcción. Fuente: [http://cnc.es/wp-content/uploads/2023/03/VI\\_CONVENIO\\_GENERAL\\_DEL\\_SECTOR.pdf](http://cnc.es/wp-content/uploads/2023/03/VI_CONVENIO_GENERAL_DEL_SECTOR.pdf). (Último acceso: 20 Abril de 2025).

[53] Instituto nacional de la seguridad e higiene en el trabajo (INSHT), nota técnica de prevención, (NTP), 223: Trabajos en recintos confinados. Fuente: <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/6-serie-ntp-numeros-191-a-225-ano-1989/ntp-223-trabajos-en-recintos-confinados>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).



- [54] TFG\_Propulsión con energías alternativas solar y eólica por rotor vertical. José Manuel Marques Fernández., páginas: 60-71. Fuente: <http://hdl.handle.net/2183/21036>. (Último acceso: 20 Abril de 2025).
- [55] Fuente: <https://www.hempel.com/es-ar/service-and-support/quality>. (Último acceso: 16 Junio de 2025).
- [56] Fuente: <https://www.hempel.com/es-mx/service-and-support/quality/iso-12944>. (Último acceso: 16 Junio de 2025).
- [57] Fuente: Maintenance and repair of protective coatings. American Bureau of Shipping. Mayo de 2017. (Formato PDF).
- [58] Fuente: Application and inspection of Marine Coating Systems. American Bureau of Shipping. Enero de 2017. (Formato PDF).

## 1.5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.

- Abrasivo, para la limpieza por granallado: material sólido destinado a ser empleado en la limpieza por granallado abrasivo.
- Ácido: Es cualquier sustancia que al disolverse en agua, aumenta la concentración de iones hidronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ), tal que es capaz de donar hidrógenos y por tanto reducir el pH.
- Alcalino: Aquellas elementos o compuestos que pertenezcan al grupo uno de la tabla periódica.
- Ánodo: Es un electrodo con carga positiva en una celda electrolítica es donde se produce el flujo de electrones que protege de la oxidación.
- AtEx: Acrónimo del francés que significa “atmosferas explosivas”.
- Base: Es cualquier sustancia capaz de aceptar iones de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ).



- Capas intermedias: se usan en sistemas de pintura con tres o más capas entre el primer y el top coat. Sus propiedades son de barrera ante medios corrosivos.
- Cascarilla de laminación: capa de oxido formado durante la laminación en caliente o durante el tratamiento térmico del acero.
- Cátodo: Electrodo negativo donde se produce la oxidación por reducción.
- Chorreado: por uso de un chorro de agua a alta presión se alcanza la preparación de superficies para el pintado.
- EPS: Acrónimo español para Espesor de Película Seca, tiene su equivalente inglés en, dry film thickness, DFT.
- Granallado: El abrasivo se introduce en una corriente de aire a alta presión desde un recipiente presurizado a través de una válvula de mezcla hasta una manera que se usa para dirigir la mezcla de aire y abrasivo a alta velocidad hacia la superficie objetivo. Puede ir acompañado con agua y se denota por granallado húmedo.
- Ion: cualquier átomo o molécula que ha perdido o ganado electrones.
- oxidación instantánea: leve formación de herrumbre sobre una superficie de acero recién preparada.
- pH: Es una medida de la acidez o basicidad de una solución acuosa, definida en términos de captación perdida de iones hidrógeno.
- Pistola de agujas: Herramienta manual accionada por aire comprimido, con pistones de acero anti chispa y con inserción de carburo de tungsteno. Se usa para romper y soltar el oxido.
- Polvo: Partículas no adheridas presentes sobre las superficies de acero preparadas para ser pintadas, procedente de la limpieza por chorreado abrasivo u otro método de preparación de superficies, o resultado del ambiente.
- Primer: es el primer recubrimiento de pintura dado al acero tras la preparación de la superficie.
- Punto rocío: Temperatura a la cual la humedad del aire condensará sobre la superficie de un sólido.



- Sustrato: superficie sobre la que ha sido o va a ser aplicado el material de recubrimiento.
- Top coat como la ultima capa en un sistema de pintura determina el aspecto de una construcción de acero. El brillo el color y la resistencia química se tienen en cuenta al elegir aglutinante.
- UHP: por sus siglas en ingles ultra high pressure, cuya traducción seria ultra alta presión.

## 1.6. REQUISITOS DE DISEÑO

Los sistemas de pintura deben de estar correctamente actualizados y certificados por una sociedad de clasificación y que toda documentación al respecto a los trabajos de pintado en tanques de lastre se recopila en un archivo técnico de pintura CTF (Coating Technical File) o un ETR (Expediente Técnico de Revestimiento) que debe de estar a bordo y reflejar todos los trabajos de pintura realizados durante toda la vida del buque. El recubrimiento debe de satisfacer las necesidades de navegación y disposición del buque, por impedir las incrustaciones calcáreas y ofreciendo una protección pasiva contra la corrosión hasta la próxima varada en 60 meses.

La guía de la nueva industria contenida en la resolución IMO MSC.215 (82) provee los requisitos para los recubrimientos dedicados a tanques de agua de lastre marinos en todo tipo de barcos de tonelaje bruto superior a 500 toneladas y espacios de doble casco graneleros. PSPC-SWBT no es muy distinto de las especificaciones de recubrimientos usadas en el pasado; lo más destacable de este es que los recubrimientos tendrán color claro y base epoxi en un sistema de aplicación multicapa.

Los tanques de agua potable, al ser de consumo humano, se acude a una pintura aprobada y certificada por WRAS (Water Regulations Advisory Scheme) [29], donde se certifica que el anclaje químico, una vez curado, es apto para el contacto con agua para uso doméstico, y que cumple con los requisitos de BS6920-1:2014 “idoneidad de productos no metálicos para su uso en contacto con agua para uso de consumo humano en cuanto a su efecto sobre la calidad del agua” y además, cumple con la



normativa sobre alimentos de la unión europea y de la FDA (Food and Drug Administration) de los estados unidos de América, con respecto a productos alimenticios secos.

El estándar pretende una vida útil del recubrimiento de 15 años, sobre el cual este debe permanecer en buenas condiciones.

### **1.6.1. JUSTIFICANDO AL FABRICANTE DE RECUBRIMIENTOS.**

A continuación se cita un extracto de la página web [55], “Hempel aplica un sistema de gestión de la Calidad, Salud, Seguridad y medio ambiente certificado por Lloyds Register Quality Assurance (LRQA), que engloba a todas nuestras fábricas y oficinas. Estos certificados, donde se incluyen ISO, NORSO y OSHAS, forman parte del compromiso de suministrar los mismos productos con la máxima calidad en todas las regiones del mundo”. Estos certificados son: ISO 12944, ISO 9001, ISO 14001 Y OSHAS 18001.

Hempel se apoya en la ISO 12944 como un estándar. A continuación se cita un extracto de la página web [56]:” La última versión de ISO 12944 fue liberada en 2018, y esta incluye actualizaciones en la composición de los sistemas de pinturas, incluyendo el número de capas, espesores de película seca y más. Nuestros expertos pueden ayudar a que uses los últimos estándares para proteger sus valiosos activos”.

### **1.6.2. CRITERIOS SOCIEDADES DE CLASIFICACION.**

Bureau Veritas, guidance note, NI423\_2006 “Corrosion protection of steel offshore units and installations” sección 5 apartado 3.2.2 dice “Los recubrimientos deben cumplir con los siguientes estándares internacionales: ISO 12944:1998-Pinturas y barnices--Protección de estructuras de acero frente a la corrosión. ISO 20340:2003-Requisitos de funcionamiento para los sistemas de recubrimiento para la protección de estructuras offshore y estructuras asociadas.”



La Organización Marítima internacional (OMI) Performance Standard for Protective Coatings (PSPC), es la norma de rendimientos de recubrimientos protectores sobre esto ABS desarrollo y considera efectiva el primer día del mes tras su publicación estos documentos:

- La American Bureau of Shipping (ABS) en la guía “Maintenance and repair of protective coatings” de Mayo de 2017. Esta guía abarca recomendaciones en mantenimiento y reparaciones de PSPC recubrimientos en servicio.
- La American Bureau of Shipping (ABS) en la guía “Application and inspection of Marine Coating Systems” de Enero de 2017. Fue desarrollada para ayudar a los astilleros con la implementación de la IMO PSPCs dedicada a tanques de lastre y tanques combustible crudo durante nuevas construcciones.

La American Bureau of Shipping (ABS) en la guía “Maintenance and repair of protective coatings” de Mayo de 2017, indica la condición del recubrimiento es asignada en las categorías “Buena”, “Aceptable” y “Pobre”, basadas en la inspección visual y estimando porcentaje de áreas con fallos de recubrimiento y óxido. Tal como indica la resolución OMI A.744 (18) y la International Association of Classification Societies (IACS) Recomendación 87 para la definición de condiciones de los recubrimientos, es una norma pictórica por patrón fotográfico. Estas están en equivalencia con la OMI MSC.1/Circ.1330 y la OMI MSC.1/Circ.1399. ABS define y completa las definiciones como:

- Buena: La oxidación localizada sin fallos visibles de los recubrimientos es menor que el 3 % del área en consideración. La oxidación en los bordes, cantos o soldaduras es menor que el 20 % de los bordes cantos o soldaduras en el área de estudio.
- Aceptable: La ruptura y/o desprendimiento del recubrimiento o penetración del óxido es menor que el 20 % del área de estudio. Las láminas de óxido firmemente adheridas es menor que el 10% del área bajo consideración. La oxidación en los bordes, cantos o soldaduras es menor que el 50 % de los bordes, cantos o soldaduras en el área de estudio.



- Pobre: La ruptura y/o desprendimiento del recubrimiento o penetración del óxido es igual o mayor que el 20 % del área de estudio o las láminas de óxido firmemente adheridas es igual o mayor que el 10 % del área bajo consideración o la oxidación en los bordes, cantos o soldaduras es igual o mayor que el 50 % de los bordes, cantos o soldaduras en el área de estudio.

La Tabla 5 son un resumen de las condiciones de recubrimientos aplicados a la norma y la Tabla 6 son las exigencias de ABS del gradeo en inspección para el “Hull Inspection and Maintenance Program (HIMP)”.

Área Considerada	Condición del recubrimiento		
	Buena	Aceptable	Pobre
Área bajo consideración (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óxidos localizados sin fallo del recubrimiento visible es &lt;3 % del área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallo de recubrimiento o penetración de óxido es ≥3 % pero &lt;20 % del área.</li> <li>• Láminas de óxido firmes es &lt;10 % del área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallo de recubrimiento o penetración de óxido es ≥20 % del área.</li> <li>• Láminas de óxido firmes es ≥10 % del área.</li> </ul>
Bordes/soldaduras (2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óxido en el área es &lt;20 % en los bordes o líneas de soldadura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óxido en el área es ≥20 % pero &lt;50 % en los bordes o líneas de soldadura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óxido en el área es &gt;50 % en los bordes o líneas de soldadura.</li> </ul>

**Notas:**

1. % es el porcentaje calculado en base al área en consideración o del área estructural crítica. Óxidos localizados es óxido sin apreciable fallo de recubrimiento.
2. % es el porcentaje calculado en base a los bordes o líneas de soldadura en el área en consideración o del área estructural crítica.

Tabla 5 Resumen de la norma de recubrimientos. [57]

Criterio de inspección y gradeo para el Programa ABS de Inspección y Mantenimiento del casco. (HIMP)				
Condición recubrimientos	Gradeo	Descripción de la Condición	Nivel de riesgo	Código de color



Buena	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excelente estado del recubrimiento, sin aparente indicación de fallo de recubrimiento.</li> </ul>	Muy bajo.	
	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia menor de óxido localizado.</li> </ul>	Bajo	
	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Óxido localizado sin visible fallo de recubrimiento y es &lt;3% del área en consideración.</li> <li>Óxido es &lt;20 % de bordes o líneas de soldadura.</li> </ul>	Bajo-Medio	
Aceptable	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fallo de recubrimiento o penetración de óxido es ≥3 % pero &lt;10 % del área.</li> <li>Láminas de óxido firmes es &lt;5 % del área.</li> <li>Óxido en el área es ≥20 % pero &lt;35 % en los bordes o líneas de soldadura.</li> </ul>	Medio	
	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fallo de recubrimiento o penetración de óxido es ≥10 % pero &lt;20 % del área.</li> <li>Láminas de óxido firmes es ≥5 % pero &lt;10% del área.</li> <li>Óxido en el área es ≥35 % pero &lt;50 % en los bordes o líneas de soldadura.</li> </ul>	Medio-Alto	
Pobre	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fallo de recubrimiento o penetración de óxido es ≥20 % pero &lt;30 % del área.</li> <li>Láminas de óxido firmes es ≥10 % pero &lt;20 % del área.</li> <li>Óxido en el área es ≥50 % pero &lt;75 % en los bordes o líneas de soldadura.</li> </ul>	Alto	
	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fallo de recubrimiento o penetración de óxido es ≥30 %.</li> <li>Láminas de óxido firmes es ≥20 % del área.</li> <li>Óxido en el área es ≥75% en los bordes o líneas de soldadura.</li> </ul>	Muy Alto	

Tabla 6 Resumen de inspección y gradeo de casco por ABS. [57]



Según la sección 3 apartado 7.1, con el título, áreas en consideración, ABS indica que si la altura vertical del tanque es inferior a 15 m este debiera dividirse en dos áreas y si es mayor en 3 áreas.

Según ABS sección 6 apartado 1, los mantenimientos deben de retrasar el deterioro de los recubrimientos, para ABS mantenimiento significa trabajos menores de restauración de recubrimientos, este trabajo puede desempeñarlo la tripulación del buque con los medios a bordo y herramienta para mantener los recubrimientos en condiciones buenas o aceptables.

ABS en la sección 6 apartado 3, marca consideraciones a tener en cuenta para ejecutar el mantenimiento:

- Seguridad personal, incluye permisos de entrada.
- Limpieza superficie del tanque.
- Limpieza con agua dulce para la contaminación por sales.
- Andamiajes y medios de auxilio.
- Rascado amolado del oxido.
- Reparación de las corrosiones por picado.
- Control de temperatura y problemas de condensación.
- Ventilación.
- Compatibilidad de los sistemas de recubrimientos.

En el apéndice 1, del documento, ABS profundiza en las condiciones en las que deben prestarse algunas consideraciones:

- En el apartado 3, Seguridad personal: ABS se refiere a la IMO resolución A864 (20) “Recomendaciones para entradas en espacios cerrados a bordo de buques”. Cuando el buque este fuera de servicio en reparaciones en astillero, las regulaciones locales en seguridad se aplicaran y el astillero es responsable de su implementación.
- En el apartado 5, sobre andamiajes medios de auxilio necesarios ABS indica deben ser dispuestos acorde las regulaciones de seguridad que existan.
- En el apartado 7 limpieza de tanque limpieza de superficie de acero, ABS hace mención que para los tanques de lastres debe de ser verificado que las

áreas limpiadas no tienen visible hidrocarburos/grasa/fango. Es necesaria una limpieza minuciosa con agua dulce, para eliminar las sales solubles.

- En el apartado 9, ABS indica que en caso de reparación mayor o de completo recubrimiento, el límite de sales solubles debería ser acordado entre las partes interesadas (armador y fabricante de pinturas) y anotado en el Coating Technical File (CTF). Los test de sales estarán de acuerdo con la ISO 8502-9 u otro método equivalente.
- En el apartado 11 laminas de oxido ABS indica que el método de preparación de superficie elegido depende de la cantidad de fallo de recubrimiento y la vida útil prevista.
- En el apartado 15, ABS indica la necesidad de control de la temperatura, humedad y condensación. Indica la necesidad de control de estas medidas y archivo de las mismas, para alcanzar los parámetros indicados por el fabricante de pinturas.
- En el apartado 17, ABS indica que la ventilación es necesaria para la salud y la seguridad personal. ABS recomienda de 4 a 5 ventilaciones del volumen total por hora. Los vapores del solvente se acumulan por densidad en el plano del tanque y deben ser extraídos. ABS aporta la Figura 20 como ejemplo de las ventilaciones mecánicas.

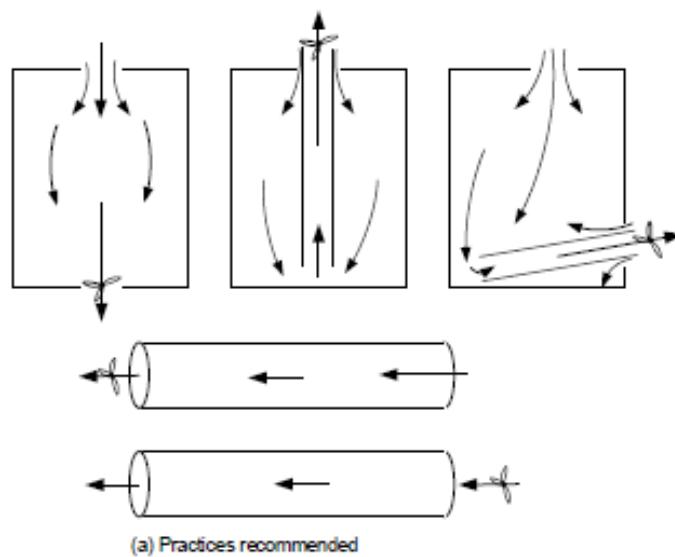


Figura 20. Ventilaciones adecuadas de tanques por ABS. [57]

- En apartado 21 protección catódica, ABS indica la necesidad de proteger los ánodos de las acciones de pintado mantenimiento y reparación.

En aras de una mejor comprensión ABS ofrece la Tabla 7 como resumen del mantenimiento

Propósito	Preparación Superficie	Sistema de recubrimiento	
		Sistema de recubrimiento	Espesor película seca (DFT)
Mantener la condición de las áreas afectadas: desde Buena a Buena o desde Aceptable a Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retirada de fangos, hidrocarburos, grasas, etc.</li> <li>• Fregado con agua dulce para eliminar sales.</li> <li>• Secado y ventilación/deshumidificador.</li> <li>• Reparación de áreas picada si hubiera de acuerdo con los requisitos del acero.</li> <li>• St 3 o equivalente o mejor preparación de superficie.</li> <li>• Control variables ambientales antes de aplicar el recubrimiento y aplicarlo según instrucciones del fabricante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de pintura de base Epoxi.</li> <li>• El recubrimiento de mantenimiento especificado en el CTF o el mismo sistema de recubrimiento como era originalmente o según recomendaciones del fabricante de pintura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De acuerdo con las recomendaciones del fabricante.</li> </ul>

Tabla 7 Resumen del mantenimiento por ABS. [57]

Según indica ABS en la sección 7, apartado 1 “reparación significa trabajo restauración del recubrimiento, esta se ejecuta durante la varada en dique seco o en las paradas periódicas para restaurar la condición aceptable o pobre a condición bueno”. Esta será llevada por mano de obra y equipo tales como el granallado.

ABS en la sección 7 apartado 3, marca consideraciones a tener en cuenta para ejecutar las reparaciones, estas medidas incluyen las propias a tanques de combustible, que obviamos para el presente interés, pero se añaden dos apartados además de los ya referidos en el mantenimiento sección 6 apartado 3, que son el marcaje a recorte de áreas de difícil acceso y necesidad de un inspector de



recubrimientos cualificado y certificado. En la sección 7 apartado 5, ABS indica que las reparaciones de recubrimientos deberían ser inspeccionadas por “inspectores de recubrimientos certificados con NACE nivel 2, inspectores FROSIO nivel III o equivalente tanto en cuanto sea verificado por la administración”. También añade ABS que es recomendable que el proceso especificación, parámetros de aplicación de recubrimientos, estándares y tiempo de plan sean discutidos y acordados entre las partes implicadas (Armador, astillero y fabricante de pinturas) y presentadas a ABS (o en su defecto a la administración) para revisión. ABS puede si lo requiere, participar en el proceso de acuerdo.

En la Tabla 8, la sociedad de clasificación ABS indica a modo de resumen reparaciones a medio y largo término de PSPC recubrimiento en tanques de lastre.

Reparaciones recomendadas para Media y Larga duración de PSPC-Ballast Tank Coating				
Propósito	Preparación Superficie	Sistema de recubrimiento		
		Objetivo/vida útil	Sistema de recubrimiento	Espesor película seca (DFT)
Reparar áreas afectadas a condición "Buena": Desde "Aceptable" a "Buena" o desde "Pobre" a "Buena"	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retirada de fangos, hidrocarburos, grasas, etc.</li> <li>• Baldeado con agua dulce.</li> <li>• Secado.</li> <li>• Desinrustados.</li> <li>• St 3 o Sa 2 ½ para condición Aceptable.</li> <li>• Sa 2 ½ para condición Pobre.</li> <li>• El recubrimiento adyacente al área dañada debe ser biselada.</li> <li>• Total de sales solubles en agua 80 mg/m<sup>2</sup> (1,14×10<sup>-7</sup> psi) de NaCl máximo o recomendaciones del fabricante, cual sea la más restrictiva.</li> <li>• Control variables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media duración- 10 años de vida útil no recomendado para buques menores de 5 años.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprobado PSPC-SWBT sistema de recubrimiento.</li> <li>• El sistema de recubrimiento es el mismo o compatible o equivalente al aplicado originalmente de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 250 µm (10 mil) NDFT con un mínimo de dos capas a pistola y dos a recorte.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Larga duración- más de 10 años de vida útil.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 320 µm (12,6 mil) NDFT con un mínimo de dos capas a pistola y dos a recorte.</li> </ul>

Tabla 8, Reparaciones recomendadas por ABS de PSPC-SWBT. [57]

La American Bureau of Shipping (ABS) en la guía “Application and inspection of Marine Coating Systems”, sección 8 parte 3.6, ABS indica que para un sistema de recubrimiento base epoxi, NDFT 320 µm con una regla 90/10 debería usarse para IMO PSPC-SWBT y IMO PSPC-COT. Para otros sistemas, el NDFT is con la recomendación del fabricante de pinturas. El máximo total DFT debería ser



declarado por el fabricante en hojas técnicas. A menos que se diga lo contrario, especificado por el fabricante de pinturas, el máximo DFT será 3 veces el NDFT el cual sería 960  $\mu\text{m}$ .

Granallado a Sa2 1/2 (ISO8501-1) con un perfil de 30-75  $\mu\text{m}$  (ISO 8503-1/2) es necesario en las soldaduras, chaflán de cantos pudiendo ser de un corte, tres cortes o redondeado. El nivel de sales solubles es medido usando el método Bresle, ISO 8502-9.

La aplicación del recubrimiento debe de darse en un entorno con una humedad relativa menor al 85% y la temperatura del acero no ser menor que 3°C sobre el punto de rocío.

Confirmarse que la temperatura de curado y la hora, hora de intervalos de repintado, el disolvente utilizado, etc; de la hojas técnicas de aplicación del fabricante de pinturas se ha seguido con rigor.

En la sección 4 parte 3.2.1 ABS indica que el granallado localizado es un proceso común en los cascos de los buques durante trabajos de reparación y mantenimiento indica la necesidad de biselar la pintura circundante al parcheo con un traslape de 100 mm; se debe proteger la parte sana de la pintura de daños por rebotes del abrasivo, sobretodo en espacios cerrados y que el granallado debiera de ser discontinuo cuando se mueve de una zona de parcheo a otra.

En la sección 4 parte 3.2.3, ABS indica la relación directa entre el abrasivo y el perfil de rugosidad donde el fabricante de pintura debería indicar el perfil adecuado para su recubrimiento.

En la sección 4 parte 3.2.4 ABS indica características de los abrasivos influirán en el perfil de rugosidad donde se anclara la pintura. ABS indica que es posible la transferencia de contaminación por el abrasivo por humedad, hidrocarburos, grasas y sales solubles.

El CTF del buque es la documentación requerida por ABS para los parcheos, en base a esta documentación se recuperara el sistema de pintura del casco. Siempre que

presente un certificado de anti-fouling system (AFS), declarado en el formato mostrado en apéndice 2 del anexo 4 de la convención anti-fouling a bordo.

Según “Rules and Regulation for the classification of ship july 2022”, sección 4 parte 1 capítulo 3 apartado 4.2.8; Lloyd register indica donde el sistema anti-fouling es cambiado completamente o parcialmente reparada afectando al 25% o más del sistema anti-fouling, el recubrimiento y el sistema anti-fouling tienen que ser examinado por el inspector de acuerdo con el AFS- International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling System on ships 2001.

En “Rules for the manufacture, testing and certification of materials, july 2020” Capítulo 15 sección 2, Lloyd Register indica en el apartado 2.9.1 “El casco externo será protegida de la corrosión por el uso de apropiadas medidas anticorrosivas, las cuales pueden incluir la aplicación de adecuados sistemas de recubrimiento para las superficies externas”. En la misma sección apartado 2.9.2 Lloyds Register indica que “El recubrimiento usado para la prevención de la corrosión del exterior del casco debería ser confirmado como adecuado para esa aplicación por el fabricante, cuyas recomendaciones sobre la preparación de la superficie y la aplicación de recubrimiento debería de ser seguida. Compatibilidades con otros medidas anticorrosivas deberían ser confirmadas por el fabricante de los recubrimientos”.

En La American Bureau of Shipping (ABS) en la guía “Maintenance and repair of protective coatings” en la sección 8 apartado 1, ABS indica que el mantenimiento y la reparación deben ser llevados de acuerdo con los procedimientos y las recomendaciones descritas en el Coating Technical File (CTF) desde la nueva construcción. “Si los procedimientos de reparación previstos en el CTF no cumplen con el proceso de reparación real, el astillero deberá proponer nuevos procedimientos de reparación, acordados entre el fabricante de la pintura y el armador”.

En la unificación de estos criterios se destaca el documento “EU RO Mutual Recognition: Terms and conditions procedure for type approval technical requirements-February\_2024”, documento de Bureau Veritas rule note, NR596 apéndice 3 apartado 9 de enero de 2022 donde en el apartado 73 se reconocen mutuamente las pinturas resistentes a la corrosión, y los sistemas dados por el

fabricante con la ISO 9001. Las Sociedades de Clasificación que participan en el reconocimiento mutuo, entre otras son: Lloyd Register Group (LR), American Bureau of Shipping (ABS), Bureau Veritas (BV) y DNV.

### 1.6.3. EXPEDIENTE TECNICO DE REVESTIMIENTOS DEL BUQUE.

Teniendo presente el apartado anterior y como parte del método, dividiremos al casco del buque en dos áreas costados y fondos, secciones de obra muerta y obra viva del buque. Los CTF del buque indican:

- En los costados, obra muerta: Es un sistema de pintura es de tres capas, con un EPS total de 300  $\mu\text{m}$ , véase Figura 21.

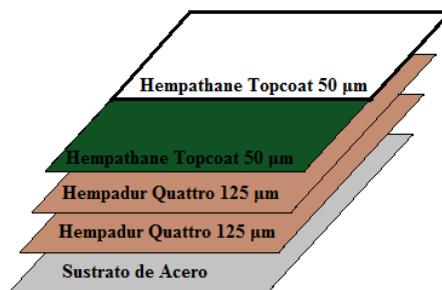


Figura 21. Sistema de pintura Costados. Fuente propia.

- En los fondos, la obra viva: Es un sistema de cuatro capas, sobre superficie de acero con un EPS total de 490  $\mu\text{m}$ , véase Figura 22.

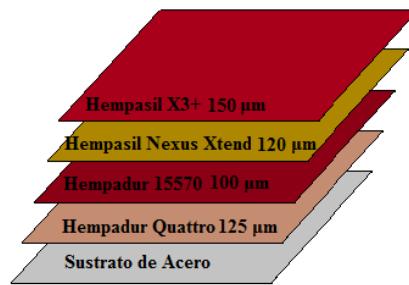


Figura 22. Sistema de pintura Fondos. Fuente propia.

- Tanques de agua potable: Es un sistema de 2 capas, sobre la superficie de acero y un EPS de 400  $\mu\text{m}$ . Con pigmentos claros, véase Figura 23.

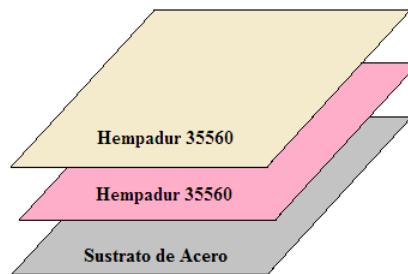


Figura 23. Sistema de pintura tanques agua potable. Fuente propia.

- Tanques de lastre: Presenta inconsistencias en el archivo y estarán obligado a sustituir al menos el 70% del recubrimiento para cumplir con PSPC-SWBT. Tendrán dos capas a recorte y dos capas a pistola y DFT mínimo 320  $\mu\text{m}$ .

## 1.7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.

Dado que se desconoce el estado de los Fondos, a priori, se plantean alternativas de trabajos, a valorar por el armador y/o propietario. La decisión, de la opción adecuada, se tomara tras la revisión del casco del buque, después de la limpieza en dique seco. Se valoraran los daños del casco y se informara al armador y/o propietario de las opciones posibles.

En las siguientes Tablas 9, 10, 11 y 12 se muestran la valoración económica sin I.V.A, para las distintas posibles acciones de trabajos para recuperar el sistema de pintura en los Fondos del casco:

MANO DE OBRA DIARIA (M.O.D)	(€/h)
M.O.D. no cualificada	28,95
Soldador	39,9
Inspector-Ingeniero	70

Tabla 9. Costes de mano de obra diaria.



<b>FONDOS</b>	624,4		
<b>Actividad</b>	<b>Precio por actividad (€/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Fondos 1% (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo (€)</b>
Fregado con agua dulce a presión	1,35	1248,80	1685,88
Baldear-endulzar	1	624,40	624,40
Cepillado con maquina	1,45	6,24	9,05
Rascado de incrustaciones	2	6,24	12,49
Desengrasado	1,6	624,40	999,04
Granallado húmedo, acero G40, Sa 2½, Ra: 63 µm	25	6,24	156,10
Granallado húmedo, acero G80, Sa 1	25	no aplica	no aplica
Paracheo con pistola < 200 m <sup>2</sup>	1,5	18,00	27,00
Paracheo con rodillo <200 m <sup>2</sup>	1,7	19,00	32,30
Pintado con pistola >200 m <sup>2</sup>	1,3	no aplica	no aplica
Antifouling de silicona (pistola)	2,4	23,00	55,20
Pintado a rodillo >200 m <sup>2</sup>	2	no aplica	no aplica
<b>Costo estimado pintura sin I.V.A.</b>			1470,35
<b>M.O.D no cualificada (horas)</b>	28,95	12,00	347,40
<b>Inspector-Ingeniero (horas)</b>	70	2,00	140,00
<b>Soldador (horas)</b>	39,9		0,00
<b>Incrementos por horas extra (€)</b>			0,00
<b>Suma costo Fondos con mano de obra (€)</b>			5559,21

Tabla 10. Coste trabajos Fondos 1% del área total. Fuente propia.

La mano de obra del 1% está estimada por la planificación de horas del caso del 10%, hay que respetar los tiempos de secado y las condiciones climatológicas.



<b>FONDOS</b>	624,4		
<b>Actividad</b>	<b>Precio por actividad (€/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Fondos 10% (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo (€)</b>
Fregado con agua dulce a presión	1,35	1248,80	1685,88
Baldear-endulzar	1	624,40	624,40
Cepillado con maquina	1,45	49,95	72,43
Rascado de incrustaciones	2	6,24	12,49
Desengrasado	1,6	624,40	999,04
Granallado húmedo, acero G40, Sa 2½, Ra: 63 µm	25	49,95	1248,80
Granallado húmedo, acero G80, Sa 1	25	no aplica	no aplica
Parcheo con pistola < 200 m <sup>2</sup>	1,5	178,00	267,00
Parcheo con rodillo <200 m <sup>2</sup>	1,7	192,00	326,40
Pintado con pistola >200 m <sup>2</sup>	1,3	no aplica	no aplica
Antifouling de silicona (pistola)	2,4	235,00	564,00
Pintado a rodillo >200 m <sup>2</sup>	2	no aplica	no aplica
<b>Costo estimado pintura sin I.V.A.</b>			14703,50
<b>M.O.D no cualificada (horas)</b>	28,95	122,00	3531,90
<b>Inspector-Ingeniero (horas)</b>	70	7,50	525,00
<b>Soldador (horas)</b>	39,9		0,00
<b>Incrementos por horas extra (€)</b>			120,64
<b>Suma costo Fondos con mano de obra (€)</b>			24681,48

Tabla 11. Coste trabajos Fondos 10 % del área total. Fuente propia.

Los trabajos de 100% del Fondo, véase Tabla 12, el decapado de la pintura se da a un UHP WJ, a grado Wa 2 ½ esto se consigue por un robot Hammelmann SpiderJet el cual declara presiones de hasta 3000 bar, caudales de 50 L/min y una productividad de  $0,225 \times 7 = 1,57 \text{ m}^2/\text{min}$ ; no se declara bajo que circunstancia o espesores de sistema de pintura se puede obtener esta productividad; promete en las circunstancias más favorables una productividad de  $94,5 \text{ m}^2/\text{h}$ . Para las estimaciones nos quedamos con el valor de  $90 \text{ m}^2/\text{h}$  el cual supera al ratio de un operario en 10 veces por el triple de precio.

FONDOS	624,4		
Actividad	Precio por actividad (€/m <sup>2</sup> )	Fondos 100% (m <sup>2</sup> )	Costo (€)
Fregado con agua dulce a presión	1,35	1248,80	1685,88
Baldear-endulzar	1	624,40	624,40
Cepillado con maquina	1,45	no aplica	no aplica
Rascado de incrustaciones	2	no aplica	no aplica
Desengrasado	1,6	624,40	999,04
Spiderjet UHP WJ 3000 bar, 50 L/min, Wa 2 ½, 90m <sup>2</sup> /h	75	624,40	46830,00
Granallado húmedo acero G80, Sa 1	25	no aplica	no aplica
Parcheo con pistola < 200 m <sup>2</sup>	1,5	no aplica	no aplica
Parcheo con rodillo <200 m <sup>2</sup>	1,7	no aplica	no aplica
Pintado con pistola >200 m <sup>2</sup>	1,3	2497,60	3246,88
Antifouling de silicona (pistola)	2,4	624,40	1498,56
Pintado a rodillo >200 m <sup>2</sup>	2	no aplica	no aplica
<b>Costo estimado pintura sin I.V.A.</b>			45534,00
<b>M.O.D no cualificada (horas)</b>	28,95	114,00	3300,30
<b>Inspector-Ingeniero (horas)</b>	70	11,00	770,00
<b>Soldador (horas)</b>	39,9		0,00
<b>Incrementos por horas extra (€)</b>			166,96
<b>Suma costo Fondos con mano de obra (€)</b>			104656,02

Tabla 12. Coste trabajos Fondos 100 % del área total. Fuente propia.

## 1.8. RESULTADOS FINALES.

Sita la embarcación en dique seco, se realiza una inspección visual donde se detecta un buen estado anticorrosivo, con algunas zonas puntuales productos de la navegación, en proa parte baja y sección media por daños mecánicos.

Una vez finalizada la maniobra de varada, se empieza con la limpieza con agua dulce a presión, para una retirada más fácil de las incrustaciones, limos, algas y diversos contaminantes que puedan entorpecer la inspección visual del casco.

En esta inspección se hace una estimación del área afectada y de las posibles causas, que pudieron originar el desperfecto. En los costados se estima una presencia dispersa entre 3%, de la superficie total, en daños mecánicos, que originó una



corrosión localizada en torno al mismo porcentaje. En los fondos, en la primera inspección antes de WC HP, la presencia calcárea es prácticamente nula, las algas y el verdín no se aprecian, presencia de limo entre otros contaminantes del 20%-30%, del área total. Tras la WC HP, se estiman, los daños mecánicos de un 5% -10% y corrosión es localizada al daño mecánico y en torno a un 3% -5% de herrumbre. El WC HP se realiza a 500 bares, 19,7 L/min y una fuerza de reacción de 103 N [30].

En estas circunstancias tendríamos un riesgo bajo-medio para el área de los Costados y un riesgo medio para los Fondos, según ABS [57].

Todo trabajo al inicio, durante y tras el mismo se somete a control de las variables ambientales y de temperatura del sustrato y pinturas; por dispositivos calibrados capaces de certificar el volcado de datos para los permisos de entrada y la elaboración de un informe. Las condiciones de limpieza al acero al desnudo obligan a obtener muestras de la salinidad sobre el acero por el método Bresle, sondeo por la cinta Testex y el rugosímetro para elaboración de los correspondientes informes y un correcto anclaje de pintura. Las ventilaciones serán de 4 a 5 volúmenes del tanque por hora según el esquema de la Figura 20.

### 1.8.1. COSTADOS.

El recubrimiento del sistema de pintura, con fecha 2020-11-09, es un poliuretano de 50  $\mu\text{m}$  de espesor con un espesor específico total del sistema de pintura de 300  $\mu\text{m}$ . Tras la limpieza general, WC HP 500 bar, le sigue una limpieza manual PSt 3 con uso de amoladora, dejando los bordes biselados en 100 mm, del menos del 10% del área total, según estándar norma ISO 8501-3:2007; para realizar el marcaje de los trabajos de parcheo y se termina con una limpieza con agua dulce WC HP a 500 bar. Se deja secar y se comprueba la presencia de sales en los parcheos [8],  $\text{NaCl} \leq 40 \text{ mg/m}^2$ . La humedad relativa, la temperatura ambiente, temperatura del acero, el punto de rocío, y en resumen todos las variables ambientales controladas son reflejadas con su fecha y hora; antes del aplicar el recubrimiento, durante el secado y el curado final.



Los parcheos consisten en dos capas a rodillo de Hempadur Quattro 176364, de unas 125  $\mu\text{m}$  cada una. Respetando los tiempos de curado se continua con una capa general de Hempathane Top coat 55210, tanto para el color blanco como el color verde oscuro. Todo ello se realiza atendiendo a las condiciones climáticas, los tiempos de repintado, las mediciones de espesores y a los análisis de sales antes del pintado. En la Tabla 13 se muestra la estimación de litros de pintura y porcentaje de área a cubrir.

	COSTADOS				552,47m <sup>2</sup>	% Área 1	% Área 2
	Litros 1	Litros 2	Área 1	Área 2			
<b>Hempadur Quattro</b>	20		79,8		14,4		
<b>Hempathane Top coat</b>	42	26	357	221	64,6	40,0	

Tabla 13. Estimación pinturas en Costados. Fuente propia.

Son dos capas de Hempadur Quattro para menos del 10% de la superficie total de costados, cada una y una capa final de Hempathane Top coat para dar cobertura al 100% de costados con color verde para 341,68 m<sup>2</sup> y para el blanco 210, 79 m<sup>2</sup>.

### 1.8.2. FONDOS.

El recubrimiento del sistema de pintura con fecha 2020-11-11 es Hempasil X3+ y 150  $\mu\text{m}$  de espesor. Tras la limpieza general WC HP, se decide una limpieza manual P St 3 con uso de amoladora y lija, dejando los bordes biselados en 100 mm, del menos del 10% del área total. Se marcan los parcheos y se termina con una limpieza con agua dulce WC HP. Se deja secar y se comprueba la presencia de sales en los parcheos [8],  $\text{NaCl} \leq 40 \text{ mg/m}^2$ . La humedad relativa, la temperatura ambiente, temperatura del acero, el punto de rocío, y en resumen todos las variables ambientales controladas son reflejadas con su fecha y hora; antes del aplicar el recubrimiento, durante el secado y el curado final.

Quedando la superficie limpia para, tras el secado, aplicar con brocha el parcheo con Hempadur Quattro 17634 de 125  $\mu\text{m}$  y, tras el secado, una capa de Hempadur 15570 de 100  $\mu\text{m}$ . Al no sobrepasar con brocha la superficie de parcheo se evita rectificar con lija y la necesidad de un nuevo baldeo de agua dulce. Al tener las zonas

adyacentes de pintura biselada se pasa una capa de Hempasil Nexus Xtend de 120  $\mu\text{m}$  y de Hempasil X3+ de 150  $\mu\text{m}$ . Todo ello se realiza atendiendo a las condiciones ambientales, los tiempos de repaintado, las mediciones de espesores y a los análisis de sales antes del pintado. En la Tabla 14 se estiman los litros de pintura y el porcentaje de área.

	FONDOS	AREA TOTAL	624,4m <sup>2</sup>
	Litros	Área (m <sup>2</sup> )	% Área
<b>Hempadur Quattro</b>	20	79,8	12,8
<b>Hempadur 15570</b>	30	113,4	18,2
<b>Hempasil Nexus Xtend</b>	50	178,75	28,6
<b>Hempasil X3+</b>	100	235	37,6

Tabla 14. Estimación del área en base a litros de pintura. Fuente propia.

En la Tabla 14 se aprecia el aumento de porcentaje de área a tratar debido a los biselados; tal como muestra la Figura 24. Tras la aplicación de pintura quedara un traslape

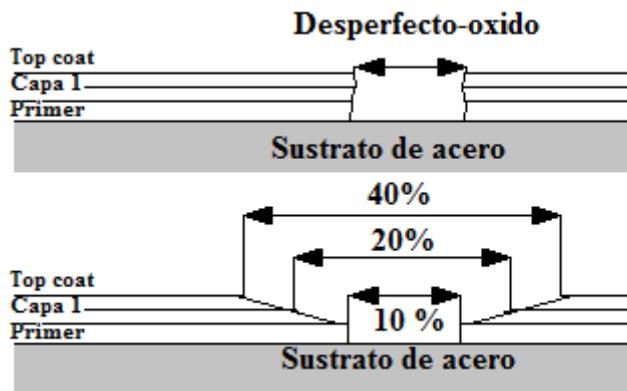


Figura 24. Biselado de sistemas de pintura para parcheos. Fuente propia.

La primera capa de Hempadur Quattro, es inferior al 10% la segunda capa es de Hempadur 15570 y ya está entre un 10% y un 20%, la tercera capa de Hempasil Nexus Xtend está entre un 20% y un 30%, y finalmente Hempasil X3+ que ya se encuentra entre un 30% y un 40% del área total de Fondos.



### 1.8.3. TANQUES DE AGUA POTABLE.

Lo primero es la limpieza del tanque eliminar todo residuo presente en el tanque y todo rastro de contaminantes, como el cloro. Esto se realiza por una limpieza WC LP a 250 bar, con fregado y recogida de residuos.

Las superficies a reparar con parcheo de pintura se tratan con amoladora hasta un P St 3, según ISO 8501:2007, las pinturas intactas alrededor de las reparaciones son biseladas 100 mm, con la amoladora orbital.

Al encontrarse el fondo del tanque en mal estado, en ambos, producto de defectos de pintado y de las entradas a bordo para revisiones. El ETR y las mediciones de espesores nos muestran un espesor del sistema de pintura de 400  $\mu\text{m}$ ; se decidió con el armador y el fabricante de dar un espesor de 400  $\mu\text{m}$  en el fondo en dos capas, hay que respetar las condiciones de curado con un tiempo de inducción de 10 minutos.

La pintura Hempel 35560 está libre de compuestos orgánicos volátiles con un valor de 0 g/L pero puede existir en los pigmentos, que se añadan. En esta pintura el espesor de película húmeda coincide con el espesor de película seca.

Se aplica un granallado en húmedo de todo el fondo, de los tanques de agua potable, hasta un grado Sa 2 ½. Se limpia el fondo de agua por una bomba de pulmón o bomba husky. Una vez limpio se da un nuevo baldeo con agua, se recoge todo y se deja secar.

Antes de pintar se aprovecha para medir rugosidades y presencia de sales disueltas [31], aun siendo tanques de agua potable los dosados de cloro pudieron concentrarse en el fondo, se busca un valor [8]  $\text{Cl} \leq 24 \text{ mg/m}^2$  y/o  $\text{NaCl} \leq 40 \text{ mg/m}^2$ . La humedad relativa, la temperatura ambiente, temperatura del acero, el punto de rocío, y en resumen todos las variables ambientales controladas son reflejadas con su fecha y hora; antes del aplicar el recubrimiento, durante el secado y el curado final.

En los fondos del tanque es donde las partes más deterioradas o de difícil acceso se puede dar la primera capa con brocha, dando una buena imprimación y base, sobre la cual ofrecer la cobertura por pistola (sin aire). Al usar brocha o rodillo, puede ser



necesario capas adicionales, para alcanzar la DFT objetivo. La DFT es de dos capas de 200  $\mu\text{m}$  haciendo un total de 400  $\mu\text{m}$  de espesor.

En condiciones normales, la vida de la mezcla es de una hora y media a 20°C, pero al aumentar las proporciones las reacciones entre la base y el catalizador son exponenciales y reduce la vida útil de la mezcla.

La comprobación de espesores es por la regla 90/10 el 90% de las mediciones debe de tener el espesor objetivo y el 10% de las mediciones no deben ser inferiores al 90% del valor objetivo.

#### **1.8.4. TANQUES DE LASTRE.**

El buque no presenta documentos del primer en el sistema de pintura en los tanques de lastre, por lo que se ha de reparar, al menos en un 70% y con un EPS mínimo de 320  $\mu\text{m}$  [32] de la superficie total, para poder certificar un nuevo sistema de pinturas apto. ABS indica la necesidad de proteger los ánodos de las acciones de pintado mantenimiento y reparación.

El grado de herrumbre es un grado B. limpieza de superficies a Sa 2 1/2, según ISO 8501-1 con una rugosidad entre 30  $\mu\text{m}$  y 75  $\mu\text{m}$ , correspondiente a una rugosidad media G según ISO 8503-1,2. No habrá contaminación por hidrocarburos y con una presencia máxima de sales solubles [58], para áreas sumergidas de  $\text{NaCl} \leq 80 \text{ mg/m}^2$ , calculado por el método Bresle. El primer de fábrica cumple los requisitos para un sistema epoxi, tal como Hempadur 17634 el cual admite un grado máximo de re-oxidación FR M.

Por la altura de los tanques será necesario un andamio de borriquetas para la inspección y los parcheos necesarios. Estos por dimensiones entran por el paso de hombre después de retirar las tapas del tanque. El descenso del personal se realiza por la escalera soldada al mamparo y la bulárcama.

Se debe quitar el 70% de la pintura, al tener vagras y varengas el granallado es la mejor forma de tratar la superficie, estos apenas se tocan con amoladora, hasta alcanzar un grado Sa 2, las áreas dañadas y las soldaduras debe de alcanzarse un Sa 2



½. El trabajo con amoladora no debe de superar el 2% del área total y el revestimiento de superposición deberá biselarse, en 100 mm. El Sa 2 ½ con perfiles de rugosidad comprendidos entre 30 µm y 75 µm la comprobación del perfil de limpieza y la rugosidad de la superficie de acero se mide al término de la preparación de la superficie y antes de la imprimación.

Hempadur quattro 17634 base epoxi ligeramente pigmentado, color crema y color rosado, los colores claros ayudan a la inspecciones. Constara mínimo de dos capas por pistola y dos capas a recorte, que puede quedar en una si se garantiza el espesor de película seca en los bordes y líneas de soldadura.

Antes de que se pinten los cantos deberán tratarse para un chaflan de un corte de unos 2 mm como mínimo; el rectificado de los cordones de soldadura y la eliminación de salpicaduras de fundente grado P2 [58].

Después de eliminar los restos de desechos por el granallado húmedo, se procede a limpiar el fondo del tanque con agua a presión. Hempel recomienda, de ser necesario se dejaría aproximadamente 5 cm, para cubrir las groeras, de agua en el tanque para que las sales incrustadas en las picaduras del fondo se disuelvan y pasadas 24 horas, se eliminan por aspiración de una bomba de pulmón (bomba husky).

Habrá un mínimo de dos capas, en las costuras soldadas será a recorte, estas se aplican con rodillo o brocha. El rodillo será útil en escotaduras y ratoneras. Cada capa será secada en tiempos y forma según las recomendaciones del fabricante. Tendrá un espesor de capa seca (ECS) mínimo de 350 µm, con una regla 90/10 en las mediciones para revestimientos de base epoxidica.

Todas las reparaciones deben de documentarse, el espesor de capa seca se medirá después de cada capa. Es necesaria una ventilación controlada, para el secado y curado correcto del sistema de pintura. La ventilación se mantendrá durante, el proceso de aplicación y posteriormente, tal como recomiende el fabricante de pintura.

Se dispone a los trabajos de pinturas en cumplimiento del checklist de entrada y con un inspector del trabajo.



### 1.8.5. SONDEOS ESPESORES DE PELÍCULA.

Existe una gran variedad de problemas en los sondeos de espesores, tanto de película seca como película húmeda, por el uso de peine o similar carácter destructivo. En el estándar ISO 19840:2012, véase Tabla 15, nos indican el número de muestreos:

Área/longitud del recinto de inspección	Mínimo número de sondas.	Máximo número de repeticiones.
Hasta 1	5	1
Entre 1 y 3	10	2
Entre 3 y 10	15	3
Entre 10 y 30	20	4
Entre 30 y 100	30	6
Más de 100	Añadir 10 por cada 100 m <sup>2</sup> ó m, a lo que corresponda.	20% del mínimo de sondas.

Tabla 15. Mínimo de sondeos de espesores de película. [33]

Con ello se conforma la siguiente Tabla 16, la cual nos indica los mínimos de sondeos necesarios según la ISO 19840:2012, para el presente proyecto.

	Área (m <sup>2</sup> )	Mínimo número de sondas.	Máximo número de repeticiones.
<b>COSTADOS (Parcheo, 1<sup>a</sup> capa)</b>	30	20	4
<b>COSTADOS (Parcheo, 2<sup>a</sup> capa)</b>	48	30	6
<b>COSTADOS (Verde)</b>	341,68	140	28
<b>COSTADOS (Blanco)</b>	210,79	90	18
<b>FONDOS (Parcheo, 1<sup>a</sup> capa)</b>	79,8	30	6
<b>FONDOS (Parcheo, 2<sup>a</sup> capa)</b>	113,4	50	10
<b>FONDOS (Parcheo, 3<sup>a</sup> capa)</b>	178,5	60	12
<b>FONDOS (Pintado, 4<sup>a</sup> capa)</b>	235	100	20
<b>TAP 1 (x2), (Parcheo, 1<sup>a</sup> capa)</b>	20,6	20	4
<b>TAP 1 (x2), (Parcheo, 2<sup>a</sup> capa)</b>	20,6	20	4
<b>TL 1C (Parcheo, 1<sup>a</sup> capa)</b>	62,68	30	6
<b>TL 1C (Parcheo, 2<sup>a</sup> capa)</b>	62,68	30	6
<b>TL 1C (Parcheo, 3<sup>a</sup> capa)</b>	62,68	30	6



<b>TL 2 (x2), (Parcheo, 1<sup>a</sup> capa)</b>	50,07	30	6
<b>TL 2 (x2), (Parcheo, 2<sup>a</sup> capa)</b>	50,07	30	6
<b>TL 2 (x2), (Parcheo, 3<sup>a</sup> capa)</b>	50,07	30	6
<b>TL 3 (x2), (Parcheo, 1<sup>a</sup> capa)</b>	42,97	30	6
<b>TL 3 (x2), (Parcheo, 2<sup>a</sup> capa)</b>	42,97	30	6
<b>TL 3 (x2), (Parcheo, 3<sup>a</sup> capa)</b>	42,97	30	6

Tabla 16. Sondeos mínimos en el trabajo de pintura. Fuente propia.

Todo trabajo de pintura inferior a 200 m<sup>2</sup> se considera parcheo. La anotación “(x2)” se refiere a que tenemos la información indicada, es la correspondiente de un tanque y en el conjunto total deberíamos multiplicarlo por dos.

Tras la medición se pasa la valoración de resultados, donde se decide si el sistema cumple o no cumple las especificaciones; a este respecto cabe resaltar dos opciones de decisión la regla 80/20 y la regla 90/10. En tanques de Lastre y en general aplicamos la regla 90/10.

Si aplicamos la regla 80/20, “el 80% de las muestras deben de ser iguales o mayores al EPS especificado y solo el 20% de las muestra pueden tener menos. Siendo su límite inferior el 80% del EPS especificado”.

Si aplicamos la regla 90/10, “el 90% de las muestras deben de ser iguales o mayores al EPS especificado y solo el 10% de las muestra pueden tener menos. Siendo su límite inferior el 90% del EPS especificado”.

## 1.9. PLANIFICACIÓN.

Se muestran los cronogramas a las diferentes actividades recogidas en la MEMORIA del trabajo. Esta planificación está sujeta al estado de los Fondos, por ello la planificación de este apartado está duplicada, en función del porcentaje de tajo.



La varada empieza el 4 Nov. a las 6 mañana y acaba a las 10:00 de la mañana

La pleamar fue a las 5 y el cero fue a las 8

A Dos personas

B Dos personas

C Dos personas

## PLANIFICACIÓN COSTADOS Y FONDOS <10%

Equipo	Trabajo	MAÑANAS		TARDES	
		Comienzo fecha/hora	Fin fecha/hora	Comienzo fecha/hora	Fin fecha/hora
<b>Varada</b>					
I	Inspección visual (antes de limpieza incrustaciones, baldeo,etc)	4-11-24 9:00	4-11-24 9:30		
<b>B+C</b>	<b>Limpieza WC HP( 500 bares boquilla 1,2mm, 19,7L/min, 103N)</b>	4-11-24 9:30	4-11-24 10:30	<b>dos horas de grúa</b>	
I	Inspección visual (después de limpieza incrustaciones, desengrasado,etc)	4-11-24 10:30	4-11-24 11:00		
B+C	Apertura de los manhole de los tanques	4-11-24 10:30	4-11-24 11:00		
B+C	Montaje en cubierta de los elementos de sistema granallado	4-11-24 11:00	4-11-24 13:30	<b>una hora de grúa</b>	
I	Inspección (indicaciones PRL y pautas de montaje)		4-11-24 14:30	4-11-24 15:00	
B+C	Limpieza fregado de los tanques + recogida de residuos MARPOL		4-11-24 15:00	4-11-24 18:30	
I	Inspección( inspección de tanques)		4-11-24 17:30	4-11-24 18:30	
B	El día 5 El equipo B pasa a granallado de tanques				
C	<b>Montaje del andamiaje perimetral + accesos</b>	5-11-24 9:30	5-11-24 13:30	5-11-24 14:30	<b>Grúas medios auxilio 6h</b>
I	Inspección marcaje de los parcheos (Fondos)		5-11-24 16:30	5-11-24 18:30	
C	Fregado de costados y fondos, WCHP( 500 bar boq 1,2mm, 19,7L/min, 103N)		5-11-24 16:30	5-11-24 18:30	
<b>Fondos</b>					
C	<b>Toldeado (cierre apto para trabajos de pintura y granallado)</b>	6-11-24 9:30	6-11-24 13:30	6-11-24 14:30	<b>Grúas medios auxilio 6h</b>
C	Montaje elementos de iluminación andamiaje y conexión a astillero		6-11-24 16:30	6-11-24 18:30	
C	Granallado húmedo PSa 2 ½ (sin salirse del parcheo)	7-11-24 9:30	7-11-24 13:30	7-11-24 14:30	
C	Granallado húmedo PSa 2 ½ (sin salirse del parcheo)	8-11-24 9:30	8-11-24 11:30		
I	Inspección	8-11-24 9:30	8-11-24 10:30		
C	Limpieza + reciclaje de granalla acero	8-11-24 11:30	8-11-24 13:30		
C	Limpieza P St 3 (lijar orbital biselado de los parcheos + amoladora defectos)		8-11-24 14:30	8-11-24 18:30	
I	Inspección		8-11-24 17:30	8-11-24 18:30	
<b>DÍA 9 SÁBADO</b>					
C	Limpieza P St 3 (lijar orbital biselado de los parcheos + amoladora defectos)	9-11-24 9:30	9-11-24 13:00		
C	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	9-11-24 13:00	9-11-24 13:30		
I	Inspección	9-11-24 13:00	9-11-24 13:30		
<b>DÍA 10 DOMINGO</b>					



C	Preparación parcheo (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)	11-11-24 9:30	11-11-24 10:00	
C	Aplicación parcheo Hempadur Quattro 125 micras (1ª capa con brocha, rodillo)	11-11-24 10:00	11-11-24 13:00	
C	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	11-11-24 13:00	11-11-24 13:30	
I	Inspección	11-11-24 13:00	11-11-24 13:30	
C	Preparación parcheo(limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)		11-11-24 14:30	11-11-24 15:00
C	Aplicación parcheo Hempadur Quattro 125 micras (1ª capa con brocha, rodillo)		11-11-24 15:00	11-11-24 18:00
C	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		11-11-24 18:00	11-11-24 18:30
I	Inspección		11-11-24 18:00	11-11-24 18:30
B+C	Proteger cubrir parcheos fondos	12-11-24 9:30	12-11-24 10:00	
<b>Costados</b>				
B+C	Granallado húmedo parcheos costados P Sa 2 ½	12-11-24 10:00	12-11-24 13:00	
B+C	Limpieza + reciclaje de granalla acero	12-11-24 13:00	12-11-24 13:30	
I	Inspección	12-11-24 13:00	12-11-24 13:30	
B+C	Granallado húmedo parcheos costados P Sa 2 ½		12-11-24 14:30	12-11-24 16:30
B+C	Limpieza + reciclaje de granalla acero		12-11-24 16:30	12-11-24 18:30
I	Inspección		12-11-24 18:00	12-11-24 18:30
B+C	Cambio de la granalla de la tolva (acero G-40, recuperado en sacas grandes)	13-11-24 9:30	13-11-24 10:30	<b>Grúas, medios de auxilio</b>
B+C	Llenado de tolva con granalla acero G-80	13-11-24 10:30	13-11-24 11:30	
B+C	Granallado húmedo Sa-1 costados (552 m2, productividad 90 m2/h)	13-11-24 11:30	13-11-24 13:30	
A+B	Granallado húmedo Sa-1 costados (552 m2, productividad 90 m2/h)		13-11-24 14:30	13-11-24 16:00
A+B	Limpieza + reciclaje de granalla acero		13-11-24 16:00	13-11-24 18:30
I	Inspección		13-11-24 18:00	13-11-24 18:30
El equipo C no vuelve al trabajo por la tarde, se emplea en otra obra				
A+B	Limpieza P St 3 (lijar orbital biselado de los parcheos + amoladora defectos)	14-11-24 9:30	14-11-24 13:30	
I	Inspección	14-11-24 13:00	14-11-24 13:30	
<b>Fondos</b>				
A+B	Preparación parcheo (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)		14-11-24 14:30	14-11-24 15:00
A+B	Aplicación parcheo Hempadur 15570 100 micras (1ª capa con brocha)		14-11-24 15:00	14-11-24 18:00
A+B	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		14-11-24 18:00	14-11-24 18:30
I	Inspección		14-11-24 18:00	14-11-24 18:30
<b>Costados</b>				
A+B	Preparación parcheo (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla..)	15-11-24 9:30	15-11-24 10:00	
A+B	Aplicación parcheo Hempadur Quattro 125 micras (1ª capa con brocha, rodillo)	15-11-24 10:00	15-11-24 13:00	
A+B	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	15-11-24 13:00	15-11-24 13:30	
I	Inspección	15-11-24 13:00	15-11-24 13:30	
<b>Fondos</b>				
A+B	Preparación parcheo (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)		15-11-24 14:30	15-11-24 15:00
A+B	Aplicación parcheo Hempasil Xtend 120 micras (1ª capa con pistola Airless)		15-11-24 15:00	15-11-24 16:30



A+B	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	15-11-24 16:30	15-11-24 18:30	
I	Inspección	15-11-24 17:30	15-11-24 18:30	
<b>Costados</b>				
A+B	Preparación parcheo(limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)	16-11-24 9:30	16-11-24 10:00	
A+B	Aplicación parcheo Hempadur Quattro 125 micras (2 <sup>a</sup> capa con brocha, rodillo)	16-11-24 10:00	16-11-24 13:00	
A+B	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	16-11-24 13:00	16-11-24 13:30	
I	Inspección	16-11-24 13:00	16-11-24 13:30	
DÍA 16 ES SÁBADO				
<b>Fondos</b>				
A+B	Preparación parcheo (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)	16-11-24 14:30	16-11-24 15:00	Horario extra +20%
A+B	Aplicación parcheo Hempsil X3+ 150 micras (1 <sup>a</sup> capa con pistola Airless)	16-11-24 15:00	16-11-24 16:30	Horario extra +20%
A+B	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	16-11-24 16:30	16-11-24 18:30	Horario extra +20%
I	Inspección	16-11-24 16:30	16-11-24 18:30	Horario extra +20%
DÍA 17 DOMINGO				
<b>Costados</b>				
A+B	Preparación parcheo(limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)	18-11-24 9:30	18-11-24 10:00	
A+B	Aplicación 100% Hempthane Top coat 50 micras (1 <sup>a</sup> capa con pistola Airless)	18-11-24 10:00	18-11-24 13:00	
A+B	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	18-11-24 13:00	18-11-24 13:30	
I	Inspección	18-11-24 13:00	18-11-24 13:30	



## PLANIFICACION - TRABAJOS COSTADOS

	12-11-24 10:00	13-11-24 16:00	14-11-24 22:00	16-11-24 4:00	17-11-24 10:00
Granallado húmedo parcheos costados P Sa 2 ½	■				
Limpieza + reciclaje de granalla acero	■				
Inspección	■				
Granallado húmedo parcheos costados P Sa 2 ½		■			
Limpieza + reciclaje de granalla acero		■			
Inspección		■			
Cambio de la granalla de la tolva (acero G-40, recuperado en sacas grandes)			■		
Llenado de tolva con granalla acero G-80			■		
Granallado húmedo Sa-1 costados (552 m2, productividad 90 m2/h)			■		
Granallado húmedo Sa-1 costados (552 m2, productividad 90 m2/h)			■		
Limpieza + reciclaje de granalla acero			■		
Inspección			■		
El equipo C no vuelve al trabajo por la tarde, se emplea en otra obra					
Limpieza P St 3 (lijado orbital biselado de los parcheos + amoladora defectos)			■		
Inspección			■		
Preparación parcheo (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)				■	
Aplicación parcheo Hempadur Quattro 125 micras (1ª capa con brocha, rodillo)				■	
Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente				■	
Inspección				■	
Preparación parcheo (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)					■
Aplicación parcheo Hempadur Quattro 125 micras (2ª capa con brocha, rodillo)					■
Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente					■
Inspección					■
Preparación parcheo (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)					
Aplicación 100% Hempadur Topcoat 50 micras (1ª capa con pistola Airless)					■
Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente					■
Inspección					■



## PLANIFICACION TRABAJOS - FONDOS <10%

6-11-24 9:30 7-11-24 15:30 8-11-24 21:30 10-11-24 3:30 11-11-24 9:30 12-11-24 15:30 13-11-24 21:30 15-11-24 3:30 16-11-24 9:30





## PLANIFICACIÓN TANQUES

Equipo	Trabajo	MAÑANAS		TARDES	
		Comienzo fecha/hora	Fin fecha/hora	Comienzo fecha/hora	Fin fecha/hora
<b>Tanque agua potable 1 Br + 1Er</b>					
A+B	Granallado húmedo	5-11-24 9:30	5-11-24 13:30	5-11-24 14:30	5-11-24 15:30
A+B	Limpieza tanque+recogida residuos+ reciclaje de granalla acero			5-11-24 15:30	5-11-24 18:30
I	Inspección			5-11-24 17:30	5-11-24 18:30
A	Preparación pintado (limpieza equipo, andamiaje, iluminación, mezcla, etc.)	6-11-24 9:30	6-11-24 10:30		
A	Aplicación pintura brocha, rodillo(2 personas para 2 tanques)	6-11-24 10:30	6-11-24 12:30		
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	6-11-24 12:30	6-11-24 13:30		
I	Inspección	6-11-24 13:00	6-11-24 13:30		
A	Segunda capa (pistola airless)	7-11-24 9:30	7-11-24 10:30		
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	7-11-24 10:30	7-11-24 11:30		
<b>Tanque de lastre 1C</b>					
B	Granallado húmedo	6-11-24 9:30	6-11-24 13:30	6-11-24 14:30	6-11-24 18:30
B	Limpieza tanque+recogida residuos+ reciclaje de granalla acero	7-11-24 9:30	7-11-24 11:30		
I	Inspección	7-11-24 11:30	7-11-24 12:30		
B	Preparación pintado (limpieza equipo, andamiaje, iluminación, mezcla, etc.)	7-11-24 11:30	7-11-24 12:30		
B	aplicación pintura brocha, rodillo (2 personas para 1 tanques)			7-11-24 14:30	7-11-24 17:30
B	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente			7-11-24 17:30	7-11-24 18:30
I	Inspección			7-11-24 17:30	7-11-24 18:00
A	Segunda capa (pistola airless)	8-11-24 9:30	8-11-24 10:30		
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	8-11-24 11:30	8-11-24 12:30		
A	Tercera capa			8-11-24 14:30	8-11-24 15:30
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente			8-11-24 16:30	8-11-24 17:30
I	Inspección			8-11-24 16:30	8-11-24 17:00
<b>Tanque de Lastre 2 Br</b>					
A	Granallado húmedo			6-11-24 14:30	6-11-24 18:30
A	Granallado húmedo	7-11-24 11:30	7-11-24 12:30		
A	Limpieza tanque+recogida residuos+ reciclaje de granalla acero	7-11-24 12:30	7-11-24 13:30		
I	Inspección	7-11-24 12:30	7-11-24 13:30		
B	Preparación pintado (limpieza equipo, andamiaje, iluminación, mezcla, etc.)	7-11-24 12:30	7-11-24 13:30		
A	Aplicación pintura brocha, rodillo (2 personas para 1 tanques)			7-11-24 14:30	7-11-24 17:30

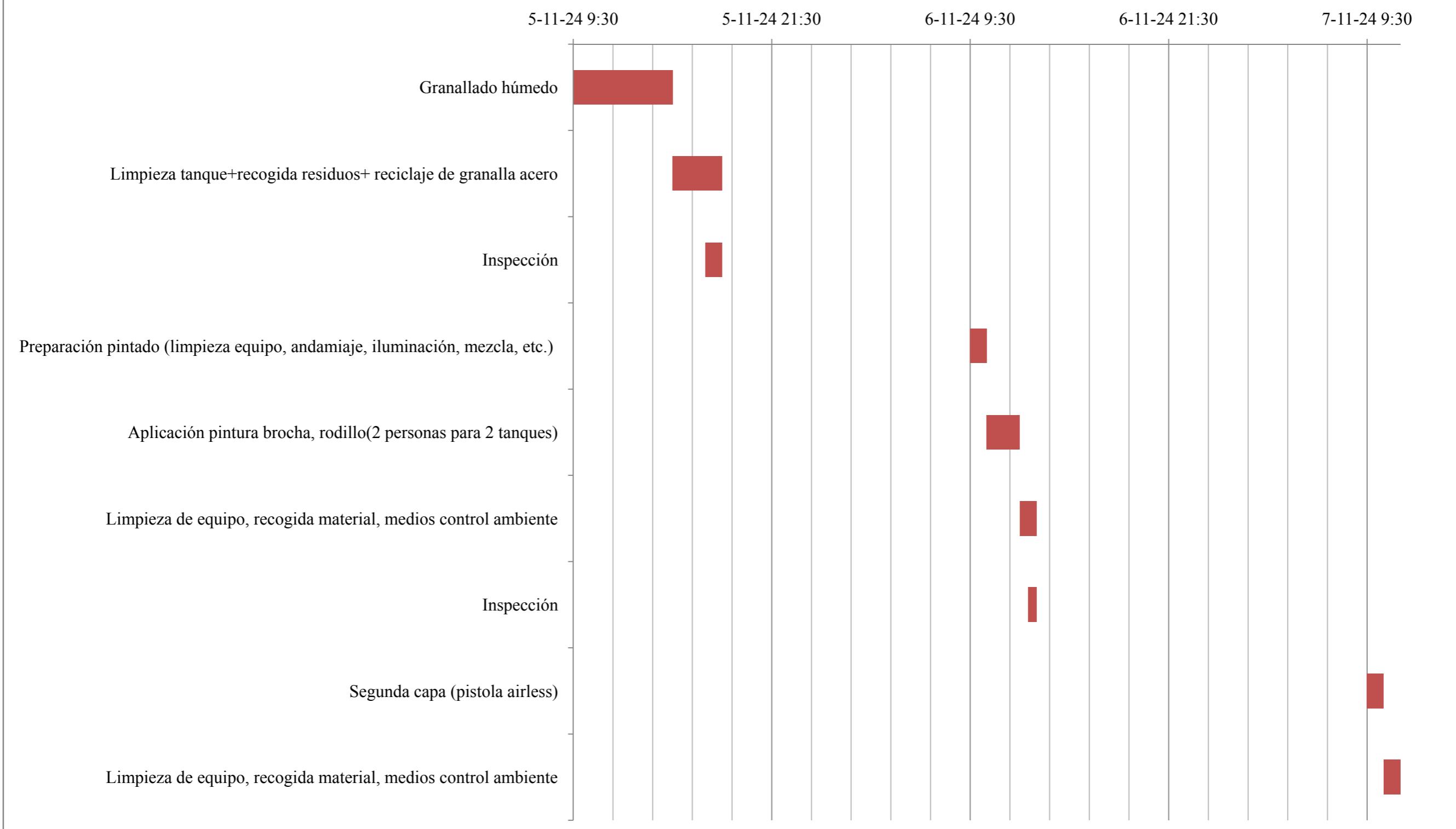


A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		7-11-24 17:30	7-11-24 18:30
I	Inspección		7-11-24 18:00	7-11-24 18:30
A	Segunda capa (pistola airless)	8-11-24 10:30	8-11-24 11:30	
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	8-11-24 12:30	8-11-24 13:30	
A	Tercera capa		8-11-24 15:30	8-11-24 16:30
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		8-11-24 17:30	9-11-24 18:30
I	Inspección		8-11-24 17:30	8-11-24 18:30
<b>Tanque de Lastre 2 Er</b>				
B	Granallado húmedo	8-11-24 9:30	8-11-24 13:30	8-11-24 14:30
B	Limpieza tanque+recogida residuos+ reciclaje de granalla acero			8-11-24 16:30
I	Inspección		8-11-24 17:30	8-11-24 17:30
B	Preparación pintado (limpieza equipo, andamiaje, iluminación, mezcla, etc.)		8-11-24 17:30	8-11-24 18:30
A	Aplicación pintura brocha, rodillo (2 personas para 1 tanques)	9-11-24 9:30	9-11-24 12:30	
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	9-11-24 12:30	9-11-24 13:30	
I	Inspección	9-11-24 12:30	9-11-24 13:30	
<b>Tanque de Lastre 3 Br y 3Er</b>				
B	CESÁREA corte por plasma parte superior	9-11-24 9:30	9-11-24 12:30	
B	ARRANCHAR las planchas con ayuda de diferenciales	9-11-24 12:30	9-11-24 13:30	
I	Inspección	9-11-24 9:30	9-11-24 12:30	
<b>Tanque de Lastre 2 Er Lunes 11</b>				
A	Segunda capa (pistola airless)	11-11-24 9:30	11-11-24 10:30	
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	11-11-24 10:30	11-11-24 11:00	
A	Tercera capa	12-11-24 10:30	12-11-24 11:30	
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	12-11-24 12:30	12-11-24 13:30	
I	Inspección	12-11-24 11:30	12-11-24 12:00	
<b>Tanque de Lastre 3 Br</b>				
B	Granallado húmedo	11-11-24 9:30	11-11-24 12:30	
B	Limpieza tanque+recogida residuos+ reciclaje de granalla acero	11-11-24 12:30	11-11-24 13:30	
I	Inspección	11-11-24 13:00	11-11-24 13:30	
B	Preparación pintado (limpieza equipo, andamiaje, iluminación, mezcla,..)		11-11-24 14:30	11-11-24 15:30
B	Aplicación pintura brocha, rodillo (2 personas para 1 tanques)		11-11-24 16:30	11-11-24 18:30
B	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		11-11-24 18:30	11-11-24 19:30
I	Inspección		11-11-24 18:00	11-11-24 18:30
A	Segunda capa (pistola airless)	12-11-24 9:30	12-11-24 10:30	
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	12-11-24 11:30	12-11-24 12:30	

HORA EXTRA

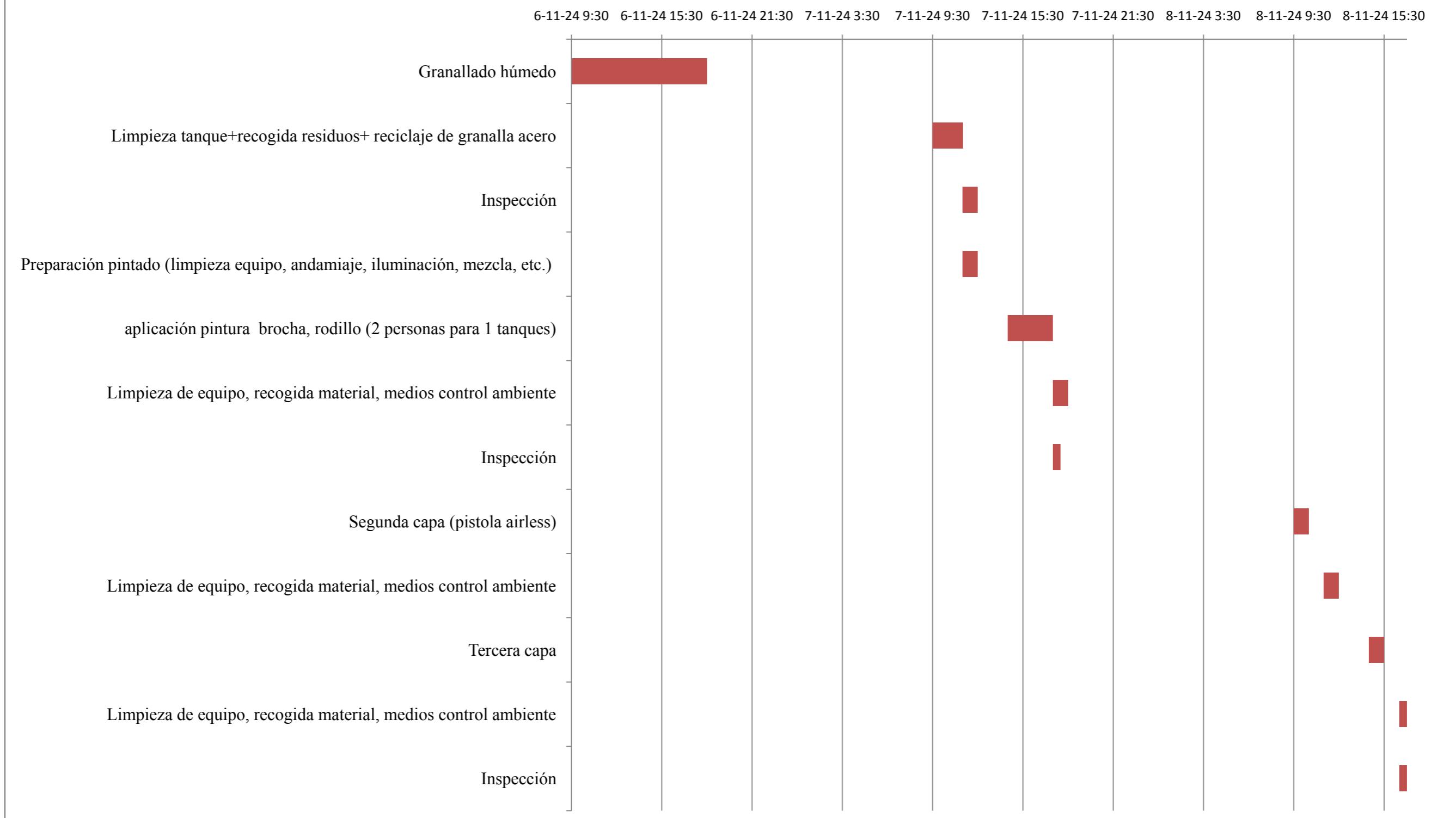


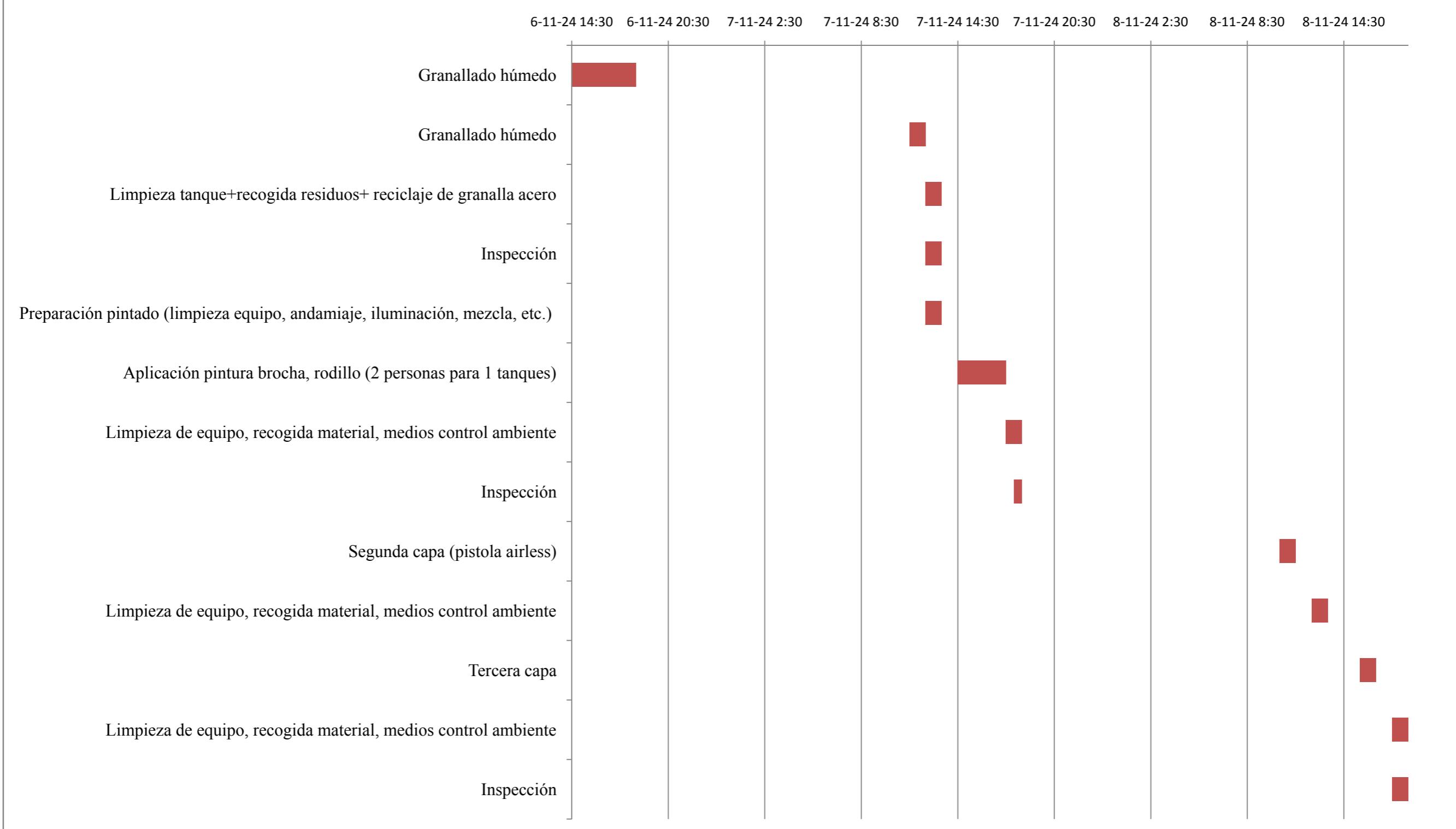
A	Tercera capa		12-11-24 14:30	12-11-24 15:30
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		12-11-24 16:30	12-11-24 17:30
I	Inspección		12-11-24 18:00	12-11-24 18:30
<b>Tanque de Lastre 3 Er</b>				
A	Granallado húmedo	11-11-24 11:00	11-11-24 13:30	
A	Limpieza tanque+recogida residuos+ reciclaje de granalla acero		11-11-24 14:30	11-11-24 15:30
I	Inspección		11-11-24 15:00	11-11-24 15:30
A	Preparación pintado (limpieza equipo, andamiaje, iluminación, mezcla, etc.)		11-11-24 15:30	11-11-24 16:30
A	Aplicación pintura brocha, rodillo (2 personas para 1 tanques)		11-11-24 16:30	11-11-24 18:30
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		11-11-24 18:30	11-11-24 19:30
I	Inspección		11-11-24 18:30	11-11-24 19:30
A	Segunda capa (pistola airless)		12-11-24 15:30	12-11-24 16:30
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		12-11-24 17:30	12-11-24 18:30
A	Tercera capa	13-11-24 9:30	13-11-24 11:30	
A	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	13-11-24 11:30	13-11-24 13:30	
I	Inspección	13-11-24 13:00	13-11-24 13:30	
C/2	se pone un alero para soldar sobre este Soldadura chapa TL 3Br		13-11-24 14:30	13-11-24 16:30
C/2	se pone un alero para soldar sobre este Soldadura chapa TL 3Er		13-11-24 16:30	13-11-24 18:30
I	Inspección		13-11-24 18:00	13-11-24 18:30
B	EL DÍA 12 AYUDA EN LOS TRABAJOS DEL CASCO	12-11-24 9:30		
A	EL DÍA 13 AYUDA EN LOS TRABAJOS DEL CASCO	13-11-24 14:30		

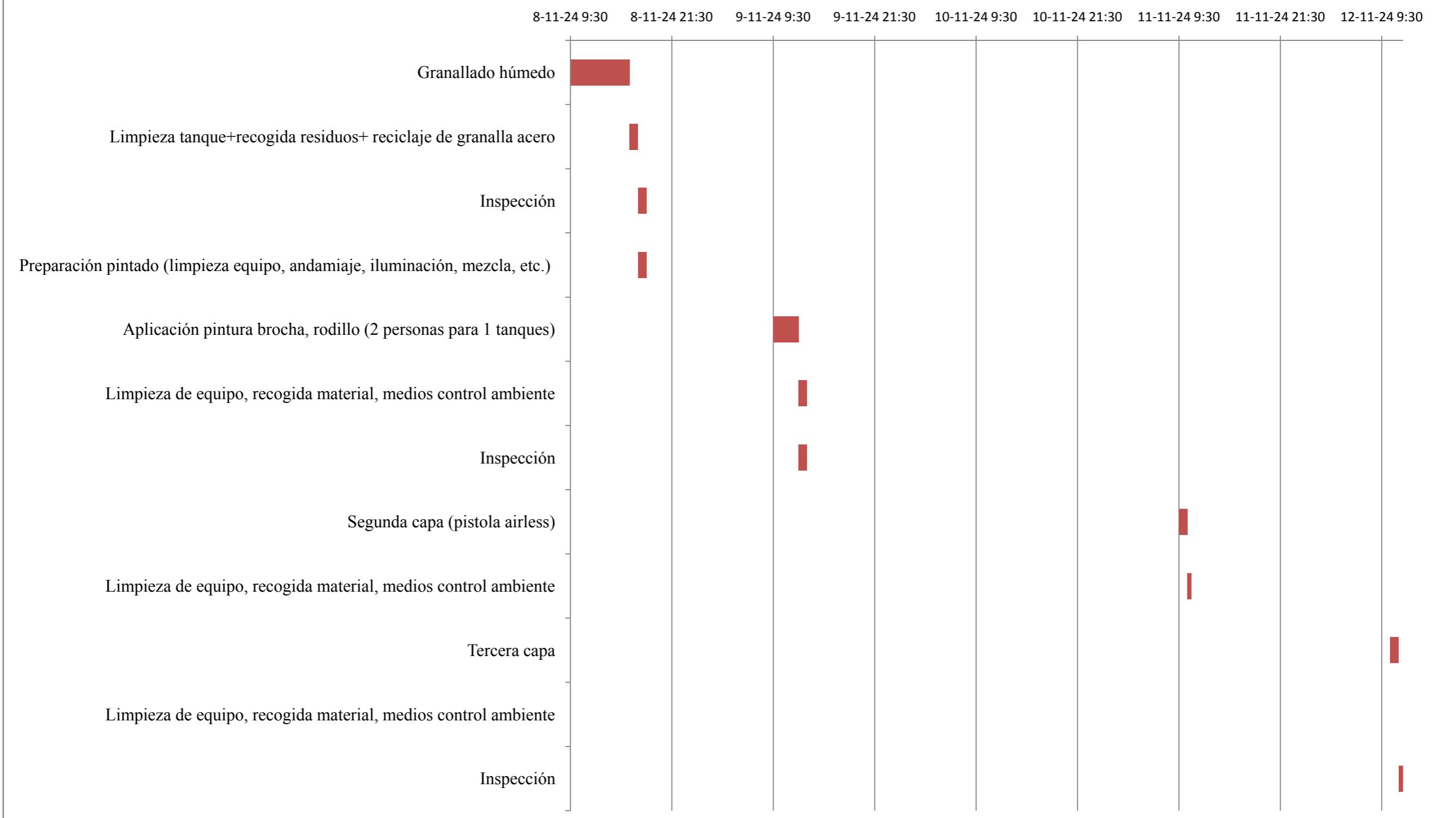
**PLANIFICACION TRABAJOS - TANQUES TAP 1Br Y TAP 1Er**



## PLANIFICACION TRABAJOS - TANQUE TL 1C

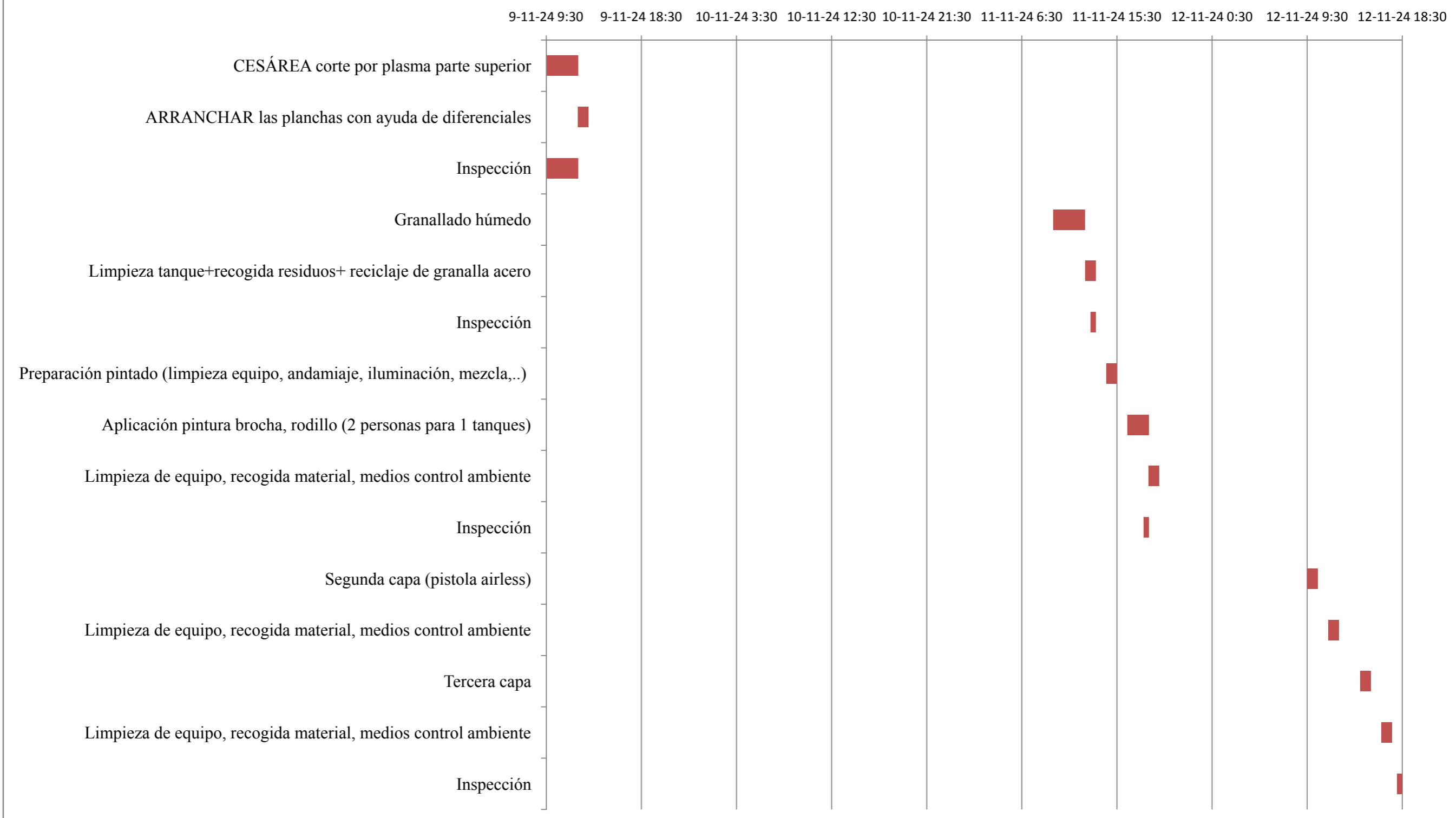


**PLANIFICACION TRABAJOS - TANQUE TL 2Br**

**PLANIFICACION TRABAJOS - TANQUE TL 2Er**



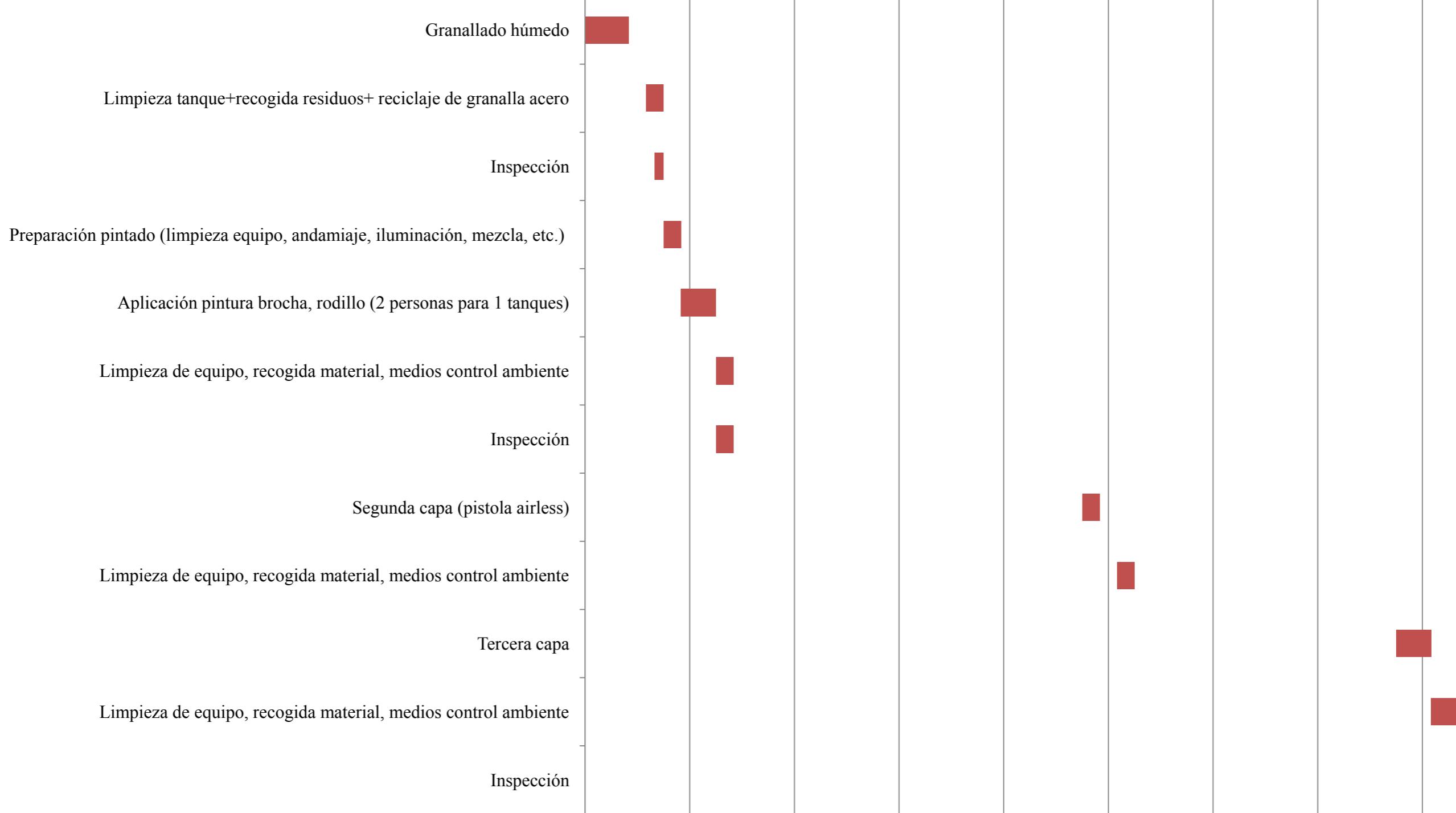
## PLANIFICACION TRABAJOS - TANQUE TL 3Br





## PLANIFICACION TRABAJOS - TANQUE TL 3Er

11-11-24 11:00 11-11-24 17:00 11-11-24 23:00 12-11-24 5:00 12-11-24 11:00 12-11-24 17:00 12-11-24 23:00 13-11-24 5:00 13-11-24 11:00





La varada empieza el 4 nov a las 6 mañana y acaba a las 10:00 de la mañana

La pleamar fue a las 5 y el cero fue a las 8

- A Dos personas
- B Dos personas
- C Dos personas

## PLANIFICACIÓN 100% DE FONDOS

Equipo	Trabajo	MAÑANAS		TARDES	
		Comienzo fecha/hora	Fin fecha/hora	Comienzo fecha/hora	Fin fecha/hora
<b>Varada</b>					
I	Inspección visual (antes de limpieza incrustaciones, baldeo,etc)	4-11-24 9:00	4-11-24 9:30		
B+C	<b>Limpieza WC HP( 500 bares boquilla 1,2mm, 19,7L/min, 103N)</b>	4-11-24 9:30	4-11-24 10:30	<b>plataforma elevadora móvil</b>	
I	Inspección visual (después de limpieza incrustaciones, desengrasado,etc)	4-11-24 10:30	4-11-24 11:00		
B+C	Apertura de los paso de hombre (manhole) de los tanques	4-11-24 10:30	4-11-24 11:00		
B+C	Montaje en cubierta de los elementos de sistema granallado	4-11-24 11:00	4-11-24 13:30		
I	Inspección (indicaciones PRL y pautas de montaje)			4-11-24 14:30	4-11-24 15:00
B+C	Limpieza fregado de los tanques + recogida de residuos MARPOL			4-11-24 15:00	4-11-24 18:30
I	Inspección (inspección de tanques)			4-11-24 17:30	4-11-24 18:30
B	El día 5 El equipo B pasa a granallado de tanques				
<b>Fondos</b>					
C	Situación, preparación y montaje del equipo de waterjet	5-11-24 9:30	5-11-24 10:30		
I	Inspección	5-11-24 9:30	5-11-24 10:30		
C	Spiderjet UHP WJ 3000 bar, 50 L/min, Wa 2 ½, 90m <sup>2</sup> /h	5-11-24 10:30	5-11-24 13:30	5-11-24 14:30	5-11-24 18:30
I	Inspección	5-11-24 12:30	5-11-24 13:30		
I	Inspección			5-11-24 18:00	5-11-24 18:30
C	Spiderjet UHP WJ 3000 bar, 50 L/min, Wa 2 ½, 90m <sup>2</sup> /h	6-11-24 9:30	6-11-24 10:30		
I	Inspección	6-11-24 10:00	6-11-24 10:30		
C	Limpieza desechos del waterjet( contenedor 5 m <sup>3</sup> )	6-11-24 10:30	6-11-24 11:00		<b>1h</b>
C	Desmontaje y retirada de equipo de waterjet	6-11-24 11:00	6-11-24 11:30		
C	Montaje del andamiaje perimetral + accesos	6-11-24 11:30	6-11-24 13:30	6-11-24 14:30	6-11-24 18:30
I	Inspección	6-11-24 12:30	6-11-24 13:00		
I	Inspección			6-11-24 16:00	6-11-24 16:30
C	Toldeado (cierre apto para trabajos de pintura y granallado)	7-11-24 9:30	7-11-24 13:30	7-11-24 14:30	7-11-24 16:30
I	Inspección	7-11-24 13:00	7-11-24 13:30		
I	Inspección			7-11-24 16:00	7-11-24 16:30
C	Limpieza a presión fondos, WC HP (500 bar, boquilla 1,2mm, 19,7L/min 103N)			7-11-24 16:30	7-11-24 18:30
C	Montaje elementos de iluminación andamiaje, ventilación y conexión a astillero	8-11-24 9:30	8-11-24 11:30		
I	Inspección	8-11-24 9:30	8-11-24 10:00		
C	Preparación pintado (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)	8-11-24 10:00	8-11-24 10:30	<b>FR M máximo para Hempadur</b> <b>Quattro17634</b>	



C	Aplicación pintado Hempadur Quattro 125 micras (una capa con pistola Airless)	8-11-24 10:30	8-11-24 13:00		
C	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	8-11-24 13:00	8-11-24 13:30		
I	Inspección	8-11-24 13:00	8-11-24 13:30		
C	Preparación pintado (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)		8-11-24 14:30	8-11-24 15:00	
	Aplicación pintado Hempadur Quattro 125 micras (continuación con pistola Airless)		8-11-24 15:00	8-11-24 18:00	
C	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		8-11-24 18:00	8-11-24 18:30	
I	Inspección		8-11-24 18:00	8-11-24 18:30	
<b>DÍA 9 NOV ES SÁBADO (se espera al lunes para continuar la imprimación)</b>					
I	Inspección	9-11-24 9:30	9-11-24 10:00		
C	Preparación pintado (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)	9-11-24 10:00	9-11-24 10:30		
C	Aplicación pintado Hempadur 15570, 100 micras (una capa con pistola Airless)	9-11-24 10:30	9-11-24 13:00		
C	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	9-11-24 13:00	9-11-24 13:30		
I	Inspección	9-11-24 13:00	9-11-24 13:30		
C	Preparación pintado (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)		9-11-24 14:30	9-11-24 15:00	<b>hora extra</b>
	Aplicación pintado Hempadur 15570, 100 micras (continuación, con pistola Airless)		9-11-24 15:00	9-11-24 18:00	<b>hora extra</b>
C	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		9-11-24 18:00	9-11-24 18:30	<b>hora extra</b>
I	Inspección		9-11-24 18:00	9-11-24 18:30	<b>hora extra</b>
<b>DÍA 10 DOMINGO</b>					
I	Inspección	10-11-24 9:30	10-11-24 10:00		<b>hora extra</b>
C	Preparación pintado (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)	10-11-24 10:00	10-11-24 10:30		<b>hora extra</b>
C	Aplicación pintado Hempasil N xtend 120 micras (una capa con pistola Airless)	10-11-24 10:30	10-11-24 13:00		<b>hora extra</b>
C	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	10-11-24 13:00	10-11-24 13:30		<b>hora extra</b>
I	Inspección	10-11-24 13:00	10-11-24 13:30		<b>hora extra</b>
C	Preparación pintado (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)		10-11-24 14:30	10-11-24 15:00	<b>hora extra</b>
	Aplicación pintado Hempasil N xtend 120 micras (continuación con pistola Airless)		10-11-24 15:00	10-11-24 18:00	<b>hora extra</b>
C	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		10-11-24 18:00	10-11-24 18:30	<b>hora extra</b>
I	Inspección		10-11-24 18:00	10-11-24 18:30	<b>hora extra</b>
I	Inspección	11-11-24 9:30	11-11-24 10:00		
C	Preparación pintado (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)	11-11-24 10:00	11-11-24 10:30		
C	Aplicación pintado Hempasil X3+ 150 micras (una capa con pistola Airless)	11-11-24 10:30	11-11-24 13:00		
C	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	11-11-24 13:00	11-11-24 13:30		
I	Inspección	11-11-24 13:00	11-11-24 13:30		
C	Preparación pintado (limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)		11-11-24 14:30	11-11-24 15:00	
C	Aplicación pintado Hempasil X3+ 150 micras (una capa con pistola Airless)		11-11-24 15:00	11-11-24 18:00	
C	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		11-11-24 18:00	11-11-24 18:30	



I	Inspección		11-11-24 18:00	11-11-24 18:30
B+C	Proteger cubrir pintura fondos con cubre todo y cinta carrocería <b>Costados</b>	12-11-24 9:30	12-11-24 10:00	
B+C	Granallado húmedo parcheos costados P Sa 2 ½	12-11-24 10:00	12-11-24 13:00	
B+C	Limpieza + reciclaje de granalla acero	12-11-24 13:00	12-11-24 13:30	
I	Inspección	12-11-24 13:00	12-11-24 13:30	
B+C	Granallado húmedo parcheos costados P Sa 2 ½		12-11-24 14:30	12-11-24 16:30
B+C	Limpieza + reciclaje de granalla acero		12-11-24 16:30	12-11-24 18:30
I	Inspección		12-11-24 18:00	12-11-24 18:30
B+C	Cambio de la granalla de la tolva (acero G-40, recuperado en sacas grandes)	13-11-24 9:30	13-11-24 10:30	
B+C	Llenado de tolva con granalla acero G-80	13-11-24 10:30	13-11-24 11:30	
B+C	Granallado húmedo Sa-1 costados (552 m2, productividad 90 m2/h)	13-11-24 11:30	13-11-24 13:30	
A+B	Granallado húmedo Sa-1 costados (552 m2, productividad 90 m2/h)		13-11-24 14:30	13-11-24 16:00
A+B	Limpieza + reciclaje de granalla acero		13-11-24 16:00	13-11-24 18:30
I	Inspección		13-11-24 18:00	13-11-24 18:30
	El equipo C no vuelve al trabajo por la tarde, se emplea en otra obra			
A+B	Limpieza P St 3 (lijar orbital biselado de los parcheos + amoladora defectos)	14-11-24 9:30	14-11-24 13:30	
I	Inspección	14-11-24 13:00	14-11-24 13:30	
A+B	Preparación parcheo(limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)		14-11-24 14:30	14-11-24 15:00
A+B	Aplicación parcheo Hempadur Quattro 125 micras (1ª capa con brocha, rodillo)		14-11-24 15:00	14-11-24 18:00
A+B	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente		14-11-24 18:00	14-11-24 18:30
I	Inspección		14-11-24 18:00	14-11-24 18:30
A+B	Preparación parcheo(limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)	15-11-24 9:30	15-11-24 10:00	
A+B	Aplicación parcheo Hempadur Quattro 125 micras (2ª capa con brocha, rodillo)	15-11-24 10:00	15-11-24 13:00	
A+B	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	15-11-24 13:00	15-11-24 13:30	
I	Inspección	15-11-24 13:00	15-11-24 13:30	

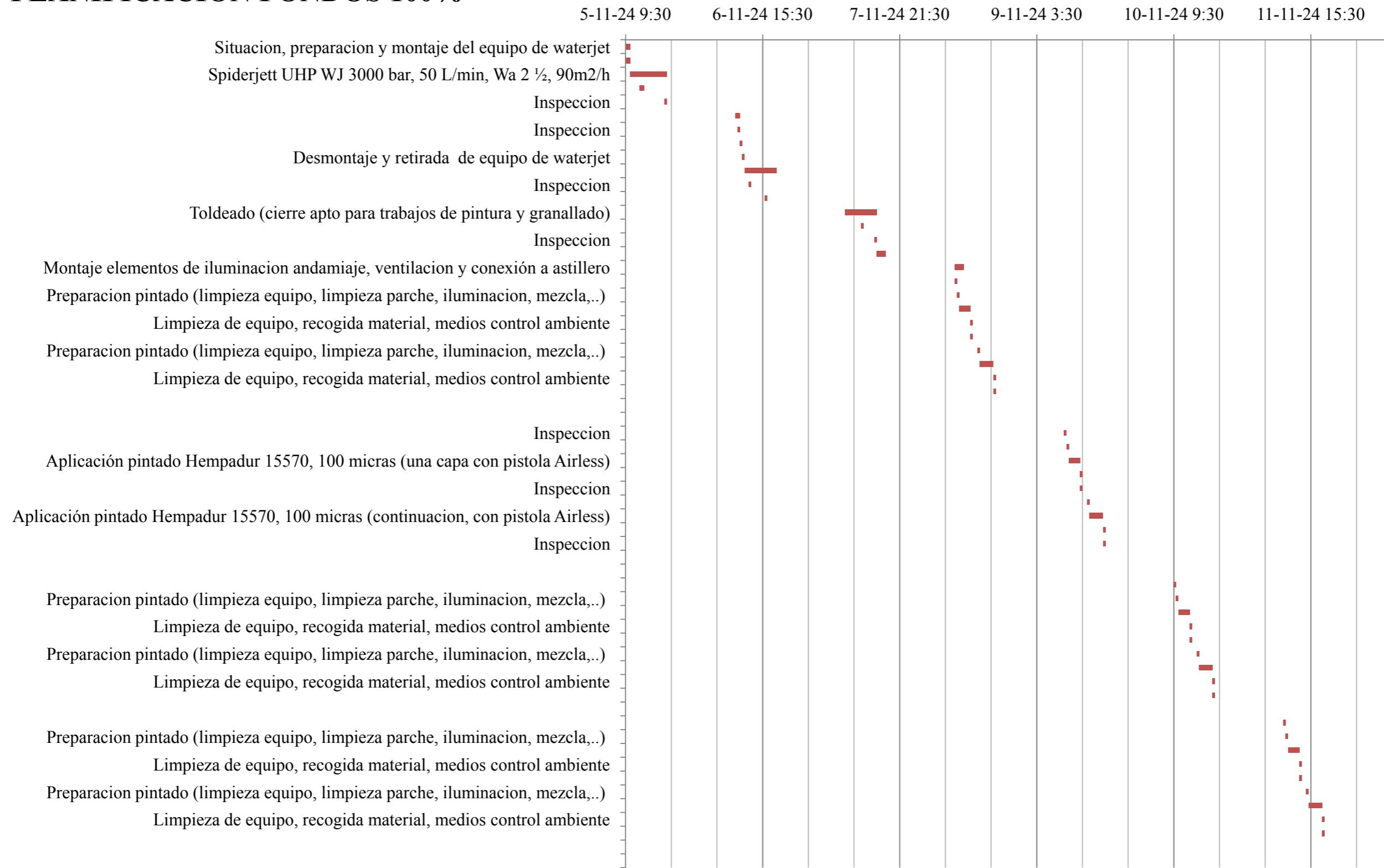
**Grúas, medios de auxilio**

**DÍA 16 ES SÁBADO**

A+B	Preparación parcheo(limpieza equipo, limpieza parche, iluminación, mezcla,..)	16-11-24 9:30	16-11-24 10:00
A+B	Aplicación 100% Hempadur Top coat 50 micras (1ª capa con pistola Airless)	16-11-24 10:00	16-11-24 13:00
A+B	Limpieza de equipo, recogida material, medios control ambiente	16-11-24 13:00	16-11-24 13:30
I	Inspección	16-11-24 13:00	16-11-24 13:30



## PLANIFICACION FONDOS 100%



## 1.10. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE DOCUMENTOS ANEXOS.

El orden de prioridad es de mayor a menor, junto a sus respectivos subesquemas, tal como: prueba sistema pinturas (página 86), cálculos de estructura (página 90), cálculos de pinturas (página 92), cálculos consumo granalla (página 126), anotaciones de seguridad en andamios (página 129), equipos de protección individual (EPIs) (página 131), anotaciones tareas de granallado (página 133), anotaciones seguridad pintura (página 136).

## 2. ANEXOS.

### 2.1. PRUEBA SISTEMA PINTURAS. [34]

Comprobamos que el sistema de pinturas elegido es apropiado. En las Figura 25 y Figura 26 se muestran los sistemas de pinturas, con sus tonos aproximados, para los costados y para los fondos del buque.

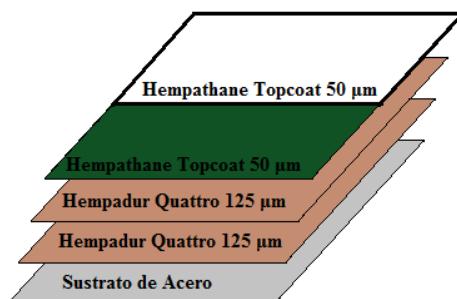


Figura 25. Esquema sistema pinturas Costados. Fuente propia.

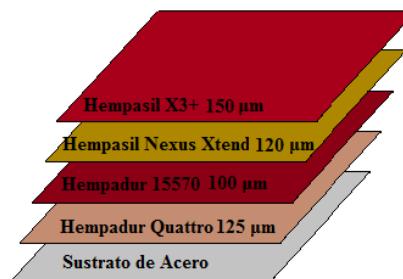


Figura 26. Esquema sistema de pinturas Fondos. Fuente propia.



En la Tabla 17, categorías de corrosividad atmosférica y ejemplos de ambientes típicos. La categoría de nuestros sistemas de pinturas es, categoría C4.

Categoría de corrosividad	Pérdida de masa por unidad de superficie/ pérdida de espesor (tras el primer año de exposición)				Ejemplos de ambientes típicos en un clima templado (solamente informativo)	
	ACERO DE BAJO CONTENIDO EN CARBONO		CINC		EXTERIOR	INTERIOR
	Pérdida de masa g/m <sup>2</sup>	Pérdida espesor en μm	Pérdida de masa g/m <sup>2</sup>	Pérdida espesor en μm		
C4	>400 hasta 650	>50 hasta 80	>15 hasta 30	>2,1 hasta 4,2	Áreas industriales, áreas costeras con moderada salinidad.	Industrias químicas, piscinas, barcos y astilleros.

Tabla 17. Pérdida de masa y ejemplos de ambientes. [35]

Dentro de las categorías para agua y suelo, según Tabla 18, nos corresponde la Im 4.

Categorías de corrosividad	Ambiente	Ejemplos de ambientes y estructuras
Im 4	Agua de mar o agua salobre	Estructuras sumergidas con protección catódica ( p. ej. Zonas portuarias con estructuras como compuertas, esclusas, embarcaderos y estructuras en alta mar).

Tabla 18. Ambientes y ejemplos para Im4. [36]



En cuanto a requisitos mínimos de los sistemas de pinturas ante la corrosión. En la Tabla B1 norma ISO 12944-5:2018, véase Tabla 19, preparación de superficie. Nos corresponde el indicado para preparación de superficie a grado Sa 2 ½ con un primer distinto enriquecido con aluminio, que es el Hempadur quattro 17634.

Table B.1 — Surface preparation

Substrate	Minimum preparation grade (if not otherwise specified)	First layer of protective system
Carbon steel rust grades A, B, C or D <sup>a</sup> according to ISO 8501-1	Sa 2 1/2 according to ISO 8501-1 medium (G) according to ISO 8503-1	Zn (R) primer
	Sa 2 1/2 according to ISO 8501-1 additional information should be given in the technical data sheets	Miscellaneous primer
	According to ISO 2063	Thermal-sprayed metallic coating and sealer (according to ISO 2063)

<sup>a</sup> For rust grade D special care is needed to ensure proper surface preparation.

Tabla 19. Mínimo grado preparación estrato de acero. [37]

En la Tabla 20 con título: “resumen de mínimo número de capas y mínimo espesor del sistema de pinturas dependiendo de la durabilidad y categoría de corrosión en sustratos de acero granallado”. Tenemos en rojo la adecuación a nuestro proyecto.

Table B.2 — Summary of the minimum number of coats (MNOC) and minimum NDFT of the paint system depending on durability and corrosivity category on abrasive blasted steel substrates

Durability		Low (l)			Medium (m)			High (h)			Very high (vh)		
Type of primer	Zn (R)	Misc.		Zn (R)	Misc.		Zn (R)	Misc.		Zn (R)	Misc.		
Binder base of primer	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	ESI, EP, PUR	EP, PUR, ESI	AK, AY	
Binder base of subsequent coats	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	EP, PUR, AY	EP, PUR, AY	AK, AY	
C2	MNOC	a			—	—	1	1	1	1	2	2	2
	NDFT				—	—	100	60	120	160	160	180	200
C3	MNOC	—	—	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
	NDFT	—	—	100	60	120	160	160	180	200	200	240	260
C4	MNOC	1	1	1	2	2	2	2	2	3	2	—	—
	NDFT	60	120	160	160	180	200	200	240	260	260	300	—
C5	MNOC	2	2	—	2	2	—	3	2	—	3	3	—
	NDFT	160	180	—	200	240	—	260	300	—	320	360	—

NOTE 1 The abbreviations are described in Table A.1. For single coats, the binder base of the primer is recommended.

NOTE 2 In addition to polyurethane technology, other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer [fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)].

<sup>a</sup> If a coating is desired, use a system from a higher corrosivity category or durability, e.g. C2 high or C3 medium.

Detailed examples for protective paint systems in different corrosivity categories and durabilities are given in Annex C. Tables C.1 to C.6.

Tabla 20. Resumen mínimo numero de capas y espesores. [38]



Es para categoría C4 con un mínimo de dos capas de pintura y con un espesor seco del sistema de mínimo de 300 µm, para calificarla de durabilidad muy alta.

En los fondos al ser una parte inmersa con protección catódica se aplica según la Tabla 21, según ISO12944-5:2018 anexo C.

Table C.5 — Paint systems for carbon steel for corrosivity category C5

Sys- tem No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder type	Type of primer	No. of coats	NDFT in µm		Binder type	Total no. of coats	NDFT in µm	1	m	h
C5.01	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2	180	X			
C5.02	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2-3	240	X	X		
C5.03	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 240	EP, PUR, AY	2-4	300	X	X	X	
C5.04	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 200	EP, PUR, AY	3-4	360	X	X	X	X
C5.05	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2	160	X			
C5.06	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2-3	200	X	X		
C5.07	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	3-4	260	X	X	X	
C5.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	3-4	320	X	X	X	X

NOTE 1 For abbreviations see [Table A.1](#).

NOTE 2 In addition to polyurethane technology, other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer [fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)].

Tabla 21. Sustratos acero y categoría C5. [39]

Nuestro primer puede tener hasta 200 µm y de tres a cuatro capas el sistema de pintura donde, según la nota 2, el poliuretano puede sustituirse por los polysiloxanos, siliconas. Nuestro sistema de pinturas para los fondos son de 125 µm de Hempadur Quattro 17634, que es el primer, y tres capas del sistema de pintura: 100 µm de Hempadur 15570, 120 µm de Hempasil Nexus xtend y 150 µm de Hempasil X3+. Quedando según tabla un primer de 125 µm, entre 80-200 µm, y un sistema de pintura de 370µm, y un mínimo en tabla de 360µm. El sistema supuesto cumple la normativa.



## 2.2. CÁLCULOS DE ESTRUCTURA.

El programa SolidWorks nos permite las estimaciones de los volúmenes y áreas tanto del casco como los volúmenes y áreas del interior de los tanques. Están mediciones son imprescindibles para una buena estimación de insumos.

La Figura 27 muestra parte del área de la zona de costados, ha pintar de color blanco. La Figura 28 muestra parte del área de la zona de costados a pintar de verde y la Figura 29 muestra el área total de fondos, el cual presentara un color rojo.

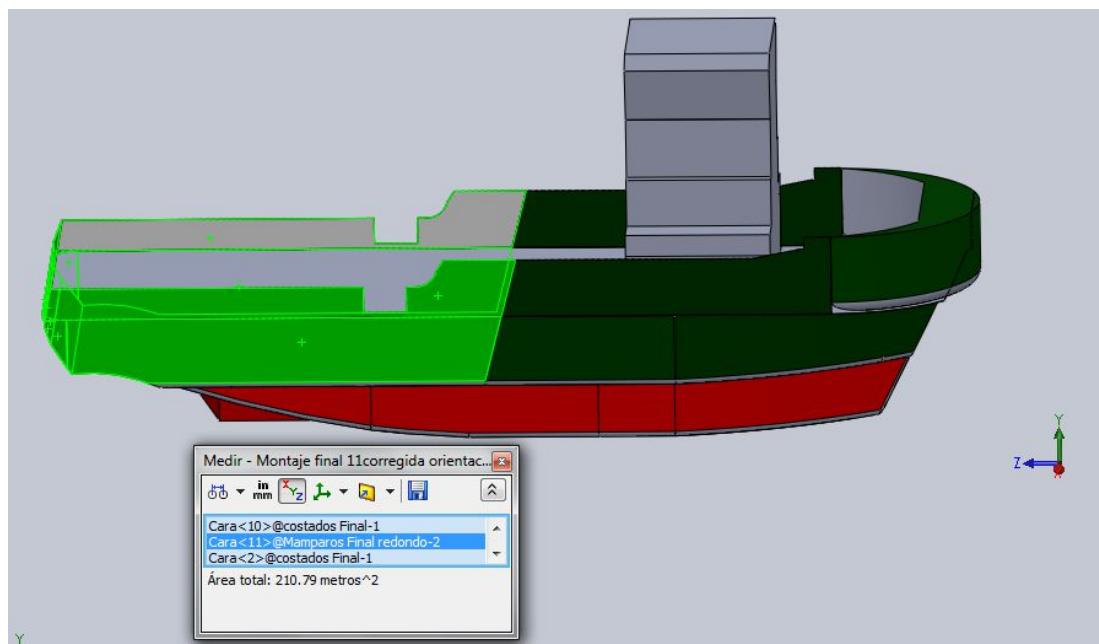


Figura 27. Área blanca de Costados modelo 3D. Fuente propia.

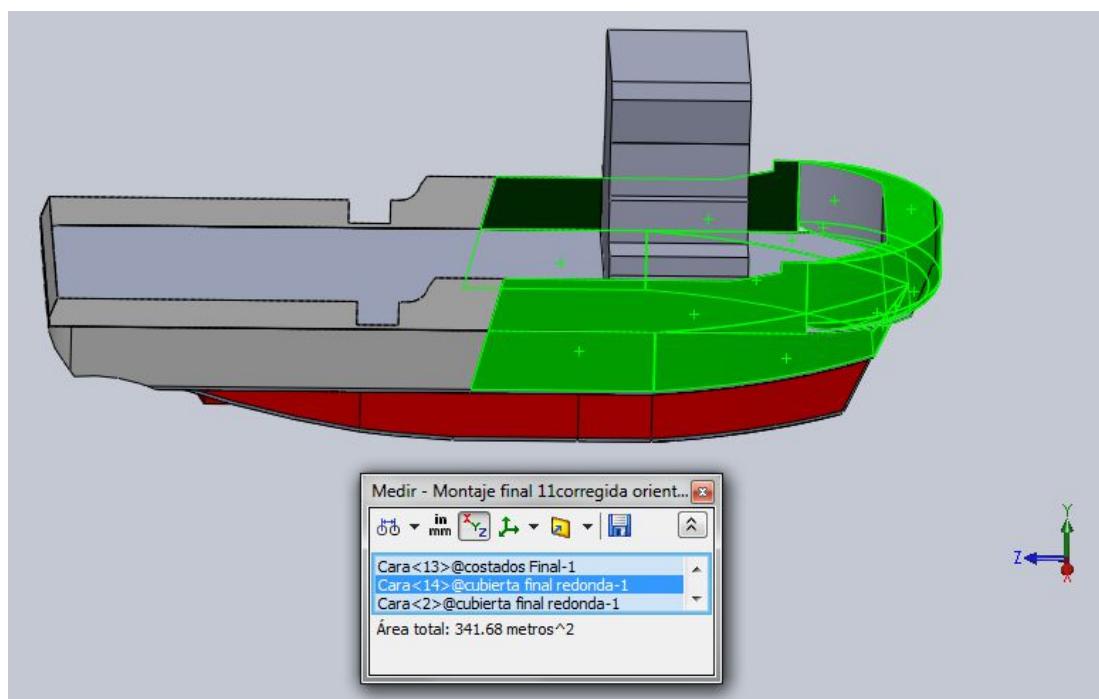


Figura 28. Área verde de Costados modelo 3D. Fuente propia.

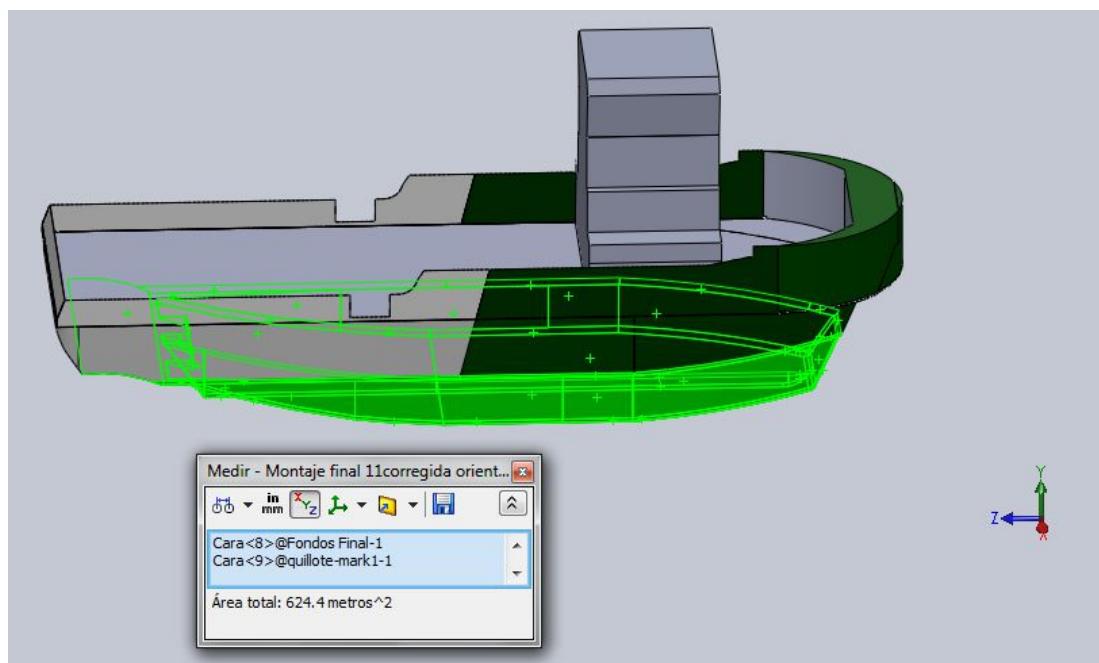


Figura 29. Área roja de Fondos modelo 3D. Fuente propia.

Según los datos obtenidos por el modelo 3D, se conforma la Tabla 22:

<b>Costados</b>	552,47	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>Fondos</b>	624,4	<b>m<sup>2</sup></b>
	<b>Volumen</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
<b>TK AP 1Er</b>	51,03	87,68
<b>TK AP 2Br</b>	51,03	87,68
<b>TK L 1C</b>	27,04	62,68
<b>TK L 2Er</b>	21,54	50,07
<b>TK L 2Br</b>	21,54	50,07
<b>TK L 3Er</b>	17,23	42,97
<b>TK L 3Br</b>	17,23	42,97

Tabla 22. Resumen de mediciones casco y tanques. Fuente propia.

### 2.3. CÁLCULOS DE PINTURAS. [40]

Los cálculos de pinturas son necesarios para estimar la superficie a cubrir con un espesor de película seca adecuado a las especificaciones.

Los espesores de película húmeda, WFT, se calculan tal como:

$$1) \quad W.F.T. = \frac{DFT \times 100\%}{\text{Volumen sólidos}(\%)}$$

- W.F.T. (Wet film thickness), es el espesor de la capa húmeda, en milésimas de pulgadas o en micras.
- D.F.T. (Dry film thickness), es el espesor de la capa seca, en milésimas de pulgadas o en micras.

En ecuación 1, el volumen de sólidos se expresa como un porcentaje de la proporción de espesores de película seca entre película húmeda. Este cálculo está realizado en condiciones de laboratorio sin pérdida de pintura; no evita la estimación, por uso de un peine, de la medida de película húmeda cuyo uso está descrito en el anexo “dispositivos de medición de espesores”.



$$2) \quad \text{TSR} \left( \frac{\text{m}^2}{\text{L}} \right) = \frac{\text{Volumen de sólidos} (\%) \times 10}{\text{DFT}} = \frac{\text{Área}}{\text{Litros}}$$

- T.S.R. (Theoretical spreading rate), ratio de aspersión teórico, no es más que un rendimiento.
- D.F.T. (Dry film thickness), es el espesor de la capa seca dada en micras.

A continuación se somete a prueba las ecuaciones frente a los datos del fabricante, en la Tabla 23.

	VALORES ESTIMADOS			VALORES DECLARADOS		
	Volumen sólido (%)	D.F.T. (μm)	S.T.R. (m <sup>2</sup> /L)	W.F.T (μm)	S.T.R. (m <sup>2</sup> /L)	W.F.T (μm)
Hempadur Quattro	72	125	4,1	173,61	5,7	175
Hempadur 15570	54	100	2,9	185,19	5,4	185
Hempasil X3+	70	150	3,3	214,29	4,7	215
Hempasil Nexus	65	120	3,5	184,62	5,5	190
Hempthane Top	48	50	4,6	104,17	10	98
Hempadur 35560	100	200	5,0	200,00	5	200

Tabla 23. Validando formulas ofrecidas por Hempel. Fuente propia.

Se comprueba que para estimaciones del W.T.F. con el uso de un D.F.T. objetivo el valor es bastante preciso; sin embargo el S.T.R. difiere en gran medida y es necesaria la indicación del fabricante para los cálculos. En la ecuación destaca que un incremento del espesor de la película, revierte en un descenso proporcional al ratio de aspersión y viceversa. Este rendimiento teórico de la pintura es para un determinado espesor de película y en condiciones de laboratorio. El consumo práctico se estima al multiplicarlo por el factor de consumo (CF).

Sin embargo estos valores no se ofrecen por el fabricante debido a los múltiples factores que inciden en ellos. Lo que más afecta al consumo es la rugosidad del sustrato, imperfecciones de soldadura, variaciones de los espesores durante la



aplicación, el tamaño, la forma de la superficie, solapamientos de pinturas, atasco en filtros, perdidas en las mangueras, latas, bombas, acción del aire acortando la vida útil del producto etc. Este factor suele estar sobre el 30% en la práctica.

$$3) \quad \text{Área a pintar} = (1 - CF) \times \text{TSR} \left( \frac{\text{m}^2}{\text{L}} \right) \times \text{Volumen de sólidos (L)}$$

CF, es el factor de consumo su complementario en tanto por uno es el factor de utilización. Es una estimación fruto de la práctica de la empresa. El TSR se suele ofrecer en las hojas técnicas de la pintura (paint data sheet, PDS) para un determinado espesor y el volumen de sólidos serán los litros de pintura necesarios para alcanzar un área y a este cálculo se le ha de descontar la cantidad de producto que queda en las herramientas de aplicación, mangueras, etc.

### 2.3.1. MEDICIONES DE PINTURAS.[41]

Con el uso de un modelo 3D del buque, se puede inferir con una buena aproximación los insumos de pintura. Con las formulas anteriores presentes conformamos las siguientes Tablas 24, 25, 26, 27, 28 y 29:

		Factor útil	STR (m <sup>2</sup> /L)
<b>Hempadur quattro</b>	1,2 < x < 1,3	0,7	5,7
<b>Hempadur 15570</b>	1,2 < x < 1,3	0,7	5,4
<b>Hempathane Top coat</b>	<1,2	0,85	10
<b>Hempasil nexus Xtend</b>	1,3 < x < 1,4	0,65	5,5
<b>Hempasil X3+</b>	x > 1,4	0,5	4,7

Tabla 24. Datos de las pinturas y su factor útil. Fuente propia.

COSTADOS	Litros	Área blanca(m <sup>2</sup> )	Área verde(m <sup>2</sup> )
<b>Hempadur Quattro</b>	20		
<b>Hempathane Top coat</b>	68	26	42

Tabla 25. Estimación de litros de pintura para Costados. Fuente propia.



FONDOS		
ÁREA TOTAL	624,4 m <sup>2</sup>	
Litros Est.	Área (m <sup>2</sup> )	
<b>Hempadur quattro</b>	20	79,8
<b>Hempadur 15570</b>	30	113,4
<b>Hempasil nexus Xtend</b>	50	178,75
<b>Hempasil X3+</b>	100	235

Tabla 26. Estimación de litros de pintura para Fondos. Fuente propia.

TANQUE AGUA POTABLE				
	Factor útil	STR (m <sup>2</sup> /L)	Litros Est.	Área Est.
<b>Hempadur 35560</b>	0,6	5	15	45

Tabla 27. Estimación de litros de pintura para dos capas de fondo de tanque y posibles retoques. Fuente propia.

Al ser tanques simétricos, tanto TAP 1Br como TAP 1Er, se representan como un único caso, en la Tabla 28.

		Factor	STR	Litros	Área	Área tanque
<b>TL 1C</b>	<b>Hempadur Quattro</b>	0,7	5,7	50	199,5	62,68
<b>TL 2Er</b>	<b>Hempadur Quattro</b>	0,7	5,7	40	159,6	50,07
<b>TL 2Br</b>	<b>Hempadur Quattro</b>	0,7	5,7	40	159,6	50,07
<b>TL 3Er</b>	<b>Hempadur Quattro</b>	0,7	5,7	35	139,65	42,97
<b>TL 3Br</b>	<b>Hempadur Quattro</b>	0,7	5,7	35	139,65	42,97

Tabla 28. Estimación de los litros de pintura para tanques de lastre. Fuente propia.

En la Tabla 24 el área resultante se refiere a las tres capas de pintura que deben de aplicarse para el sistema de pintura escogido con un espesor mínimo de 350  $\mu\text{m}$ , recomendado por fabricante. La Tabla 29 es la correspondiente a Fondos.



	<b>Litros totales</b>
<b>Hempathane Top coat</b>	68
<b>Hempadur 15570</b>	30
<b>Hempadur Quattro</b>	240
<b>Hempasil Nexus Xtend</b>	50
<b>Hempasil X3+</b>	100
<b>Hempadur 35560</b>	30

Tabla 29. Resumen del estimado de pintura. Fuente propia.

### **2.3.2. FICHAS DE DATOS DE PINTURAS HEMPEL.**

A continuación se exponen las fichas de hojas de datos de las pinturas y las fichas de aplicación de las mismas, desde la página 97 a la página 121, todos estos documentos son propiedad de Hempel A/S CVR59946013.



Ficha Técnica del Producto



## Hempthane Topcoat 55210

### Características del producto

#### Descripción

Hempthane Topcoat 55210 es una capa de acabado de poliuretano brillante que se cura con isocianato alifático y ofrece muy buena retención de brillo y color.

Cumple con la directiva sobre pintura de la UE 2004/42/CE relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (subcategoría j).

#### Uso recomendado

Hempthane Topcoat 55210 se recomienda como capa de acabado para la protección del acero estructural en entornos atmosféricos altamente corrosivos donde la solidez del color y la retención de brillo sean requeridos.

#### Temperatura de servicio:

- Máximo, exposición en seco: 120°C [248°F].

#### Certificados / Aprobaciones

- Ensayado como material tipo EC de baja propagación de la llama cuando se utiliza como parte de un sistema de pintura predefinido. Consulte la «Declaración de conformidad» en [hempel.com](http://hempel.com) para más información.
- Certificado ACQPA 31891
- Reacción al fuego probada (como parte de un sistema de pintado con impresión y acabado aprobados) según EN13501-1 B-s1, d0.

#### Características

- Para entornos atmosféricos altamente corrosivos.
- La temperatura mínima para el curado es -10°C [14°F].
- Brillante, con una muy buena retención del brillo y el color.

### Seguridad del producto

Punto de inflamación 33°C [91°F]

### VOC del producto mezclado

Legislación	Valor
UE	446 g/L [3,72 lb/gal] EE.UU.]
USA (revestimientos)	446 g/L [3,72 lb/gal] EE.UU.]
USA (regulatorio)*	446 g/L [3,72 lb/gal] EE.UU.]
China	446 g/L [3,72 lb/gal] EE.UU.]

Según la legislación específica, consulte la información detallada en las notas explicativas disponibles en la página web general de Hempel ([hempel.com](http://hempel.com)) o en su página web local. Los valores de VOC pueden variar con el tono; consulte la sección 9 de la ficha técnica de seguridad. \*Directiva de la UE 2004/42/CE.

#### Manipulación

Manipular con cuidado. Antes y durante el uso, observar las etiquetas de seguridad en los envases y los contenedores de pintura y seguir todas las regulaciones locales y nacionales. Siempre consultar las Fichas de seguridad de Hempel para este producto junto con la Ficha técnica del producto.

Para uso profesional únicamente.

### Datos del producto

#### Código de producto

55210

#### Componentes del producto

Base 55219

Agente de curado 96370

#### Color estándar / código

Blanco 10000 \*

Extensa gama de colores disponible mediante Hempel tinting.

#### Brillo

Brillante

\* La estabilidad del color puede verse afectada por la exposición a agentes químicos agresivos y a altas temperaturas.

Emitido por Hempel AIS - Diciembre 2024

1/4



Ficha Técnica del Producto



## Hempathane Topcoat 55210

**Volumen de sólidos**  
51 ± 2%

**Peso específico**  
1,2 kg/L [10 lb/gal EE.UU.]

**Espesor de película seca de referencia**  
50 micras [2,0 mils]

**Color con aluminio / código**  
Cris aluminio 19002

**Brillo**  
Consultar la Guía de revestimientos pigmentados con aluminio de Hempel.

**Volumen de sólidos**  
49 ± 2%

**Peso específico**  
1,1 kg/L [9 lb/gal EE.UU.]

**Espesor de película seca de referencia**  
50 micras [2,0 mils]

### Preparación de superficie:

**Limpieza**

- Según la especificación de Hempel.

**Construcción nueva:**

- Según la especificación de Hempel.

**Mantenimiento y reparación**

- Según la especificación de Hempel.

Consultar las Guías separadas de Hempel sobre la preparación de superficie para obtener más información.

### Aplicación

**Proporción de mezcla**

Dos 55210 : Agente de curado 95370  
(1 : 1 en volumen)

Agite bien antes de usar.

**Disolvente**

Hempel's Thinner 08080

**Agente de limpieza**  
Hempel's Thinner 08080  
Hempel's Thinner 08510

**Vida útil**

Temperatura del producto	10°C [50°F]	20°C [68°F]
Vida útil	6 horas	4 horas

**Método de aplicación**

Herramienta	Vol. máx. de dilución	Parámetros de aplicación
Pistola sin aire	10%	Presión en boquilla: 150 bar [2200 psi] Orificio de boquilla: 0.017-0.019"
Pistola de aire	10%	No aplica.

Si se usa brocha o rodillo, pueden ser necesarias capas adicionales para alcanzar el espesor seco recomendado. Para cumplir con el reglamento europeo de VOC, la dilución se ha limitado a un volumen máximo del X%. Los datos de la pistola son indicativos y están sujetos a ajustes. La presión es para una temperatura del material de 20°C [68°F].



Ficha Técnica del Producto



## Hempathane Topcoat 55210

### Espesor de película

Intervalo de especificación	Bajo	Alto	Recomendado
Espesor de película seca	40 micras [1,6 mils]	80 micras [3,2 mils]	50 micras [2,0 mils]
Espesor de película húmeda	70 micras [3,1 mils]	157 micras [6,3 mils]	98 micras [3,9 mils]
Rendimiento teórico	13 m²/L [530 sq ft/gal gal EE.UU.]	6,4 m²/L [261 sq ft/gal gal EE.UU.]	10 m²/L [407 sq ft/gal gal EE.UU.]

El producto puede especificarse a distintos espesores de película del indicado en función del propósito y área de uso. Esto altera el rendimiento y puede influir en el tiempo de secado y curado, y en el intervalo de repintado. Para obtener mejores resultados, evite el exceso del espesor de película.

### Condiciones de aplicación

- Para evitar la condensación, aplique sobre una superficie limpia y seca con una temperatura de al menos 3°C [5°F] por encima del punto de rocío.
- La temperatura de la superficie debe superar los -10°C [14°F] durante la aplicación y el curado.
- La formación de película puede verse afectada negativamente por la lluvia, la humedad y/o la condensación durante la aplicación y el siguiente intervalo posterior a la aplicación: "10 horas, 20°C/68°F".

### Humedad relativa:

- La humedad relativa no debe superar el 85% durante el curado.

### Observaciones de aplicación

- Quizás sea necesario aplicar dos capas de la capa de acabado para obtener un poder cubriente total.

### Secado y repintado

#### Compatibilidad del producto

- Capa anterior: Según la especificación de Hempel. Los productos recomendados son: Hempaprime Multi 500, Hempadur
- Capa subsiguiente: Ninguno.

### Tiempo de secado

Temperatura de la superficie	-10°C [14°F]	0°C [32°F]	20°C [68°F]	40°C [104°F]
Seco al tacto	horas	2%	1½	¾
Seco superficial	min.	-	-	60
Curado completo	días	-	-	7

Determinado para 50 micras [2,0 mils] de espesor de película seca en condiciones estandar; consulte las notas explicativas de Hempel para obtener más información.

### Repintado

La especificación de Hempel tiene prioridad sobre las indicaciones que aparecen en la tabla de repintado.

Nombre de la propiedad	-10°C [14°F]	0°C [32°F]	20°C [68°F]	40°C [104°F]
Atmósferica media				
Hempathane Topcoat 55210	Min. Máx.	30 h. Prol.*	18 h. Prol.*	6 h. Prol.*

Prol.\*: En función de las condiciones de exposición reales, la superficie recubierta es repintable durante un periodo prolongado. Póngase en contacto con su representante local de Hempel para recibir asesoramiento. Los tiempos de repintado son indicativos de productos con la misma química genérica.

Consulte la especificación de Hempel para obtener más información.

### Condiciones de secado

- Para lograr el tiempo de secado que se indica, es importante mantener una ventilación suficiente durante la aplicación, el secado y el curado.
- Se debe evitar la condensación en revestimientos recién aplicados.

### Observaciones del repintado

- La superficie debe estar seca y limpia antes de la aplicación.

### Otras observaciones

- La especificación de Hempel tiene prioridad sobre cualquier recomendación presente en la ficha técnica del producto.



## Ficha Técnica del Producto



## Hempathane Topcoat 55210

## Almacenaje

## Vida de almacenaje

<b>Temperatura ambiente</b>	25°C [77°F]
<b>Base</b>	36 meses
<b>Arribo de curado</b>	24 meses

Vida de almacenamiento desde la fecha de producción, siempre que se almacene en el contenedor original y sin abrir. Después, se debe volver a inspeccionar la calidad del producto. Un almacenaje a temperaturas elevadas puede reducir la vida útil del producto. Consulte a la fábrica para obtener asesoramiento.

### Condiciones de almacenaje

- **Condiciones de almacenaje**
    - De conformidad con la legislación local, el producto debe almacenarse a una temperatura máxima de 40°C [104°F], sin exposición directa al sol y protegido de la lluvia y la nieve.
    - El agente de curado es sensible a la humedad. Almacenar en un lugar seco y mantener los envases convenientemente cerrados hasta su uso.

## Huella de carbono

Espesor de película seca	1 $\mu\text{m}$	1 mil
GWP (índice GWP)	10.7 g CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	0.056 lb CO <sub>2</sub> e/ft <sup>2</sup>

**La huella de carbono está calculada para 1 metro cuadrado / pie cuadrado de superficie con un espesor de película seca de 1 micra / mil.**

El alcance incluye las materias primas, el transporte hasta la fábrica de Itempel, los procesos de fabricación de Itempel y el contenido de Compuestos Orgánicos Volátiles emitidos durante y después de la aplicación del producto.

Se calcula a partir del color estándar definido en esta licencia técnica. Los valores pueden variar con el color.

## Documentos adicionales

Hay información adicional disponible en el sitio web de Hempel (<https://www.hempel.com/service-and-support/technical-guidelines>) o en el sitio web local de Hempel:

- Notas aclaratorias para la ficha técnica del producto.
  - Métodos de aplicación.
  - Instrucción de aplicación para este producto.
  - Clasificación AFNOR NFT 36.005 Familia I Clase 6a

Ensuite, pour l'application de la méthode de l'arbre de décision, nous devons faire une analyse de l'ensemble des données pour déterminer les meilleures stratégies de classification. Nous devons également évaluer la performance de l'arbre de décision en utilisant des critères tels que l'exactitude, la sensibilité et la spécificité.

1.1. Descripción del documento	Ubicación de comentarios
1.2. Páginas: 24/200	Dentro de la sección para las que se han incorporado cambios se incluirán los proyectados (cambios que se considera que se podrán implementar).
1.3. Encabezados	
1.4. Firma	
1.5. Firma de la persona en PTFP	
1.6. Información de la persona	
1.7. Notas finales: observaciones y sugerencias	Cabeza de cada observación, en su número de orden.

En caso de conflicto entre la información que se proporcione en este Reglamento y la legislación y normas de información que se aplique, ésta tendrá preferencia.

1997-1998, se realizó una encuesta en las escuelas primarias de 1º, 2º y 3º de primaria de los 11 distritos que componen el sistema de enseñanza de la Ciudad de México. El diseño de la muestra se basó en la estratificación por tipo de escuela y la selección de los 11 distritos de acuerdo a su población y su importancia en la Ciudad de México. Los 11 distritos que conforman la muestra son: Cuauhtémoc, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Tlalpan, Xochimilco, Tláhuac, Iztapalapa, Iztacalco, Coyoacán, Milpa Alta y Tlalnepantla. La muestra consta de 11 000 alumnos de 1º, 2º y 3º de primaria, que representan alrededor del 10% de los alumnos de 1º, 2º y 3º de primaria de la Ciudad de México.

NETTWORKS.COM

Emitido por Hempel A/S - Diciembre 2024

444



Ficha Técnica del Producto



## Hempasil X3+

### Características del producto

#### Descripción

Hempasil X3+ es un recubrimiento antiincrustante de tercera generación, con alto contenido de sólidos y a base de silicona. Una microcapa de hidrogel evita que los organismos incrustantes se adhieran firmemente y proporciona propiedades de autolimpieza. El producto proporciona una superficie lisa, repelente y de baja energía superficial con propiedades únicas de liberación de incrustaciones.

#### Uso recomendado

Hempasil X3+ se puede utilizar para embarcaciones con velocidades de servicio superiores a 8 nudos. El producto también es idóneo para su uso en tomas de agua de centrales eléctricas en tubos y rejillas para evitar la bioincrustación. El producto también es adecuado para hélices.

#### Características

- Alto y bajo nivel de actividad.
- Superficie de recubrimiento muy suave y baja iridación.
- Alto potencial de ahorro de combustible.
- Efecto instantáneo al contacto con el agua.
- Fácil repintado.
- Aplicación en ambiente cálido.
- Se puede aplicar por debajo de 0°C (32°F).

### Seguridad del producto

Punto de inflamación 28°C (82°F)

### VOC del producto mezclado

Legislación	Valor
UE	265 g/L [2.21 lb/gal EE.UU.]
USA (restricciones)	263 g/L [2.19 lb/gal FF UU.]
USA (regulatorio)	263 g/L [2.19 lb/gal EE.UU.]
China	265 g/L [2.21 lb/gal FF UU.]

Según la legislación específica, consulte la información detallada en las notas explicativas disponibles en la página web general de Hempel ([hempel.com](http://hempel.com)) o en su página web local.

#### Manipulación

Manipular con cuidado. Antes y durante el uso, observar las etiquetas de seguridad en los envases y los contenedores de pintura y seguir todas las regulaciones locales y nacionales. Siempre consultar las Fichas de seguridad de Hempel para este producto junto con la Ficha técnica del producto.

Para uso profesional únicamente.

### Datos del producto

Código de producto  
87500

Componentes del producto  
Eascl 8/509  
Agente de curado 98951

Color estándar\* / código  
Rojo parduzco oscuro 50151

Brillo  
Brillante

Volumen de sólidos  
70 ± 2%

Peso específico  
1 kg/L [8 lb/gal EE.UU.]

\* Otros colores están disponibles, contacte a su representante local de Hempel.



Ficha Técnica del Producto



## Hempasil X3+

**Espesor de película seca de referencia**  
150 micras [6,0 mils]

### Preparación de superficie:

#### Limpieza

- Según la especificación de Hempel.

#### Construcción nueva:

- Según la especificación de Hempel.

#### Mantenimiento y reparación:

- Según la especificación de Hempel.

Consultar las Guías separadas de Hempel sobre la preparación de superficie para obtener más información.

### Aplicación

#### Proporción de mezcla

Base 87009 : Agente de curado 98951  
(17.8 : 2.2 en volumen)

Se recomienda utilizar volúmenes/tamaños de envases fijos en productos multicompONENTE. No abra ni mezcle los envases hasta que vaya a aplicar la pintura. Agite bien antes de usar. Consulte a Hempel con respecto a la dilución.

#### Disolvente

Hempel's Thinner 08080

#### Agente de limpieza

Hempel's Thinner 08080

### Método de aplicación

Herramienta	Parámetros de aplicación
Pistola sin aire	Presión en boquilla: 150 bar [2200 psi] Orificio de boquilla: 0.019-0.021"
Brocha/Rodillo	No aplica.

Si se usa brocha o rodillo, pueden ser necesarias capas adicionales para alcanzar el espesor seco recomendado. Los datos de la pistola son indicativos y están sujetos a ajustes. La presión es para una temperatura del material de 20°C [68°F].

### Espesor de película

Intervalo de especificación	Bajo	Alto	Recomendado
Espesor de película seca	100 micras [4,0 mils]	200 micras [8,0 mils]	150 micras [6,0 mils]
Espesor de película húmeda	143 micras [5,7 mils]	288 micras [11 mils]	215 micras [8,6 mils]
Rendimiento teórico	7 m²/L [285 sq ft/gal EE.UU.]	3,5 m²/L [143 sq ft/gal EE.UU.]	4,7 m²/L [192 sq ft/gal EE.UU.]

El producto puede especificarse a distintos espesores de película del indicado en función del propósito y área de uso. Esto altera el rendimiento y puede influir en el tiempo de secado y curado, y en el intervalo de repintado. Es fundamental que el espesor de película seco mínimo especificado se logre de manera uniforme. Comprobar el consumo de pintura por áreas, puede mejorar el control de los espesores.

#### Condiciones de aplicación

- Para evitar la condensación, aplique sobre una superficie limpia y seca con una temperatura de al menos 3°C [5°F] por encima del punto de rocío.
- La temperatura óptima para la agitación, bombeo y aplicación es de: 20°C [68°F].
- La temperatura del producto debe superar los 15°C [59°F] durante la aplicación.
- Según la especificación de Hempel.

#### Humedad relativa:

- La humedad relativa debe situarse en un rango entre 30-85% durante el curado.
- La humedad relativa debe situarse en un rango entre 30-85% durante la aplicación.



Ficha Técnica del Producto



## Hempasil X3+

### Observaciones de aplicación

- Para evitar la contaminación en otras zonas, se recomienda protegerlas.
- Consulte la guía de Hempel para la aplicación de sistemas de silicona.

### Secado y repintado

#### Compatibilidad del producto

- Capa anterior: Según la especificación de Hempel. Los productos recomendados son: Hempasil
- Capa subsiguiente: Ninguna.

#### Tiempo de secado

Temperatura de la superficie		10°C [50°F]	20°C [68°F]	30°C [86°F]
Seco duro	horas	3½	1¾	¾
Curado completo	días	7	4	3

Determinado para 150 micras [6.0 mils] de espesor de película seca en condiciones estandar; consulte las notas explicativas de Hempel para obtener más información. El tiempo de secado de los productos de curado por humedad dependerá de la humedad relativa, por lo que los tiempos de secado en este ámbito pueden variar.

#### Repintado

La especificación de Hempel tiene prioridad sobre las indicaciones que aparecen en la tabla de repintado.

Nombre de la propiedad		10°C [50°F]	20°C [68°F]	30°C [86°F]
Inmersión				
Hempasil X3+	Mín.	21 h.	8 h.	6 h.
	Máx.	14 d.	14 d.	14 d.

#### Condiciones de secado

- Para lograr el tiempo de secado que se indica, es importante mantener una ventilación suficiente durante la aplicación, el secado y el curado.
- Se debe evitar la condensación en revestimientos recién aplicados.
- Según la especificación de Hempel.

### Observaciones del repintado

- La superficie debe estar seca y limpia antes de la aplicación.
- Según la especificación de Hempel.

#### Otras observaciones

- Consulte a Hempel para obtener información sobre el tiempo mínimo de salida de dique.
- La especificación de Hempel tiene prioridad sobre cualquier recomendación presente en la ficha técnica del producto.

### Almacenaje

#### Vida de almacenaje

Temperatura ambiente	25°C [77°F]
Base	24 meses
Agente de curado	12 meses

Vida de almacenaje desde la fecha de producción, siempre que se almacene en el contenedor original y sin abrir. Después, se debe volver a inspeccionar la calidad del producto. Un almacenaje a temperaturas elevadas puede reducir la vida útil del producto. Consulte a Hempel para obtener asesoramiento.

#### Condiciones de almacenaje

- De conformidad con la legislación local, el producto debe almacenarse a una temperatura máxima de 40°C [104°F], sin exposición directa al sol y protegido de la lluvia y la nieve.
- Debe almacenarse en condiciones absolutamente secas y proteger contra filtraciones de humedad.

### Huella de carbono

Espesor de película seca	1 µm	1 mil
GWP (índice GWP)	8,6 g CO <sub>2</sub> /e/m <sup>2</sup>	0,045 lb CO <sub>2</sub> /e/ft <sup>2</sup>

La huella de carbono está calculada para 1 metro cuadrado / pie cuadrado de superficie con un espesor de película seca de 1 micra / mil.

El alcance incluye las materias primas, el transporte hasta la fábrica de Hempel, los procesos de fabricación de Hempel y el contenido de Compuestos Orgánicos Volátiles emitidos durante y después de la aplicación del producto.

Emitido por Hempel A/S - Octubre 2024

3/4



## Ficha Técnica del Producto



## Hempasil X3+

Se calcula a partir del color estándar definido en esta ficha técnica.  
Los valores pueden variar con el color.

## Documentos adicionales

Hay información adicional disponible en el sitio web de Hempel (<https://www.hempel.com/service-and-support/technical-guidelines>) o en el sitio web local de Hempel:

- Notas adclaratorias para la ficha técnica del producto.
- Métodos de aplicación.
- Preparación de superficies.
- Instrucción de aplicación para este producto.
- Pautas generales para la aplicación de los sistema de pintado Hempaguard/Hempasil.

La presente ficha técnica del producto (FTP) corresponde al producto suministrado a la compañía que ha realizado el pedido. Para conseguir una información más detallada, debe contactar directamente con el fabricante del producto, en cuyo caso, se le informa de que debe dirigirse a la sección de información del sitio web de Hempel en [www.hempel.com/our-documents-and-supports/](http://www.hempel.com/our-documents-and-supports/).

Parte del documento	Documento complementario
A. Información general	Documentos adicionales para cada tipo de aplicación, para solicitudes para proyectos concretos
A. 1. Pinturas	Documentos adicionales para cada tipo de aplicación, para solicitudes para proyectos concretos
A. 2. Pintura	Documentos adicionales para cada tipo de aplicación, para solicitudes para proyectos concretos
A. 3. Pintura + la adhesión de la PTFE	Documentos adicionales para cada tipo de aplicación, para solicitudes para proyectos concretos
A. 4. Pintura + la adhesión de la PTFE + la aplicación de la adhesión	Documentos adicionales para cada tipo de aplicación, para solicitudes para proyectos concretos
A. 5. Información técnica	Documentos adicionales para cada tipo de aplicación, para solicitudes para proyectos concretos

En caso de conflicto, entre la información que se proporciona en esta Ficha de Documento y la de los demás documentos que se incluyan en el mismo, se aplicará la que se incluya en esta Ficha de Documento.

Si se solicita una copia de la Ficha de Documento en otro idioma, se le informa de que debe dirigirse a la sección de información del sitio web de Hempel en [www.hempel.com/our-documents-and-supports/](http://www.hempel.com/our-documents-and-supports/).

Si se solicita una copia de la Ficha de Documento en otro idioma, se le informa de que debe dirigirse a la sección de información del sitio web de Hempel en [www.hempel.com/our-documents-and-supports/](http://www.hempel.com/our-documents-and-supports/).



Ficha Técnica del Producto



## Hempasil Nexus X-Tend 27500

### Características del producto

#### Descripción

Hempasil Nexus X-tend 27500 es una capa de enlace con alto contenido de sólidos para reparaciones y parcheos en sistemas Hempaguard®/Hempasil.

#### Uso recomendado

Hempasil Nexus X-tend 27500 es una capa de enlace para las capas de acabado Hempaguard®/Hempasil para parcheos y reparaciones en zonas dañadas, proporcionando adherencia entre el sistema antiforrosivo y la capa de acabado Hempaguard®/Hempasil. Temperatura mínima de curado: 5°C (40°F).

También se recomienda como capa de enlace de baja temperatura en combinación con Hempel's Nexus II 27400 para aplicaciones de capa completa de las capas de acabado Hempaguard®/Hempasil. La temperatura mínima de curado para este sistema es 0°C (32°F).

### Seguridad del producto

#### Punto de inflamación 20°C (62°F)

#### Contenido en VOC

Legislación	Valor
UL	251 g/L [2,09 lb/gal LL.UU.]
USA (recubrimientos)	249 g/L [2,06 lb/gal EE.UU.]
USA (regulatorio)	249 g/L [2,06 lb/gal FF.UU.]
China	251 g/L [2,09 lb/gal EE.UU.]

Según la legislación específica, consulte la información detallada en las notas explicativas disponibles en la página web general de Hempel ([hempel.com](http://hempel.com)) o en su página web local.

#### Manipulación

Manipular con cuidado. Antes y durante el uso, observar las etiquetas de seguridad en los envases y los contenedores de pintura y seguir todas las regulaciones locales y nacionales. Siempre consultar las Fichas de seguridad de Hempel para este producto junto con la Ficha técnica del producto.

Para uso profesional únicamente.

### Datos del producto

#### Código de producto

27500

#### Color estándar / código

Crema 23410

#### Brillo

Semi brillante

#### Volumen de sólidos

65 ± 2%

#### Peso específico

1,2 kg/L [1,0 lb/gal EE.UU.]

#### Espesor de película seca de referencia

120 micras [4,7 mils]

### Preparación de superficie:

#### Construcción nueva:

- Según la especificación de Hempel.

#### Mantenimiento y reparación

- Según la especificación de Hempel.

Consultar las Guías separadas de Hempel sobre la preparación de superficie para obtener más información.

### Aplicación

#### Proporción de mezcla

Agite bien antes de usar. Dilución no permitida. Se entiende por vida útil el tiempo que transcurre desde que se abre el bidón hasta que este producto deja de ser apto para su aplicación.

#### Disolvente

No diluir



Ficha Técnica del Producto



## Hempasil Nexus X-Tend 27500

### Agente de limpieza

Hempel's Thinner 08080

### Vida útil

Temperatura del producto	0°C [32°F]	20°C [68°F]	40°C [104°F]
Vida útil	60 min.	60 min.	60 min.

### Método de aplicación

Herramienta	Vol. máx. de dilución	Parámetros de aplicación
Pistola sin aire	No diluir	Presión en boquilla: 150 bar [2200 psi] Orificio de boquilla: 0.019-0.021"

Si se usa brocha o rodillo, pueden ser necesarios pasos adicionales para alcanzar el espesor seco recomendado. Los datos de la pistola son indicativos y están sujetos a ajustes. La presión es para una temperatura del material de 20°C [68°F].

### Espesor de película

Intervalo de especificación	Bajo	Alto	Recomendado
Espesor de película seca	100 micras [3,9 mils]	120 micras [4,7 mils]	120 micras [4,7 mils]
Espesor de película húmeda	150 micras [5,9 mils]	190 micras [7,5 mils]	190 micras [7,5 mils]
Rendimiento teórico	6,5 m²/l [260 sq ft/gal gal EE.UU.]	5,4 m²/l [220 sq ft/gal gal EE.UU.]	5,5 m²/l [220 sq ft/gal gal EE.UU.]

Es fundamental que el espesor de película seca mínimo especificado se logre de manera uniforme. Para obtener mejores resultados, evite el exceso del espesor de película.

### Condiciones de aplicación

- Para evitar la condensación, aplique sobre una superficie limpia y seca con una temperatura de al menos 3°C [5°F] por encima del punto de rocío.
- La temperatura del producto debe superar los 15°C [59°F] durante la aplicación.
- La temperatura óptima para la agitación, bombeo y aplicación es de: 20°C [68°F].

### Humedad relativa

- La humedad relativa debe situarse en un rango entre 30-85% durante el curado.
- La humedad relativa debe situarse en un rango entre 30-85% durante la aplicación.

### Secado y repintado

#### Compatibilidad del producto

- Capa anterior: Según la especificación de Hempel. Los productos recomendados son: Hempel's Nexus X Primer 27100, Hempel's Nexus II 27400
- Capa subsiguiente: Según la especificación de Hempel. Los productos recomendados son: Hempasil, Hempaguard®.

#### Tiempo de secado

Temperatura de la superficie	10°C [50°F]	20°C [68°F]	30°C [86°F]
Seco duro	horas	4½	2½
Curado completo	días	4	2

Determinado para 120 micras [4,7 mils] de espesor de película seca en condiciones estandar, consulte las notas explicativas de Hempel para obtener más información.

#### Repintado

La especificación de Hempel tiene prioridad sobre las indicaciones que aparecen en la tabla de repintado.

Nombre de la propiedad	10°C [50°F]	20°C [68°F]	30°C [86°F]	
Inmersión				
Hempasil Nexus X-Tend 27500	Mín. Máx.	20 h. 72 h.	6 h. 72 h.	5 h. 72 h.
Hempaguard X/T	Mín. Máx.	21 h. 48 h.	8 h. 48 h.	6 h. 48 h.
Hempasil X3-	Mín. Máx.	21 h. 48 h.	8 h. 48 h.	6 h. 48 h.

Los tiempos de repintado son indicativos de productos con la misma química genérica.

Consulte la especificación de Hempel para obtener más información.



## Ficha Técnica del Producto



Hempasil Nexus X-  
Tend 27500

### Condiciones de secado

- Para lograr el tiempo de secado que se indica, es importante mantener una ventilación suficiente durante la aplicación, el secado y el curado.
  - Se debe evitar la condensación en revestimientos recién aplicados.

## Almacenaje

## Vida de almacenaje

Temperatura ambiente	25°C [77°F]
Producto	18 meses

Vida de almacenaje desde la fecha de producción, siempre que se almacene en el contenedor original y sin abrir. Despues, se debe volver a inspeccionar la calidad del producto. Un almacenaje a temperaturas elevadas puede reducir la vida útil del producto. Consulte a Hemppel para obtener asesoramiento.

### Condiciones de almacenaje

- Condiciones de almacenaje**

  - De conformidad con la legislación local, el producto debe almacenarse a una temperatura máxima de 40°C [104°F], sin exposición directa al sol y protegido de la lluvia y la nieve.

## Huella de carbono

Espesor de película seca	1 $\mu\text{m}$	1 mil
GWP (índice GWP)	9.1 g $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{m}^2$	9.047 lb $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{m}^2$

La huella de carbono está calculada para 1 metro cuadrado / pie cuadrado de superficie con un espesor de película seca de 1 micra / mil.

El alcance incluye las materias primas, el transporte hasta la fábrica de Itempel, los procesos de fabricación de Itempel y el contenido de Compuestos Orgánicos Volátiles emitidos durante y después de la aplicación del producto.

Se calcula a partir del color estándar definido en esta ficha técnica. Los valores pueden variar con el color.

## Documentos adicionales

Hay información adicional disponible en el sitio web de Hempel (<https://www.hempel.com/service-and-support/technical-guidelines>) o en el sitio web local de Hempel.

- Notas aclaratorias para la ficha técnica del producto.
  - Métodos de aplicación.
  - Preparación de superficies.
  - Instrucción de aplicación para este producto.
  - Pautas generales para la aplicación de los sistemas de pintado Hemiquíquido/Hempasil.

La primera parte del producto (FTP1) corresponde al grado automotriz de la superficie y la otra parte (FTP2) es por diseño. Por consiguiente, el contenido específico deberá basarse en la FTP1 y la proporción entre las dos (FTP1+FTP2) es de 100%.

9.4. Descripción del documento	<u>Indicación de contenido</u>
9.4.1. Información técnica	Indicación de las normas, técnicas y procedimientos de la actividad para proyectos concretos
9.4.2. Información económica	Indicación de los costes, gastos y otros datos
9.4.3. Información social	Indicación de las condiciones laborales y de trabajo
9.5. Formato y tipografía	Indicación del formato y tipografía utilizados en el documento
9.6. Búsqueda de contenido	Indicación de los criterios y procedimientos para la búsqueda de información en el documento

En el caso de que se establezca una confidencialidad entre la información que se proporciona en la Parte II y de Documentos 1821, 304542, el acceso de este documento a la información será el anteriormente indicado en la Parte II.

Algunos de los factores que se consideraron para la elaboración de este informe fueron: la naturaleza y la complejidad del paciente, la duración del alta médica, la complejidad del informe, la disponibilidad de los datos y la disponibilidad de los recursos.

Page 10 of 10

Emitido por Hempel A/S - Diciembre 2023

383



## Ficha Técnica del Producto


 Hempadur Quattro  
 17634

## Características del producto

## Descripción

Hempadur Quattro 17634 es una imprimación epoxi de alto espesor, que cura para formar un revestimiento duro con buena resistencia al agua de mar y varios aceites.

Ofrece buena resistencia a la abrasión y excelentes propiedades anticorrosivas y mecánicas.

Puede aplicarse en cualquier época del año, siendo adecuado para nueva construcción, tanques de fuste y tanques en buques petroleros y cargueros.

## Uso recomendado

Hempadur Quattro 17634 se recomienda como autoimprimación universal de altas prestaciones para uso a la intemperie o en inmersión, incluyendo bodegas de carga, tanques de lastre y tanques de crudo protegidos de acuerdo con los requisitos IMO-PSRC. Puede aplicarse en cualquier época del año y es adecuado para aplicación en taller, donde se requieren tiempos de manipulación y repintado cortos.

También está recomendado para la protección anticorrosiva a largo plazo de acero estructural y hormigón lento en condiciones atmosféricas de corrosión severa como en inmersión.

Es resistente en el mar a temperatura ambiente cuando se utiliza en tanques de lastre (debe evitarse la exposición a largo plazo a gradientes de temperatura negativos).

Póngase en contacto con Hempel para más información.

## Temperatura de servicio:

- Máximo, exposición en seco: 120°C [240°F].
- Otros líquidos: póngase en contacto con Hempel.
- Evite la exposición prolongada a gradientes de temperatura negativa.

## Certificados / Aprobaciones

- Ensayado como material tipo FC de baja propagación de la llama cuando se utiliza como parte de un sistema de pintura predefinido. Consulte la «Declaración de conformidad» en [hempel.com](http://hempel.com) para más información.
- El tipo de este producto está aprobado de acuerdo con los requisitos de PSRC basados en un análisis cruzado de una amplia variedad de imprimaciones de taller. Póngase en contacto con Hempel para ver los Certificados de Aprobación Tipo específicos definidos en la resolución IMO MSC.215(82), MSC.288(87).
- Cumple la normativa sobre alimentos de la Unión Europea y de la FDA de Estados Unidos con respecto a productos alimenticios secos. Póngase en contacto con Hempel si desea obtener información más detallada.

## Características

- Secado rápido, que permite el repintado y la manipulación en poco tiempo.
- Temperatura mínima de curado: -10°C (14°F).
- Buena resistencia al crudo.

## Seguridad del producto

Punto de inflamación: 27°C [81°F]

## VOC del producto mezclado

Legislación	Valor
UE	280 g/L [2,34 lb/gal FF UU.]
USA (recubrimientos)	280 g/L [2,34 lb/gal EE UU.]
USA (regulatorio)	280 g/L [2,34 lb/gal EE UU.]
China	280 g/L [2,34 lb/gal CC UU.]

Según la legislación específica, consulte la información detallada en las notas explicativas disponibles en la página web general de Hempel ([hempel.com](http://hempel.com)) o en su página web local. Los valores de VOC pueden variar con el tono; consulte la sección 9 de la ficha técnica de seguridad.

## Manipulación

Manipular con cuidado. Antes y durante el uso, observar las etiquetas de seguridad en los envases y los contenedores de pintura y seguir todas las regulaciones locales y nacionales. Siempre consultar las Fichas de seguridad de Hempel para este producto junto con la Ficha técnica del producto.

Para uso profesional únicamente.

## Datos del producto

 Código de producto  
 17634

 Componentes del producto  
 Base 1/636  
 Agente de curado 9/334



Ficha Técnica del Producto



## Hempadur Quattro 17634

**Color estándar\* / código**  
Rojo Inglés 50630 \*\*

**Brillo**  
Semi mate

**Volumen de sólidos**  
72 ± 2%

**Peso específico**  
1,4 kg/L [12 lb/gal EE.UU.]

**Espesor de película seca de referencia**  
125 micras [5,0 mils]

**Color con aluminio / código**  
Verde metalizado 42490

**Brillo**  
Consultar la Guía de revestimientos pigmentados con aluminio de Hempel.

**Volumen de sólidos**  
72 ± 2%

**Peso específico**  
1,4 kg/L [12 lb/gal EE.UU.]

**Espesor de película seca de referencia**  
125 micras [5,0 mils]

### Preparación de superficie:

#### Limpieza

- Eliminar el aceite, la grasa y otros contaminantes de forma adecuada.
- Eliminar las sales, los detergentes y otros contaminantes mediante agua dulce a alta presión.

#### Construcción nueva:

- Chorreado abrasivo hasta mín. Sa 2½ (ISO 8501-1) / SP 10 (SSPC).
- Eliminar el polvo, los restos de abrasivos y otros material.
- Antes del pintado final, todos los daños del quitar la pintura así como la contaminación por almacenamiento y fabricación deberían ser limpiados mecánicamente/químicamente.

#### Mantenimiento y reparación

- Chorreado abrasivo por zonas hasta mín. PSa 2 (ISO 8501-2) / SP 6 (SSPC).
- Chorro con agua hasta alcanzar Wa 2½ (ISO 8501-4).
- Las zonas pequeñas deben limpiarse a mano o con una herramienta eléctrica limpia en vez de aplicar chorros abrasivos.
- Grado de reoxidación máximo FR M (ISO 8501-4).
- Eliminar el polvo, los restos de abrasivos y otros material.

#### Rugosidad

- Perfil de rugosidad Medio (G) (ISO 8503-2).

Consultar las Guías separadas de Hempel sobre la preparación de superficie para obtener más información.

### Aplicación

#### Proporción de mezcla

Base 17636 : Agente de curado 97334  
(4 : 1 en volumen)

Agite bien antes de usar.

#### Disolvente

Hempel's Thinner 08450

#### Agente de limpieza

Hempel's Tool Cleaner 99610

\* Otros colores están disponibles, contacte a su representante local de Hempel.  
\*\* Puede aparecer una ligera decoloración. Esto no afecta a las propiedades del recubrimiento.

Emitido por Hempel A/S - Octubre 2024

26



## Ficha Técnica del Producto


 Hempadur Quattro  
17634

**Vida útil**

Temperatura del producto	15°C [59°F]	20°C [68°F]
Vida útil (pistola)	3 horas	2 horas
Vida útil (brocha)	3 horas	2 horas

**Método de aplicación**

Herramienta	Vol. máx. de dilución	Parámetros de aplicación
Pistola sin aire	5%	Presión en boquilla: 250 bar [3600 psi] Orificio de boquilla: 0.021-0.024"
Brocha/Rodillo	5%	No aplica.

Si se usa brocha o rodillo, pueden ser necesarios capas adicionales para alcanzar el espesor seco recomendado. Los datos de la pistola son indicativos y están sujetos a ajustes. La presión es para una temperatura del material de 20°C [68°F].

**Espesor de película**

Intervalo de especificación	Bajo	Alto	Recomendado
Espesor de película seca	100 micras [4,0 mils]	250 micras [10 mils]	125 micras [5,0 mils]
Espesor de película húmeda	140 micras [5,6 mils]	350 micras [14 mils]	175 micras [7,0 mils]
Rendimiento teórico	7,2 m²/L [293 sq ft/gal gal] EE.UU.]	2,9 m²/L [118 sq ft/gal gal] EE.UU.]	5,7 m²/L [232 sq ft/gal gal] EE.UU.]

El producto puede especificarse a distintos espesores de película del indicado en función del propósito y área de uso. Esto altera el rendimiento y puede influir en el tiempo de secado y curado, y en el intervalo de repintado. Para obtener mejores resultados, evite el exceso del espesor de película.

**Condiciones de aplicación**

- Para evitar la condensación, aplique sobre una superficie limpia y seca con una temperatura de al menos 3°C [59°F] por encima del punto de rocío.
- La temperatura de la superficie debe superar los -10°C [14°F] durante la aplicación y el curado.

**Humedad relativa:**

- La humedad relativa no debe superar el 85% durante el curado.
- La humedad relativa no debe superar el 85% durante la aplicación.

**Secado y repintado**
**Compatibilidad del producto**

- Capa anterior: Ninguno o según la especificación de Hempel.
- Capa subsiguiente: Según la especificación de Hempel.

**Tiempo de secado**

Temperatura de la superficie	-10°C [14°F]	0°C [32°F]	20°C [68°F]	40°C [104°F]
Seco al tacto	horas	15	5	½
Seco duro	horas	35	14	5
Curado completo	días	56	20	7

Determinado para 125 micras [5,0 mils] de espesor de película seca en condiciones estándar; consulte las notas explicativas de Hempel para obtener más información.

**Repintado**

La especificación de Hempel tiene prioridad sobre las indicaciones que aparecen en la tabla de repintado.

Nombre de la propiedad	-10°C [14°F]	0°C [32°F]	20°C [68°F]	40°C [104°F]
Atmosférica seca:				
Hempadur Quattro 17634	Min. 36 h. Máx. 90 d.	18 h. 90 d.	4 h. 30 d.	2 h. 15 d.
Hempadur HS 55610	Min. 36 h. Máx. 7 d.	18 h. 7 d.	4 h. 4 d.	2 h. 4 d.
Inmersión:				
Hempadur Quattro 17634	Min. 36 h. Máx. 90 d.	18 h. 90 d.	4 h. 30 d.	2 h. 15 d.

Los tiempos de repintado son indicativos de productos con la misma química genérica.

Consulte la especificación de Hempel para obtener más información.



Ficha Técnica del Producto



## Hempadur Quattro 17634

### Condiciones de secado

- Para lograr el tiempo de secado que se indica, es importante mantener una ventilación suficiente durante la aplicación, el secado y el curado.

### Observaciones del replateado

- Si se supera el máximo intervalo de replateado ha de conferirse rugosidad a la superficie en caso de ser necesaria adherencia entre capas.
- La superficie debe estar seca y limpia antes de la aplicación.

### Otras observaciones

- Los recubrimientos epoxi tienen una tendencia inherente al caleo cuando son expuestas al exterior. Esto no afecta el comportamiento del recubrimiento.
- La especificación de Hempel tiene prioridad sobre cualquier recomendación presente en la ficha técnica del producto.

## Almacenaje

### Vida de almacenaje

Temperatura ambiente	25°C [77°F]
Base	36 meses
Agente de curado	12 meses

Vida de almacenaje desde la fecha de producción, siempre que se almacene en el contenedor original y sin abrir. Después, se debe volver a inspeccionar la calidad del producto. Un almacenaje a temperaturas elevadas puede reducir la vida útil del producto. Consulta a Hempel para obtener asesoramiento.

### Condiciones de almacenaje

- De conformidad con la legislación local, el producto debe almacenarse a una temperatura máxima de 40°C [104°F], sin exposición directa al sol y protegido de la lluvia y la nieve.

## Huella de carbono

Espesor de película seca	1 µm	1 mil
GWP (índice GWP)	6,7 g CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	0,035 lb CO <sub>2</sub> /ft <sup>2</sup>

La huella de carbono está calculada para 1 metro cuadrado / pie cuadrado de superficie con un espesor de película seca de 1 micra / mil.

El alcance incluye las materias primas, el transporte hasta la fábrica de Hempel, los procesos de fabricación de Hempel y el contenido de Compuestos Orgánicos Volátiles emitidos durante y después de la aplicación del producto.

Se calcula a partir del color estándar definido en esta ficha técnica. Los valores pueden variar con el color.



## Ficha Técnica del Producto



Hempadur Quattro  
17634

## Documentos adicionales

Hay información adicional disponible en el sitio web de Hempel (<https://www.hempel.com/service-and-support/technical-guidelines>) o en el sitio web local de Hempel:

- Notas aclaratorias para la ficha técnica del producto.
  - Métodos de aplicación.
  - Sustitutos.
  - Preparación de superficies.
  - Instrucción de aplicación para este producto.
  - Reparación y mantenimiento.
  - Inspección y control de calidad.
  - Tanques de lastre IMC PSPC.
  - Clasificación AH-NOR NH-1 36.005 Familia I Clase 6b

La provisión de la tarifa técnica al producto (PTP) corresponde al producto suministrado a la Red de Distribución en forma individualizada por fases. Por consiguiente, el concesionario debe abonar la tarifa técnica al PTP dentro de la tarifa, en la medida en que el PTP es responsable por el producto en la red de distribución de la sistema.

en caso de conflicto entre las informaciones que se proporcionan en este PPy o Documento de la Solicitud de Información Pública y la información que se encuentre en el documento que se le responde.

Asimismo, se establece que el Proyecto de la Plataforma de Gestión de la Información y la Documentación para la Administración Pública, es de competencia de la Dirección General de Documentación y Archivos y se encargará de su desarrollo y ejecución.

BROWNSTEIN

Emitido por Hempej A/S - Octubre 2024

55



Ficha Técnica del Producto



## Hempadur 35560

### Características del producto

#### Descripción

Hempadur 35560 es un recubrimiento epoxi libre de disolventes y de alto espesor curado con aditivo de poliamina. Ofrece buena resistencia al agua potable.

#### Uso recomendado

Hempadur 35560 se recomienda para el recubrimiento interior de tanques y tuberías de agua potable. También puede emplearse como imprimación de alto espesor en zonas expuestas a la abrasión y/o ambientes altamente corrosivos, como pueden ser zonas de atraque, zonas de salpicaduras, puentes y cubiertas.

#### Temperatura de servicio:

- Máximo, exposición en seco: 140°C [204°F].
- Máximo, inmersión en agua potable (directo sobre acero, sin gradiente de temperatura): 45°C [113°F].

#### Certificados / Aprobaciones

- Aprobado por WRAS para contacto con agua potable. Consulte información más detallada en <https://www.wrassapprovals.co.uk/approvals-directory/?search=Hempel&page=0>.
- Cumple la normativa sobre alimentos de la Unión Europea y de la FDA de Estados Unidos con respecto a productos alimenticios secos. Póngase en contacto con Hempel si desea obtener información más detallada.

#### Características

- Propiedades anticorrosivas excelentes.
- Sin disolventes.
- Libre de alcohol benzílico.

### Seguridad del producto

Punto de inflamación 143°C [290°F]

### VOC del producto mezclado

Legislación	Valor
UE	0 g/L [0,00 lb/gal] EE.UU.]
USA (recubrimientos)	0 g/L [0,00 lb/gal] EE.UU.]
USA (regulatorio)*	0 g/L [0,00 lb/gal] EE.UU.]
China	0 g/L [0,00 lb/gal] EE.UU.]

Según la legislación específica, consulte la información detallada en las notas explicativas disponibles en la página web general de Hempel ([hempel.com](http://hempel.com)) o en su página web local. Los valores de VOC pueden variar con el tono; consulte la sección 9 de la ficha técnica de seguridad.

#### Manipulación

Manipular con cuidado. Antes y durante el uso, observar las etiquetas de seguridad en los envases y los contenedores de pintura y seguir todas las regulaciones locales y nacionales. Siempre consultar las Fichas de seguridad de Hempel para este producto junto con la Ficha técnica del producto.

Para uso profesional únicamente.

### Datos del producto

#### Código de producto

35560

#### Componentes del producto

Base: 35569

Agente de curado: 96560

#### Color estándar\* / código

Crema 20320

#### Brillo

Brillante

#### Volumen de sólidos

100%

#### Peso específico

1,4 kg/L [11 lb/gal] EE.UU.]

\* Otros colores están disponibles, contacte a su representante local de Hempel.

Emitido por Hempel A/S - Febrero 2025

1/4



Ficha Técnica del Producto



## Hempadur 35560

**Espesor de película seca de referencia**  
200 micras [8,0 mils]

### Preparación de superficie:

#### Limpieza

- Eliminar el aceite, la grasa y otros contaminantes de forma adecuada.
- Eliminar las sales, los detergentes y otros contaminantes mediante agua dulce a alta presión.
- Hormigón: Según la especificación de Hempel.

#### Construcción nueva:

- Chorreado abrasivo hasta min. Sa 2½ (ISO 8501-1) / SP 10 (SSPC).
- Eliminar el polvo, los restos de abrasivos y otros material.

#### Mantenimiento y reparación

- Según la especificación de Hempel.

#### Rugosidad

- Perfil de rugosidad Medio (G) (ISO 8503-2).

Consultar las Guías separadas de Hempel sobre la preparación de superficie para obtener más información.

### Aplicación

#### Proporción de mezcla

Base 35569 : Agente de curado 99660  
(6 : 2 en volumen)

Dilución no permitida. Agite bien antes de usar.

#### Disolvente

No diluir

#### Agente de limpieza

Hempel's Tool Cleaner 99610

### Vida útil

Temperatura del producto	15°C [59°F]	20°C [68°F]	25°C [77°F]
Tiempo de inducción	20 min.	10 min.	5 min.
Vida útil	2 horas	1½ horas	1 hora

### Método de aplicación

Herramienta	Vol. máx. de dilución	Parámetros de aplicación
Pistola sin aire	No diluir	Presión en boquilla: 220 bar [3200 psi] Orificio de boquilla: 0.019-0.025"
Brocha	No diluir	No aplica.

Si se usa brocha o rodillo, pueden ser necesarias capas adicionales para alcanzar el espesor seco recomendado. Como recubrimiento de tanque, la aplicación a brocha y rodillo solo debe limitarse a un recubrimiento extra y retoques en áreas o reparaciones menores. Los datos de la pistola son indicativos y están sujetos a ajustes. La presión es para una temperatura del material de 20°C [68°F].

### Espesor de película

Intervalo de especificación	Bajo	Alto	Recomendado
Espesor de película seca	200 micras [8,0 mils]	600 micras [24 mils]	200 micras [8,0 mils]
Espesor de película húmeda	200 micras [8,0 mils]	600 micras [24 mils]	200 micras [8,0 mils]
Rendimiento teórico	5 m²/L [204 sq ft/gal] EE.UU.]	1,7 m²/L [69 sq ft/gal] EE.UU.]	5 m²/L [204 sq ft/gal] EE.UU.]

Para obtener mejores resultados, evite el exceso del espesor de película.

### Condiciones de aplicación

- La temperatura del producto debe superar los 15°C [59°F] durante la aplicación.
- Para evitar la condensación, aplique sobre una superficie limpia y seca con una temperatura de al menos 9°C [50°F] por encima del punto de rocío.
- La temperatura de la superficie debe superar los 10°C [50°F] durante la aplicación y el curado.
- Si la temperatura de la superficie se encuentra por debajo de 15°C [59°F], la humedad relativa debe estar por debajo de 65%.



Ficha Técnica del Producto



## Hempadur 35560

### Humedad relativa:

- La humedad relativa no debe superar el 85% durante el curado.

### Secado y repintado

#### Compatibilidad del producto

- Capa anterior: Ninguno o según la especificación de Hempel.
- Capa subsiguiente: Ninguno.

#### Tiempo de secado

Temperatura de la superficie	10°C [50°F]	20°C [68°F]	30°C [86°F]	40°C [104°F]
Seco al tacto	horas	12	7	4½
Seco superficial	horas	34	12	7
Seco duro	horas	40	16	9
Curado completo	días	14	7	4

Determinado para 200 micras [0.0 mils] de espesor de película seca en condiciones estandar; consulte las notas explicativas de Hempel para obtener más información.

#### Repintado

La especificación de Hempel tiene prioridad sobre las indicaciones que aparecen en la tabla de repintado.

Nombre de la propiedad	10°C [50°F]	20°C [68°F]	30°C [86°F]	40°C [104°F]
Inmersión				
Hempadur 35560	Min. 40 h.	16 h.	8 h.	5 h.
Máx.	35 d.	14 d.	7 d.	4½ d.

Los tiempos de repintado son indicativos de productos con la misma química genérica.  
Consulte la especificación de Hempel para obtener más información.

#### Condiciones de secado

- Para lograr el tiempo de secado que se indica, es importante mantener una ventilación suficiente durante la aplicación, el secado y el curado.

#### Observaciones del repintado

- Si se supera el máximo intervalo de repintado ha de conferirse rugosidad a la superficie en caso de ser necesaria adherencia entre capas.
- La superficie debe estar seca y limpia antes de la aplicación.
- Como recubrimiento de tanque, si se sobrepasa el intervalo máximo de repintado, es necesario conferir rugosidad mediante chorreado abrasivo a la superficie para asegurar la adherencia entre capas.

#### Otras observaciones

- La especificación de Hempel tiene prioridad sobre cualquier recomendación presente en la ficha técnica del producto.
- Los recubrimientos epoxi tienen una tendencia inherente al caleo cuando son expuestos al exterior. Esto no afecta el comportamiento del recubrimiento.

### Almacenaje

#### Vida de almacenaje

Temperatura ambiente	25°C [77°F]
Base	36 meses
Agente de curado	12 meses

Vida de almacenaje desde la fecha de producción, siempre que se almacene en el contenedor original y sin abrir. Después, se debe volver a inspeccionar la calidad del producto. Un almacenaje a temperaturas elevadas puede reducir la vida útil del producto. Consulte a Hempel para obtener asesoramiento.

#### Condiciones de almacenaje

- De conformidad con la legislación local, el producto debe almacenarse a una temperatura máxima de 40°C [104°F], sin exposición directa al sol y protegido de la lluvia y la nieve.



## Ficha Técnica del Producto



Hempadur 35560

## Huella de carbono

Espesor de película seca	1 µm	1 mil
GWP (índice GWP)	7,5 g CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	0,039 lb CO <sub>2</sub> /ft <sup>2</sup>

La huella de carbono está calculada para 1 metro cuadrado / pie cuadrado de superficie con un espesor de película seca de 1 micra / mil.

El alcance incluye las materias primas, el transporte hasta la fábrica de Itempel, los procesos de fabricación de Itempel y el contenido de Compuestos Orgánicos Volátiles emitidos durante y después de la aplicación del producto.

Se calcula a partir del color estándar definido en esta ficha técnica. Los valores pueden variar con el color.

## Documentos adicionales

Hay información adicional disponible en el sitio web de Hempel (<https://www.hempel.com/service-and-support/technical-guidelines>) o en el sitio web local de Hempel:

- Notas aclaratorias para la ficha técnica del producto.
  - Métodos de aplicación.
  - Sustratos.
  - Preparación de superficies.
  - Instrucción de aplicación para este producto.
  - Reparación y mantenimiento.
  - Inspección y control de calidad.
  - Agua notable.

#### Certificaciones y normas adicionales

**Certificaciones y normas adicionales**  
La aprobación del WRAS es válida una vez el recubrimiento final ha durado al menos el número siguiente de días: 10 días (20°C/68°F). Intervalo de repintado, min. 1 día (20°C/68°F).

La *legge 100* consente di creare una struttura di controllo e di responsabilità, che si basa sulla divisione in tre livelli: *comitato di controllo*, *comitato di gestione* e *comitato di controllo*.

RN: Descripción del documento		Últimas modificaciones
1. <a href="#">Información</a>		Últimas modificaciones
2. <a href="#">Procedimientos</a>		Últimas modificaciones
3. <a href="#">IEV</a>		Últimas modificaciones
4. <a href="#">Normas y la terminología</a>		Últimas modificaciones
5. <a href="#">Bibliografía y referencias</a>		Últimas modificaciones

En caso de conflicto entre la información que se proporcione en la Ley 10/2010 y la legislación en materia de protección de la información, será la anteriormente mencionada la que prevalecerá en el desarrollo de las actividades de la entidad.

En el caso de las personas que tienen una discapacidad intelectual, se recomienda que se realice una evaluación integral que incluya la evaluación de la discapacidad intelectual, la evaluación de la salud y la evaluación de las habilidades y necesidades de apoyo. La evaluación integral debe ser realizada por un equipo multidisciplinario que incluya a profesionales de la salud, profesionales de la educación y profesionales de la atención social. La evaluación integral debe ser realizada de acuerdo con las recomendaciones y las normas establecidas en la legislación y en las normas de evaluación de la discapacidad intelectual.



Ficha Técnica del Producto



## Hempadur 15570

### Características del producto

#### Descripción

Hempadur 15570 es un recubrimiento de tipo epoxi curado con aducto de poliamida de dos componentes, que cura formando una película fuerte y altamente resistente a la corrosión a temperaturas por encima de -10°C/14°F. El tono 12430 gris rojizo pigmentado con óxido de hierro micaeó también es muy adecuado para su aplicación en condiciones de humedad y sobre superficies de acero húmedas, y puede aplicarse sobre superficies mojadas. Los tonos amarillo grisáceo 21780 y gris 11320 contienen fosfato de zinc.

Cumple con la directiva sobre pintura de la UE 2004/42/CE relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (subcategoría I).

#### Uso recomendado

Como imprimación de mantenimiento y reparación, capa intermedia o de acabado en sistemas Hempadur en ambientes altamente corrosivos. Como capa de acabado donde el aspecto cosmético no tiene tanta importancia.

Como imprimación epoxi de curado a baja temperatura, capa intermedia o de acabado en sistemas de pintura según la especificación. Muy adecuado como imprimación (de chorro) en sistemas epoxi.

Capa de vapor en Galvosit.

#### Temperatura de servicio:

• Máximo, exposición en seco: 140°C [284°F].

#### Certificados / Aprobaciones

- Finsayaro como material tipo FC de baja propagación de la llama cuando se utiliza como parte de un sistema de pintura predefinido. Consulte la «Declaración de conformidad» en [hempel.com](http://hempel.com) para más información.
- Certificado ACQPA 26512 Couleur 12430 (M10)
- Reacción al fuego probada (como parte de un sistema de pintura con imprimación y acabado aprobados) según EN13501-1 B-s1, d0.

### Seguridad del producto

#### Punto de inflamación 25°C [77°F]

#### VOC del producto mezclado

Legislación	Valor
UE	412 g/L [3.44 lb/gal] EE.UU.]
USA (recubrimientos)	412 g/L [3.44 lb/gal] EE.UU.]
USA (regulatorio)	412 g/L [3.44 lb/gal] EE.UU.]
China	388 g/L [3.24 lb/gal] EE.UU.]

Según la legislación específica, consultar la información detallada en las notas explicativas disponibles en la página web general de Hempel ([hempel.com](http://hempel.com)) o en su página web local. Los valores de VOC pueden variar con el tono; consulte la sección 9 de la ficha técnica de seguridad. \*Directiva de la UE 2004/42/CE.

#### Manipulación

Manipular con cuidado. Antes y durante el uso, observar las etiquetas de seguridad en los envases y los contenedores de pintura y seguir todas las regulaciones locales y nacionales. Siempre consultar las Fichas de seguridad de Hempel para este producto junto con la Ficha técnica del producto.

Para uso profesional únicamente.

### Datos del producto

#### Código de producto

15570

#### Componentes del producto

Base 15570  
Agente de curado 95570

#### Color estándar\* / código

Rojo parduzco 50630

#### Brillo

Mate

\* Otros colores están disponibles, contacte a su representante local de Hempel.

Emitido por Hempel AG · Noviembre 2024

1/5



## Ficha Técnica del Producto



## Hempadur 15570

**Volumen de sólidos**  
54 ± 2%**Peso específico**  
1,3 kg/l [11 lb/gal EE.UU.]**Espesor de película seca de referencia**  
100 micras [4,0 mils]**Color de óxido de hierro micáceo (MIO) / código**  
Gris metálico 12430**Brillo**  
Mate**Volumen de sólidos**  
54 ± 2%**Peso específico**  
1,4 kg/l [12 lb/gal EE.UU.]**Espesor de película seca de referencia**  
100 micras [4,0 mils]**Preparación de superficie:****Limpieza**

- Eliminar el aceite, la grasa y otros contaminantes de forma adecuada.
- Eliminar las sales, los detergentes y otros contaminantes mediante agua dulce a alta presión.
- Antes del pintado final, todos los daños del shopprimer así como la contaminación por almacenamiento y fabricación deberían ser limpiados mecánicamente/químicamente.

**Construcción nueva:**

- Chorreado abrasivo hasta mín. Sa 2 1/2 (ISO 8501-1) / SP 10 (SSPC).
- En el caso del acero inoxidable, el aluminio y otros metales y aleaciones no ferrosas, utilice materiales de limpieza por chorro no metálicos (corindón, granate, etc.). Haga un barrido mediante chorreado para obtener un perfil anguloso, denso y uniforme sin espacios vacíos.
- Eliminar el polvo, los restos de abrasivos y otros material.

**Mantenimiento y reparación**

- Chorreado abrasivo hasta mín. Sa 2 (ISO 8501-1) / SP 6 (SSPC).
- Chorro con agua hasta alcanzar mín. Wa 2 (ISO 8501-4).
- Grado de recidación máximo F-R M (ISO 8501-4).
- Las zonas pequeñas se pueden limpiar con una herramienta eléctrica hasta el grado St 3 siempre que la superficie esté rugosa y no pulida.
- En el caso del acero inoxidable, el aluminio y otros metales y aleaciones no ferrosas, utilice materiales de limpieza por chorro no metálicos (corindón, granate, etc.). Haga un barrido mediante chorreado para obtener un perfil anguloso, denso y uniforme sin espacios vacíos.
- Eliminar el polvo, los restos de abrasivos y otros material.

**Rugosidad**

- Perfil de rugosidad Medio (G) (ISO 8503-2).

Consultar las Guías separadas de Hempel sobre la preparación de superficie para obtener más información.



Ficha Técnica del Producto



## Hempadur 15570

### Aplicación

#### Proporción de mezcla

Base 15579 : Agente de curado 95570  
(3 : 1 en volumen)

Agite bien antes de usar.

#### Disolvente

Hempel's Thinner 08450

#### Agente de limpieza

Hempel's Tool Cleaner 99610

#### Vida útil

Temperatura del producto	20°C [68°F]
Vida útil	2 horas

#### Método de aplicación

Herramienta	Vol. máx. de dilución	Parámetros de aplicación
Pistola sin aire	5%	Presión en boquilla: 175 bar [2500 psi] Orificio de boquilla: 0.019-0.021"
Pistola de aire	15%	No aplica.
Brocha	5%	No aplica.

Si se usa brocha o rodillo, pueden ser necesarias capas adicionales para alcanzar el espesor seco recomendado. Los datos de la pistola son indicativos y están sujetos a ajustes. La presión es para una temperatura del material de 20°C [68°F].

### Espesor de película

Intervalo de especificación	Bajo	Alto	Recomendado
Espesor de película seca	50 micras [2,0 mils]	125 micras [5,0 mils]	100 micras [4,0 mils]
Espesor de película húmeda	93 micras [3,7 mils]	231 micras [9,2 mils]	185 micras [7,4 mils]
Rendimiento teórico	11 m²/L [448 sq ft/gal gal] FF.001.1	4,3 m²/L [175 sq ft/gal gal] FF.001.1	5,4 m²/L [220 sq ft/gal gal] FF.001.1

Para obtener mejores resultados, evite el exceso del espesor de película. El producto puede especificarse a distintos espesores de película del indicado en función del propósito y área de uso. Esto altera el rendimiento y puede influir en el tiempo de secado y curado, y en el intervalo de repintado.

#### Condiciones de aplicación

- Para evitar la condensación, aplique sobre una superficie limpia y seca con una temperatura de al menos 3°C [35°F] por encima del punto de rocío.
- La temperatura de la superficie debe superar los -10°C [14°F] durante la aplicación y el curado.
- Preste atención a la formación de hielo en la superficie a bajas temperaturas.
- La temperatura del producto debe superar los 15°C [59°F] durante la aplicación.

#### Humedad relativa:

- La humedad relativa no debe superar el 85% durante la aplicación.
- La humedad relativa no debe superar el 85% durante el curado.

#### Observaciones de aplicación

- Las superficies metalizadas deberían ser repintadas antes de ser expuestas al aire libre.
- Se recomienda la técnica de «flash-coat» cuando se repintan substratos porosos.



## Ficha Técnica del Producto



## Hempadur 15570

## Secado y repintado

## Compatibilidad del producto

- Capa anterior: Ninguno o según la especificación de Hempel.
- Capa subsiguiente: Según la especificación de Hempel. Los productos recomendados son: Hempadur, Hempathane, Hempatec.

## Tiempo de secado

Temperatura de la superficie	20°C [68°F]		
Seco al tacto	min.	60	
Seco duro	horas	5	
Curado completo	días	7	

Determinado para 100 micras [4 mils] de espesor de película seca en condiciones estandar. Consulte las notas explicativas de Hempel para obtener más información.

## Repintado

La especificación de Hempel tiene prioridad sobre las indicaciones que aparecen en la tabla de repintado.

Nombre de la propiedad	0°C [32°F]	10°C [50°F]	20°C [68°F]	30°C [86°F]
Ajuststérica media				
Hempadur 15570	Mín.	18 h.	8 h.	4 h.
	Máx.	Prol.*	Prol.*	Prol.*
Hempathane HS 55610	Mín.	18 h.	8 h.	4 h.
	Máx.	Prol.*	Prol.*	Prol.*
Hempatec Hanel 56360	Mín.	9 h.	4 h.	2 h.
	Máx.	36 h.	16 h.	8 h.
Inmersión				
Hempadur 15570	Mín.	36 h.	16 h.	8 h.
	Máx.	Prol.*	Prol.*	Prol.*

Prol.\* En función de las condiciones de exposición reales, la superficie recubierta es repintable durante un período prolongado. Póngase en contacto con su representante local de Hempel para recibir asesoramiento.

Los tiempos de repintado son indicativos de productos con la misma química genérica.

Consulte la especificación de Hempel para obtener más información.

## Condiciones de secado

- Para lograr el tiempo de secado que se indica, es importante mantener una ventilación suficiente durante la aplicación, el secado y el curado.

## Observaciones del repintado

- Si se supera el máximo intervalo de repintado ha de conferirse rugosidad a la superficie en caso de ser necesaria adherencia entre capas.
- La superficie debe estar limpia antes de ser repintada.

## Otras observaciones

- Los recubrimientos epoxi tienen una tendencia inherente al caleo cuando son expuestas al exterior. Esto no afecta el comportamiento del recubrimiento.
- La especificación de Hempel tiene prioridad sobre cualquier recomendación presente en la ficha técnica del producto.

## Almacenaje

## Vida de almacenaje

Temperatura ambiente	25°C [77°F]
Base	36 meses
Agente de curado	36 meses

Vida de almacenaje desde la fecha de producción, siempre que se almacene en el contenedor original y sin abrir. Después, se debe volver a inspeccionar la calidad del producto. Un almacenaje a temperaturas elevadas puede reducir la vida útil del producto. Consulte a Hempel para obtener asesoramiento.

## Condiciones de almacenaje

- De conformidad con la legislación local, el producto debe almacenarse a una temperatura máxima de 40°C [104°F], sin exposición directa al sol y protegido de la lluvia y la nieve.



## Ficha Técnica del Producto



## Hempadur 15570

## Huella de carbono

Espesor de película seca	1 µm	1 mil
GWP (índice GWP)	9.1 g CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	0.047 lb CO <sub>2</sub> /ft <sup>2</sup>

La huella de carbono está calculada para 1 metro cuadrado / pie cuadrado de superficie con un espesor de película seca de 1 milímetro / mil.

El alcance incluye las materias primas, el transporte hasta la fábrica de Hempel, los procesos de fabricación de Hempel y el contenido de Compuestos Orgánicos Volátiles emitidos durante y después de la aplicación del producto.

Se calcula a partir del color estándar definido en esta ficha técnica. Los valores pueden variar con el color.

## Documentos adicionales

Hay información adicional disponible en el sitio web de Hempel (<https://www.hempel.com/service-and-support/technical-guidelines>) o en el sitio web local de Hempel:

- Notas aclaratorias para la ficha técnica del producto.
- Métodos de aplicación.
- Pautas generales de aplicación.
- Clasificación AFNOR NFT 36.005 Familia I Clase 6b

Este documento es una copia impresa, para su uso y reproducción. Sólo se permite la impresión y copia de la totalidad del documento. No se permite la impresión y copia de partes del documento sin la autorización escrita de la empresa.

Este documento es una copia impresa, para su uso y reproducción. Sólo se permite la impresión y copia de la totalidad del documento. No se permite la impresión y copia de partes del documento sin la autorización escrita de la empresa.

Este documento es una copia impresa, para su uso y reproducción. Sólo se permite la impresión y copia de la totalidad del documento. No se permite la impresión y copia de partes del documento sin la autorización escrita de la empresa.

Este documento es una copia impresa, para su uso y reproducción. Sólo se permite la impresión y copia de la totalidad del documento. No se permite la impresión y copia de partes del documento sin la autorización escrita de la empresa.

Este documento es una copia impresa, para su uso y reproducción. Sólo se permite la impresión y copia de la totalidad del documento. No se permite la impresión y copia de partes del documento sin la autorización escrita de la empresa.

Este documento es una copia impresa, para su uso y reproducción. Sólo se permite la impresión y copia de la totalidad del documento. No se permite la impresión y copia de partes del documento sin la autorización escrita de la empresa.

Este documento es una copia impresa, para su uso y reproducción. Sólo se permite la impresión y copia de la totalidad del documento. No se permite la impresión y copia de partes del documento sin la autorización escrita de la empresa.

Este documento es una copia impresa, para su uso y reproducción. Sólo se permite la impresión y copia de la totalidad del documento. No se permite la impresión y copia de partes del documento sin la autorización escrita de la empresa.

Este documento es una copia impresa, para su uso y reproducción. Sólo se permite la impresión y copia de la totalidad del documento. No se permite la impresión y copia de partes del documento sin la autorización escrita de la empresa.

Este documento es una copia impresa, para su uso y reproducción. Sólo se permite la impresión y copia de la totalidad del documento. No se permite la impresión y copia de partes del documento sin la autorización escrita de la empresa.

Este documento es una copia impresa, para su uso y reproducción. Sólo se permite la impresión y copia de la totalidad del documento. No se permite la impresión y copia de partes del documento sin la autorización escrita de la empresa.

Este documento es una copia impresa, para su uso y reproducción. Sólo se permite la impresión y copia de la totalidad del documento. No se permite la impresión y copia de partes del documento sin la autorización escrita de la empresa.



### 2.3.3. ÚTILES DE MEDICIÓN Y CONTROL.

#### 2.3.3.1. MEDICIÓN VARIABLES AMBIENTALES.

Dispositivos capaces de medir las condiciones ambientales, factores como el porcentaje de oxígeno, la temperatura ambiente, temperatura de la superficie, temperatura de la mezcla de pintura, velocidad del viento, la humedad relativa, el punto de rocío son variables a controlar y tener en cuenta, en todo momento. Herramientas calibradas capaces de certificar las mediciones de estas variables, y elevarlas a un documento escrito son imprescindibles en cualquier trabajo de pintura que pretenda ofrecer un mínimo de calidad. Estos dispositivos deben de someterse a calibraciones periódicas por laboratorios autorizados.

#### 2.3.3.2. DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE ESPESORES.

La ISO 2808:2019 indica distintos métodos para estimar los espesores de los sistemas de pinturas. Algunos de estos métodos son destructivos, tanto para película húmeda como película seca. En la práctica, los no destructivos son los más usados, son dispositivos foto-térmicos, para película húmeda, y con sonda magnética y acústica, para película seca. Por la rapidez de obtener un conjunto de muestras y la versatilidad tecnológica del volcado de datos.

#### 2.3.3.3. PERFIL DE RUGOSIDAD.

La rugosidad de anclaje es un factor a tener en cuenta y el dispositivo para ello se le conoce como rugosímetro, las mediciones mecánicas como discos comparadores, no son comparables a los dispositivos como la cinta de replica Testex en combinación con el micrómetro digital y el rugosímetro calibrado y certificado. Estos son capaces de ofrecer exactitud sin destruir ni causar defectos donde tome la muestra.

Según la Tabla 30, la norma ISO 8503-3 define la rugosidad en fina, media y gruesa según sea por granallado angular (G, Grit) y granallado esférico ó perdigón (S, Shot).



<b>ISO comparadores para acero, limpieza por granallado con abrasivo angular.</b>		
Muestra	Medida nominal (μm)	Tolerancia (μm)
1	25	3
2	60	10
3	100	15
4	150	20
<b>ISO comparadores para acero, limpieza por granallado con abrasivo esférico.</b>		
Muestra	Medida nominal (μm)	Tolerancia (μm)
1	25	3
2	40	5
3	70	10
4	100	15

Tabla 30. Rugosidad de superficie según ISO 8503-1:2012. [42]

<b>ISO comparadores para acero, limpieza por granallado con abrasivo angular.</b>	
Fino (G)	Perfiles iguales o superiores al segmento 1 pero excluyentes al segmento 2.
Medio (G)	Perfiles iguales o superiores al segmento 2 pero excluyentes al segmento 3.
Grueso (G)	Perfiles iguales o superiores al segmento 3 pero excluyentes al segmento 4.
<b>ISO comparadores para acero, limpieza por granallado con abrasivo esférico.</b>	
Fino (S)	Perfiles iguales o superiores al segmento 1 pero excluyentes al segmento 2.
Medio (S)	Perfiles iguales o superiores al segmento 2 pero excluyentes al segmento 3.
Grueso (S)	Perfiles iguales o superiores al segmento 3 pero excluyentes al segmento 4.

Tabla 31. Clasificación según ISO 8503-1:2012. [43]

La Tabla 30 reconoce tolerancias en las rugosidades superficiales para los sustratos de acero, de un 14% al 1% para los abrasivos angulares y del 12% al 1% para los abrasivos esféricos o perdigón. La Tabla 31 establece las acotaciones.



Acomet metales & minerales, véase Figura 30, recoge la relación entre la granulometría del material con el perfil de rugosidad objetivo al que se acopla, tal como informa, estas rugosidades fueron medidas en situaciones estándar de operación sobre superficies de acero al carbono, comerciales, y de 6 bar a 8 bar de presiones de trabajo.

Rugosidad	mils	1	2 1/2
Objetivo	micras	25	63
Sílice	mm	0,250-0,600	0,500-2,40
Olivino	mm	0,300-0,600	,500-1,200
Garnet	mm	0,180-0,350	0,400-0,800
Silicato de Hierro	mm	0,200-0,600	0,400-0,800
Silicato de Alurn./Calcio	mm		0,400-0,800
Grit de Vidrio	mm	0,200-0,400	0,400-0,800
Oxido de aluminio	Ref <sup>a</sup>	F100	F50
	mm	0,106-0,150	0,275-0,400
Acero GRIT	Ref <sup>a</sup>	G80	G40
	mm	0,180	0,42
Hierro GRIT	Ref <sup>a</sup>	G80	G25
	mm	0,180	0,700
Acero SHOT	Ref <sup>a</sup>	S110	S280
	mm	0,300	0,710

Figura 30. Guía rugosidades Acomet metales y minerales. [44]

En el caso de estudio que nos ocupa cabe resaltar de la Figura 30 que el abrasivo angular de acero en sus formas G80 y G40, ofrece, 25  $\mu\text{m}$  y 63  $\mu\text{m}$  de rugosidad superficial objetivo, valores que cumple con un Sa 1 y Sa 2 ½, respectivamente. Los valores de estudio de la rugosidad más comunes están expresados s en la Figura 31.



Perfiles de rugosidad valores de estudio: Ra, Rz y Rmax.		
Centro aritmético linea media.	Una linea por la cual se divide la muestra de los valores de rugosidad obtenidos el area en ambas partes es de igual valor.	
Desviación media aritmética del perfil de rugosidad, Ra.	La media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones del perfil de rugosidad, Rz.	
Diez puntos de valores absolutos máximos en el perfil de rugosidad medido.	La media valores de máximos absolutos compuestos por cinco valores de pico y cinco valores de valle, Rz.	
Maximo valor del perfil de rugosidad medido, Rmax (Ry).	La distancia entre el punto más alto y el punto más bajo del perfil de rugosidad.	

Figura 31. Valores de estudio rugosidad. [45]

#### 2.3.3.4. DISPOSITIVOS MEDICIÓN DE SALES SOLUBLES.

Una variable a controlar es la presencia de sales solubles en agua sobre un sustrato de acero, a tal fin se recurre al método Bresle, véase Figura 32, ISO 8502-6 y 9. Cuando se deja por granallado u otro método el acero al desnudo, está en riesgo de contaminación por las sales de su entorno, por ello un método de control sería el toldeo o cubierta y el control de las condiciones en el ambiente por un sistema climatizado de ventilación y calefacción. Si las sales se acumulan en cantidades suficientes perjudicarán el anclaje del sistema de pintura uno de los métodos más usado para estimar esa contaminación es el método Bresle, el cual consiste, en apegar un parche sobre el sustrato, este parche contiene una cámara que será rellenada por una jeringuilla con agua y esta agua permanece en contacto con el sustrato. Cuando se mide la conductividad eléctrica del agua se puede estimar la concentración de sales.

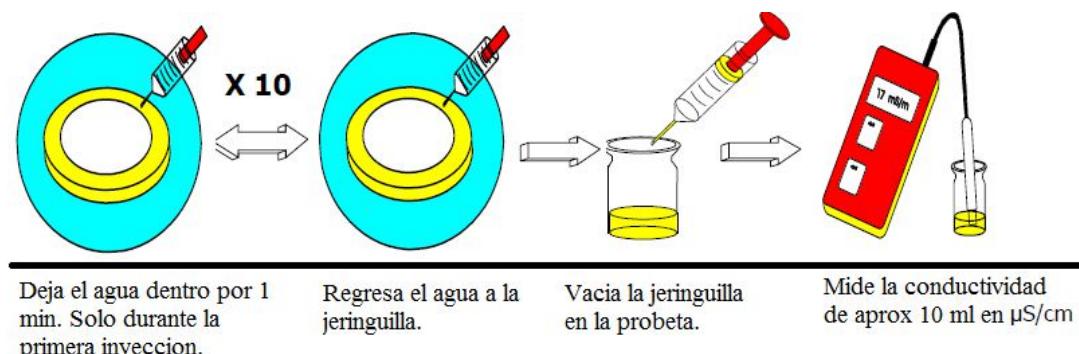


Figura 32. Ejemplo análisis Bresel.

## 2.4. CÁLCULOS CONSUMOS DE GRANALLA.

Según la marina americana en su informe, Tabla 32, indica una productividad para una limpieza a Sa 2 ½ partiendo de una superficie con sistema de pintura multicapa.

Boquilla	1/2	7/16	3/8
<b>CFM (Cubic Foot Minute, ft<sup>3</sup>/min)@100 psi</b>	350	260	200
<b>Diámetro interior manguera granallado</b>	2	1-1/2	1-1/2
<b>Diámetro interior manguera de aire</b>	1-1/2	1-1/2	1-1/4
<b>Consumo de abrasivo (libras/h)</b>	2250	1750	1260
<b>Consumo de abrasivo (kg/h)</b>	1020,6	793,8	571,5
<b>Preparación superficie a semiblanco</b>	<b>Pie cuadrado por hora</b>		
Laminación poco adherida	265	210	150
Laminación fuertemente adherida	220	172	125
Restos de pintura	132	104	75
Sistemas de pintura multicapas	106	84	60
<b>Preparación superficie a grado Sa 2 1/2</b>	<b>Metros cuadrados por hora</b>		
Laminación poco adherida	24,6	19,5	13,9
Laminación fuertemente adherida	20,4	16,0	11,6
Restos de pintura	12,3	9,7	7,0
Sistemas de pintura multicapas	9,8	7,8	5,6

Tabla 32, datos granallado Garnet. [46].

Lo primero a comentar de la Tabla 32, en unidades métricas otorga al consumo de aire entre 9,9 m<sup>3</sup> y 2,5 m<sup>3</sup>; de abrasivo entre 1020 kg y 249 kg; rendimiento de trabajo entre 9,8 m<sup>2</sup>/h y 2,3 m<sup>2</sup>/h. Todo ello implica un consumo de entre 104 kg /m<sup>2</sup>, a razón de 280 g de granalla por segundo, y 108 kg /m<sup>2</sup>, a razón de 69 g de granalla por segundo. Si bien no tengo datos de espesor ni de la granalla utilizada para la conformación de dicha tabla; si nos indica que si se reduce el tamaño de la boquilla a la mitad la productividad queda reducida, a prácticamente, un cuarto. Duplicando la presión de aire puede doblar la productividad, cuando se pasa de 90 cfm a 200 cfm se cambia la productividad de 25 ft/h a 60 ft/h.



La Tabla 33 obtenida del depósito documental macdowall.com para el garnet otorga los valores hasta 120 psi, los valores en “negrita” son extrapolados por la función de mínimos cuadrados regresión lineal de Excel.

Boquilla 7/16				
bar	psi	lb/h	CFM	kg/h
3,44	50	896	147	406,4
4,13	60	1032	170	468,1
4,82	70	1176	194	533,42
5,51	80	1312	217	595,11
6,2	90	1448	240	656,8
7	100	1750	270	793,7
8	116	<b>1935</b>	<b>306</b>	877,7
8,27	120	2050	315	929,8
9	130	<b>2185</b>	<b>339</b>	991
10	145	<b>2435</b>	<b>376</b>	1104

Tabla 33. Datos granallado Garnet. [47]

En el artículo de “A review of blasting waste generation and management in the ship repair industry” [48], comenta que si bien la reparaciones dependen de los diámetros de boquilla, de la manguera empleada, del número de capas de pintura a retirar entre otras especificaciones del contrato “en Ship Repair Yards, un total de 200-2000 Tn de abrasivo de media se necesitan para el granallado de 10000 m<sup>2</sup> de superficie del casco de los buques, esto se corresponde con un ratio de disposición de 20-200 kg/m<sup>2</sup>” aunque precisa que normalmente los cascos tienen una media de consumo 40-50 kg/m<sup>2</sup>. Blastingexperts [49], empresa con distribución en Sudamérica declara 25-30 kg/m<sup>2</sup> para un espesor de 75 µm, con una boquilla de 3/8 y un cfm de 750 a 100 psi, abrasivo metálico G25, con un rendimiento de 10,62 m<sup>2</sup> /h. Los rendimientos del granallado manual y la norma lo sitúan entre 7-9 m<sup>2</sup>/h. En nuestro caso, el abrasivo, será partículas angulares de acero G-40, tendremos dos granalladores húmedos con cortina de agua en 2,83 L/min y 5,4 L/min, y un equipo de reciclaje de granalla; con estos datos y antecedentes nos creamos la siguiente Tabla 34, de referencia para estimación del presente trabajo:



<b>Boquilla</b>	7/16
<b>CFM (ft<sup>3</sup>/min)@ 8 bar</b>	800
<b>Diámetro interior manguera granallado</b>	1-1/2
<b>Diámetro interior manguera de aire</b>	1-1/2
<b>Consumo de abrasivo (kg/h)</b>	600

<b>Preparación superficie a grado Sa 2 1/2</b>	<b>m<sup>2</sup>/h</b>
Sistemas de pintura multicasas	9

Tabla 34. Datos referencia estimación granallado.

Un cfm de 800 equivale a 22,65 m<sup>3</sup>/min, para dos ramales y un eductor, y se dispondría en boquilla de 8 bar y un ratio de abrasivo de 66 kg/m<sup>2</sup> y de 0,166 g/s en boquilla.

#### 2.4.1. ESTIMACIÓN COSTO CASO 10% FONDOS.

El costo del granallado será teniendo en cuenta las siguientes variables:

- El abrasivo acero, G40 y G80, se recicla de una obra a otra con una pérdida mínima de 1,23 kg/m<sup>2</sup> de superficie granallada.
- Consumo de diesel del compresor de aire de 800 cfm, es de unos 42 L/h a 1,50 €/L, disposición por hora del equipo en 60 €/h.
- Beneficio por hora de 100 €.
- Productividad es de 9 m<sup>2</sup>/h.

$$4) \quad \text{Costo} \left( \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right) = \frac{(42 \times 1,50) + 60 + 100}{9} = 24,7 \sim 25 \left( \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right)$$



#### 2.4.2. ESTIMACIÓN COSTO CASO 100% FONDOS.

La estimación de costos para el caso del 100% y el uso de Spiderjet, es tal como:

- Consumo de diesel del compresor de aire de 800 cfm, es de unos 42 L/h a 1,50 €/L, 50 L de agua por minuto son unos 3000 L/h a 4,2 €/Tn.
- Productividad es de 90 m<sup>2</sup>/h.
- Un técnico más un ayudante por hora 2500 €.
- Disposición del equipo, alquiler y seguros por uso y hora de 1000€/h.
- Mantenimiento del equipo por hora de uso 1000€.
- Beneficio por hora de 2250 €.

$$5) \quad \text{Costo} \left( \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right) = \frac{(42 \times 1,50) + 2500 + 1000 + 1000 + 2250}{90} = 75,7 \sim 75 \left( \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right)$$

#### 2.5. ANOTACIONES DE SEGURIDAD EN ANDAMIOS. [50] [51] [52]

La Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales (PRL) establece que el trabajo en altura es “aquel trabajo que es realizado por el trabajador a más de dos metros de altura”, para ello los recursos serán: Andamios, Plataformas Elevadoras Móviles de Personas (PEMP), escaleras fijas de mano, etc. Cuando el trabajo no se pueda realizar sin riesgos, desde el plano. Según el artículo 5 del Real Decreto 2177/2004 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo en materia de trabajos temporales en altura,” los andamios solo podrán ser montados, desmontados o modificados sustancialmente por una persona con formación universitaria o profesional, que lo habilite para ello”.

Los andamios metálicos tubulares, no modulares, carecen de una norma específica y son erguidos para construcción o reforma con carácter temporal, véase Figura 33. Algunas de sus dimensiones son determinadas con antelación mediante dispositivos

de unión denominados grapas o abrazaderas que se fijan temporalmente a tubos, para construir estructuras. Dentro de esta categoría, a grandes rasgos, tenemos:

- **Torres de acceso:** Tienen la finalidad de facilitar los accesos a distinto nivel ofreciendo una superficie de paso segura y con capacidad de carga adecuada.
- **Torres de trabajo fijas:** Poseen una o más plataformas de trabajo, con sus escaleras de acceso. El conjunto más simple se apoya sobre cuatro montantes verticales, nivelados por medio de cuatro husillos de adecuada capacidad de carga.
- **Torres de trabajo móvil:** Capaces de ser desplazadas manualmente sobre superficies lisas y firmas son autoportantes y tienen una o más plataformas de trabajo con sus escaleras de acceso. La altura de los andamios móviles no debería ser superior al cuádruplo de la menor dimensión de la base. Las escalas que de acceso a los andamios móviles deberían estar bien afianzadas

Torres de acceso y torres de trabajo móvil se rigen por norma UNE-EN 1004, son las comprendidas entre alturas de 2,5m y 12m en exteriores.

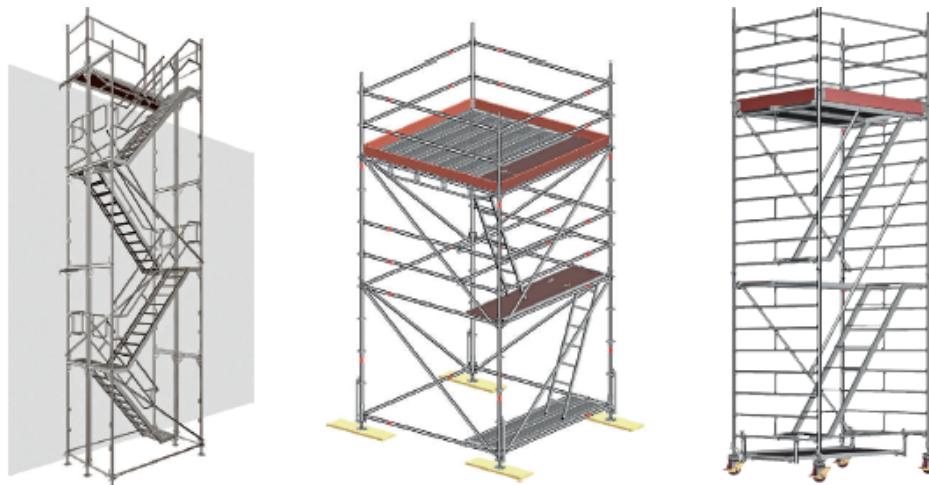


Figura 33. Torres de acceso, torres de trabajo fija y móvil.

- **Andamios de caballetes o borriquetas:** Son los constituidos por dos caballetes o dos borriquetas metálicas, sobre los que se apoyan unos tablones



o plataformas metálicas para formar el piso del andamio, plataforma de trabajo o andamiada, regulable en altura o no. Este tipo de andamios simples carecen de norma pero el artículo 179 del VI Convenio General Sector de la Construcción (CGSC), limita el empleo de los andamios se borriquetas hasta una altura de 3m; los artículos 174 y 179 del VI CGSC establecen que el piso del andamio debe tener una anchura de 60 cm como mínimo. A partir de 2 m de altura, desde plano, son obligatorios protecciones en derredor la plataforma de trabajo (barandilla, barra intermedia y rodapié) o medidas preventivas alternativas como anclajes y firmes.

- **Plataforma elevadora móvil de personal (P.E.M.):** La plataforma [50] de trabajo debe de estar equipada con barandillas o cualquier otra estructura en todo su perímetro a una altura mínima de 0,90 m y disponer de una protección que impida el paso o desplazamiento por debajo de las mismas o las caídas de objetos sobre personas de acuerdo con el R.D. 486/1997 sobre los lugares de trabajo (Anexo I.A.3.3) y el R.D. 1215/1997 sobre equipos de trabajo (Anexo 1.1.6). La plataforma debe de tener una puerta de acceso o en su defecto elementos móviles que no deben abrirse hacia el exterior.

## 2.6. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs).

- Guantes de trabajo
- Calzado de seguridad
- Casco de seguridad
- Arnés anticaída, por no estar garantizada la protección anticaídas en el montaje y desmontaje.

A todos estos se les suma los propios al trabajo a realizar sobre el andamio, tales como, chalecos reflectantes, gafas de seguridad, protectores auditivos, dispositivos de comunicación, etc. La Tabla 35 identifica algunos riesgos a evitar.



IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS		
RIESGOS	CAUSAS HABITUALES	SEÑALIZACIÓN
<b>Caídas a distinto nivel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Montaje y/o desmontaje inapropiado de la estructura o plataformas.</li> <li>Ascensos por parte externa del andamio.</li> <li>Trabajar con ausencia de barandilla, rodapié.</li> <li>Trabajar con demasiada distancia y parte del cuerpo fuera de la plataforma.</li> </ul>	
<b>Caídas al mismo nivel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausencia de orden y limpieza en la plataforma de trabajo.</li> <li>Derrames líquidos sin limpiar.</li> </ul>	
<b>Sobresfuerzos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manipulación incorrecta de las cargas.</li> <li>Pesos excesivos para el operario.</li> </ul>	
<b>Contactos eléctricos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausencia de estudio de medidas correctoras, tales como la desconexión eléctrica, uso de protecciones físicas y eléctricas.</li> <li>Mal mantenimiento de la herramientas eléctricas.</li> <li>Incorrecta manipulación de los dispositivos, conectar herramientas de 50Hz en 60Hz.</li> </ul>	
<b>Golpes y/o cortes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contactos con las herramientas propias que se utilizan.</li> <li>Contactos con elementos del entorno.</li> </ul>	
<b>Caída de objetos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de rodapiés.</li> <li>Caída de equipos por su uso fuera de la vertical de la plataforma de trabajo.</li> <li>Caída de restos de material sobre el que se está trabajando.</li> <li>Ausencia de medios portaherramientas.</li> </ul>	
<b>Desplome del andamio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobrecarga de la plataforma de trabajo.</li> <li>Deformación o ruptura de alguno de los elementos estructurales.</li> <li>Apoyo inestable sobre el plano firme.</li> <li>Inadecuado anclaje para las condiciones climáticas.</li> <li>Anclaje insuficiente.</li> </ul>	

Tabla 35. Identificación de riesgos montaje/desmontaje.



## 2.7. ANOTACIONES EN TAREAS DE GRANALLADO. [49]

La seguridad en tareas de granallado es un compendio entre la planificación, el diseño y uso de cada uno de sus componentes, los mantenimientos de los equipos y la capacitación del personal.

El equipo, de granallado manual, a la obra que nos atañe seria tal como Figura 34 y consta de:

- Compresor de aire: con una potencia de 80 hp y de 800 cmf asiste en las necesidades de aire de los equipos, para una presión en boquilla de 8 bar.
- Secador de aire de 800 cmf: Este equipo garantiza aire seco y elimina la posibilidad de contaminación de la granalla. La falla más común son los taponamientos de tuberías, tolvas, mangueras y boquillas.
- Tolvas de granallado: donde se añade el abrasivo para la preparación de superficies. Este equipo tiene una conexión por una manguera de 2" con el Secador de aire. La manguera de granallado “ligera”, de dos capas, se conecta a la tolva o se conecta a la manguera “pesada”, de cuatro capas que sirve de conexión más próxima; ambas se ofrecen en versiones de 15 m.
- Un equipo de reciclaje y limpieza de granalla: Este equipo consta de una capacidad de procesar 6Tn/h de granalla metálica. Consta de una aspiración, ARM (Abrasive Reclaim Module), elevador, separador de abrasivo y tolva de almacenamiento. Permite recoger la granalla y los desechos propios de la preparación de superficie actual, con un eductor de 400 cmf y la estructura para dos líneas de granallado.

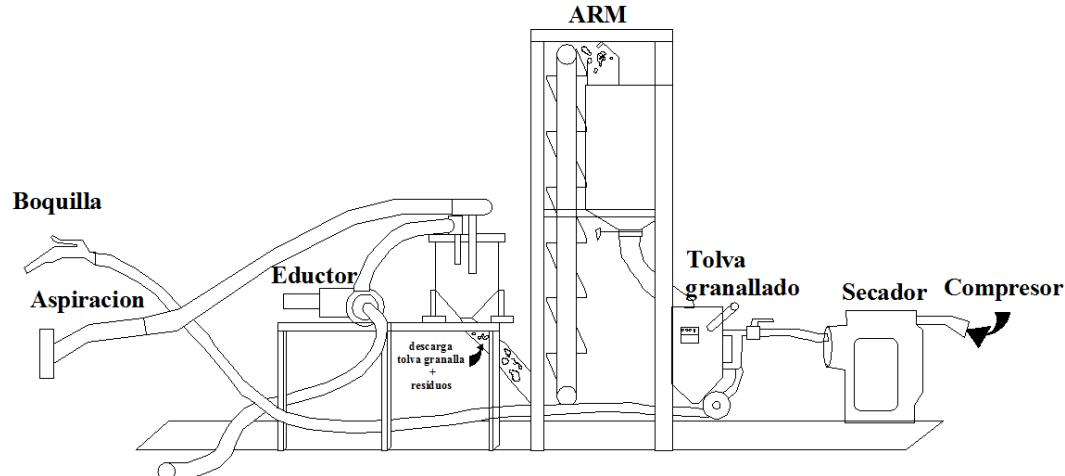


Figura 34. Esquema equipos granallado manual. Fuente propia.

El EPIs de granallado deben ser aptos, preferiblemente con marcado europeo y deben ser acordes al operario, lo recomendable es un equipo de presión positiva clase CE aprobados en USA por OSHA (Occupational Safety and Health Administration) y controlados por NIOSH (National Institute for occupational Safety and Health); son tales como la Figura 35 y consta de:

- Comunicación por radio: permite la comunicación por radio y sirve de protector auditivo. El nivel máximo de exposición por OSHA es de 80 dB para ocho horas diarias.
- Casco granallado.
- Detector de CO: dispara la alarma, con el monóxido de carbono como referencia, por problemas en la línea de aire.
- Protector de cuello.
- Protector de hombros y pecho.
- Guantes anti proyecciones: debe de cubrir el antebrazo; ropa de protección tipo 2 norma EN-420, marcado del pictograma para operaciones de proyección de abrasivos granulares, véase Figura 36.
- Pantalones anti proyecciones: ropa de protección tipo 2 norma EN-340.
- Filtro aire respirable: filtro de cartuchos descartables aptos para líneas de aire respirable.
- Compresor aire respirable por motor eléctrico: El dosado en presión se realiza en función del esfuerzo y el ambiente. El motor eléctrico elimina en gran

medida la posibilidad de contaminación en la línea de aire, de compuestos orgánicos volátiles, por la combustión y la lubricación.

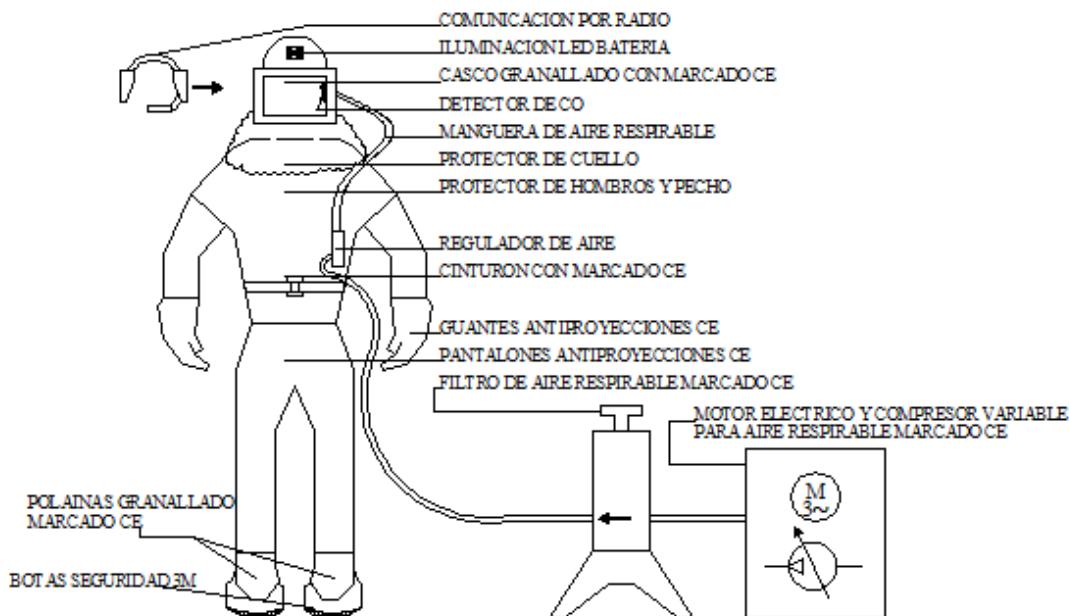


Figura 35. Esquema de EPIs granallado. Fuente propia.



Figura 36. Pictograma de ropa anti proyecciones.

### 2.7.1. CONSIDERACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO.

Las tolvas deben estar construidas para soportar un trato de obra. Por ser equipos a presión deben evitarse golpes, amolados, resoldados en sus componentes. Cualquier modificación debe ir acompañado de certificaciones y homologaciones ASTM (American Society for Testing and Materials). Los equipos, sensores que puedan



afectar la vida de las personas, jamás son reparados, se sustituyen por uno nuevo. La observancia al presurizado de la tolva debe mantenerse al despresurizarla, pues puede proyectar abrasivo.

Es imprescindible el uso del control a distancia, sistema del hombre muerto. Este sistema permite el control del equipo desde la boquilla y se interrumpe en cuanto el operario suelta el gatillo. Protege de sobrepresiones en la tolva y facilita la rotación de operadores.

Las boquillas, mangueras y acoplos sufren el desgaste por el abrasivo pudiendo alcanzar fracturas o pinchazos proyectando abrasivo hasta donde alcance, por ello se establece, siempre que se pueda, un perímetro de seguridad de 10 m para los ayudantes del operador de granallado. En las boquillas el desgaste sucede a la altura de la rosca de la boquilla o en el acople; en las mangueras el desgaste sucede en la parte exterior por senos cerrados o en marcas por aplastamiento.

El filtro de aire respirable requiere retener partículas mayores a 0,5 micras, aerosoles de aceite y agua y debe de tener un coeficiente NIOSH de 1000 o superior, lo que quiere decir que de 1000 partículas del exterior tienes una dentro del casco. El aire que llega al casco tendrá un máximo de 10 ppm de CO en un caudal de 0,5 m/s. Caudales menores permiten la entrada de polvo y mayores producen sequedad e irritación en los ojos.

## 2.8. ANOTACIONES SEGURIDAD PINTURA.

Todas las operaciones de pintado requieren de un planteamiento previo y una evaluación de riesgos antes de obrar. Las operaciones de pintado por sí mismas implican un riesgo a la absorción por contacto con la piel y a la inhalación de vapores y/o nieblas tóxicas, riesgo de fuego y riesgo de explosión, véase Tabla 36. Según la aplicación, de la pintura, sea manual, por brocha y/o rodillo, o por pistola airless, en cada caso se pueden presentar riesgos únicos y propios del método escogido.



Riesgo	Equipo protección	Protección
Cabeza.	• Casco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistir la penetración.</li> <li>• Absorber el impacto.</li> <li>• Proteger contra arco eléctricos.</li> </ul>
Cara y ojos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantallas.</li> <li>• Gafas de seguridad.</li> <li>• Mascaras completas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistir frente a partículas volando, químicos, arcos de soldadura o luz brillante.</li> </ul>
Oídos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tapones espuma desechables.</li> <li>• Tapones semiinsertos.</li> <li>• Tapones reutilizables.</li> <li>• Orejeras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección de la audición, considerada enfermedad laboral.</li> </ul>
Pies.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzado de seguridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistir la punción de objetos afilados, frente aplastamiento debido a caída de objetos u objetos rodantes, contactos eléctricos, superficies calientes, químicos, superficies mojadas y/o resbaladizas.</li> </ul>
Respiratoria.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mascarilla desechable.</li> <li>• Mascarilla reutilizable:           <ul style="list-style-type: none"> <li>o Media máscara.</li> <li>o Máscara completa.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección del trabajador frente a tóxicos, corrosivos, irritantes; y a gases polvos, nieblas, humos y fibras.</li> </ul>
Manos y cuerpo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buzo de algodón completo en parte interna y buzo desechable externo.</li> <li>• Guantes químicos cubriendo el antebrazo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección corporal frente a sustancias dañinas por contacto con la piel. Guantes químicos apropiados a los solventes y / o catalizadores a emplear.</li> </ul>
Equipo anticaídas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arnés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar caídas por un punto de sujeción</li> <li>• Detener la caída sin causar lesiones.</li> </ul>

Tabla 36. Anotaciones seguridad pintura. Fuente propia.



La necesidad de empleo de ropas de protección nos aconseja el uso de ropa interior de algodón para los trabajadores, buzo de cuerpo completo y la obligación de tener el rostro afeitado para un acople correcto de las mascarillas y/o máscaras. Prohibición de fumar en todo el recinto la necesidad de un punto para ducha de emergencia y lavado de ojos.

Las entradas de los pintores en espacios confinados serán siempre con equipos de protección respiratoria, mascara completa con línea de aire.

#### **2.8.1. ANOTACIONES DE SEGURIDAD EN TANQUES. [53]**

Un recinto confinado es cualquier espacio con aperturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable. En los espacios confinados el riesgo de acumulación de sustancias toxicas y/o inflamables, la falta de oxígeno son factores a sumar en la movilidad, estrechez, pobre iluminación, las posturas de trabajo y el exceso de ruido. Se hace imprescindible el cumplimiento de un checklist que ayude a una identificación del riesgo a una preparación del espacio y una vigilancia de la obra.

Antes de entrar se hace una inspección visual de los espacios a entrar y de los espacios adyacentes, y se debe corregir cualquier obstáculo antes de la entrada. Como mínimo facilitar una escalera de acceso, que permita una entrada y salida segura, determinar si los recubrimientos mismos y los residuos o vapores, propios del trabajo pueden crear atmosferas peligrosas en las condiciones de trabajo. La presencia de un extractor y/o diluyente de la atmósfera de trabajo.

El riesgo específico de los espacios confinados, están originados por una atmósfera peligrosa, que puede resultar en asfixia, véase Tabla 37; intoxicación, riesgo de incendio y riesgo de explosión.

- La asfixia es consecuencia de falta de oxígeno, debido a pobre ventilación, consumo de oxígeno y/o por desplazamiento, del oxígeno, por otros gases. Por ello la precaución de una línea de aire respirable para los trabajos de pintura.



Concentración de O <sub>2</sub> %	Tiempo de exposición	Síntomas
21	Indefinido.	Concentración normal en aire.
19,5	No definido.	Concentración mínima para entrar.
18	No definido.	Se considera atmósfera deficiente de oxígeno, según norma ANSI Z117.1-1977. Problemas de coordinación y taquicardia.
17	No definido.	Riesgo de desmayo sin previo aviso.
entre 12 y 16	Entre segundos a minuto.	Vértigo, dolores de cabeza, disnea e incluso alto riesgo de inconsciencia.
entre 6 y 10	Entre segundos a minuto.	Nausea pérdida de conciencia seguida de muerte en 6-8 minutos.

Tabla 37. Síntomas a falta de oxígeno.

- Incendio y explosión; los recintos confinados tienen una enorme facilidad de convertirse en atmósferas inflamables. Una de las muchas causas, serían la concentración de los disolventes de la pintura, trapos manchados y la pintura misma; tal que al ser rociada sobre la superficie permanece como diminutas gotas flotando en el aire del recinto confinado. Se considera, a efectos de seguridad, un espacio confinado muy peligroso, cuando la atmósfera se sitúe en el 25% del límite inferior de inflamabilidad (LII). De ahí la prohibición de fumar en todo el recinto de la obra, la necesidad de ventilación mecánica y la precaución de iluminación AtEx.

Las medidas preventivas, entre otras, que pretenden eliminar sino minimizar riesgos son:

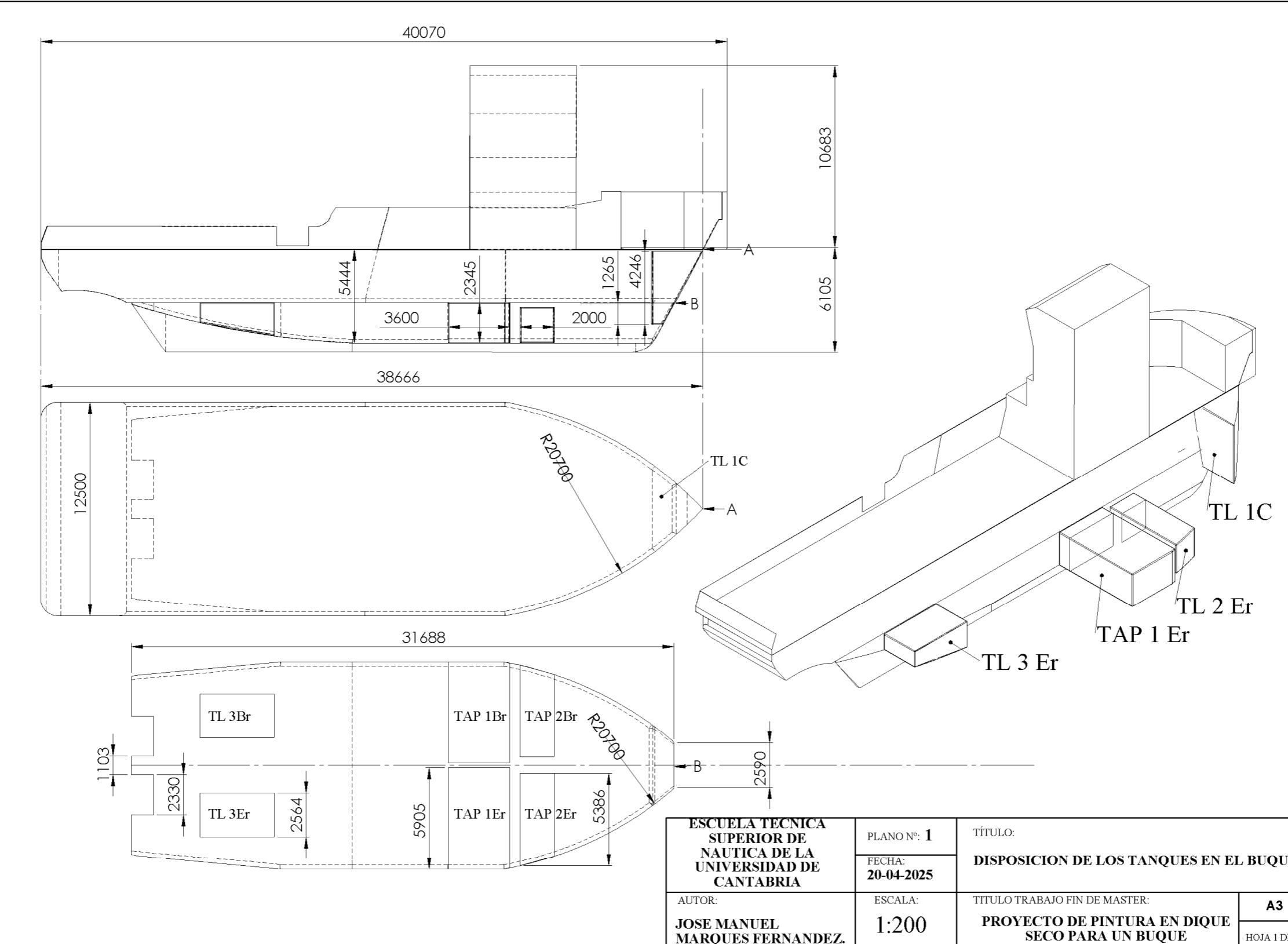
- Autorización de entrada al recinto por, INSHT NPT 30, el llamado “permiso de trabajos especiales”, recomendación apéndice 5 de la resolución A.962(23) de la OMI, un encargado debe firmar la correcta disposición para la obra y equipos de seguridad, todo un protocolo que busca eliminar los riesgos o llevarlos a su mínima expresión.

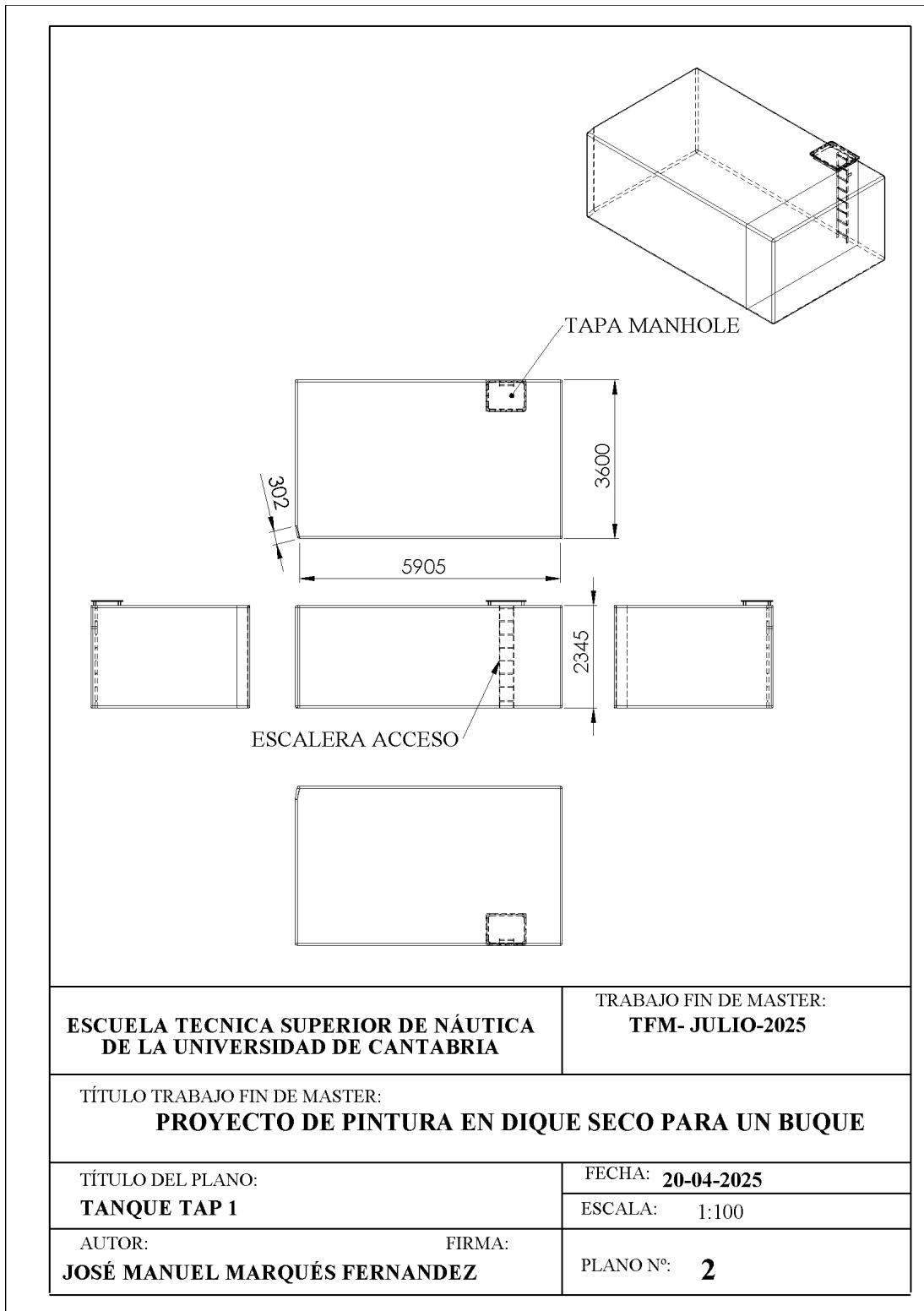


- Medios de acceso al espacio confinado (escalera, plataforma, mismo nivel, etc.).
  - Medidas preventivas en la obra (ventilación, control ambiental, señalización de accesos, etc.).
  - Equipos de protección personal, EPIs (guantes, buzos, calzado, máscara, filtros, gafas, etc.).
  - Equipo de trabajo más adecuado (baterías, herramientas eléctricas, equipo de iluminación, etc.).
  - Vigilancia, control y orden de la obra desde el exterior.
- 
- La velocidad del aire no deberá ser inferior a 0,5 m/s al nivel en el que puedan estar los trabajadores. En trabajos de pintura, es necesaria, una extracción mecánica de los gases volátiles que se acumulan, por ser más densos que el aire, en el fondo del tanque producto de la reacción de la pintura.
  - La iluminación, ventilación y las herramientas eléctricas serán adecuadas al trabajo, tal como equipos AtEx. En caso de no ser posible herramientas a batería, se recomienda que la conexión eléctrica esté equipotencial a tierra tal como la estructura metálica.

La vigilancia externa continuada es necesaria, tanto para afirmar que se cumplen los protocolos por parte de la mano de obra como para asegurarse que se cumplen las condiciones dadas por fabricante para la aplicación de los sistemas de pinturas. Esta persona estará instruida para mantener un contacto continuo visual y/o comunicación eficaz con el trabajador en el espacio confinado. Esta responsabilidad se acentúa en caso de tener que actuar ante una emergencia; dar la voz de alarma y aplicar los primeros auxilios.

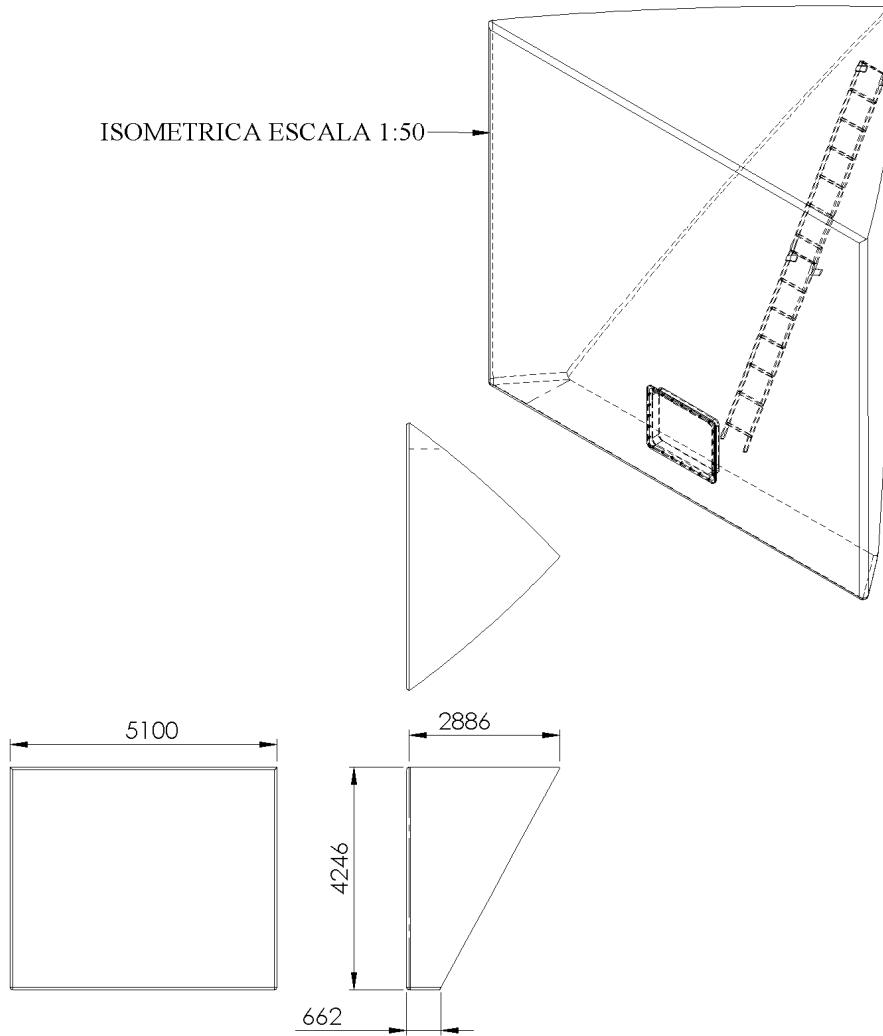
### 3. PLANOS







ISOMETRICA ESCALA 1:50



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TRABAJO FIN DE MASTER:  
**TFM- JULIO -2025**

TÍTULO TRABAJO FIN DE MASTER:

**PROYECTO DE PINTURA EN DIQUE SECO PARA UN BUQUE**

TÍTULO DEL PLANO:

**TANQUE TL 1C**

FECHA: **20-04-2025**

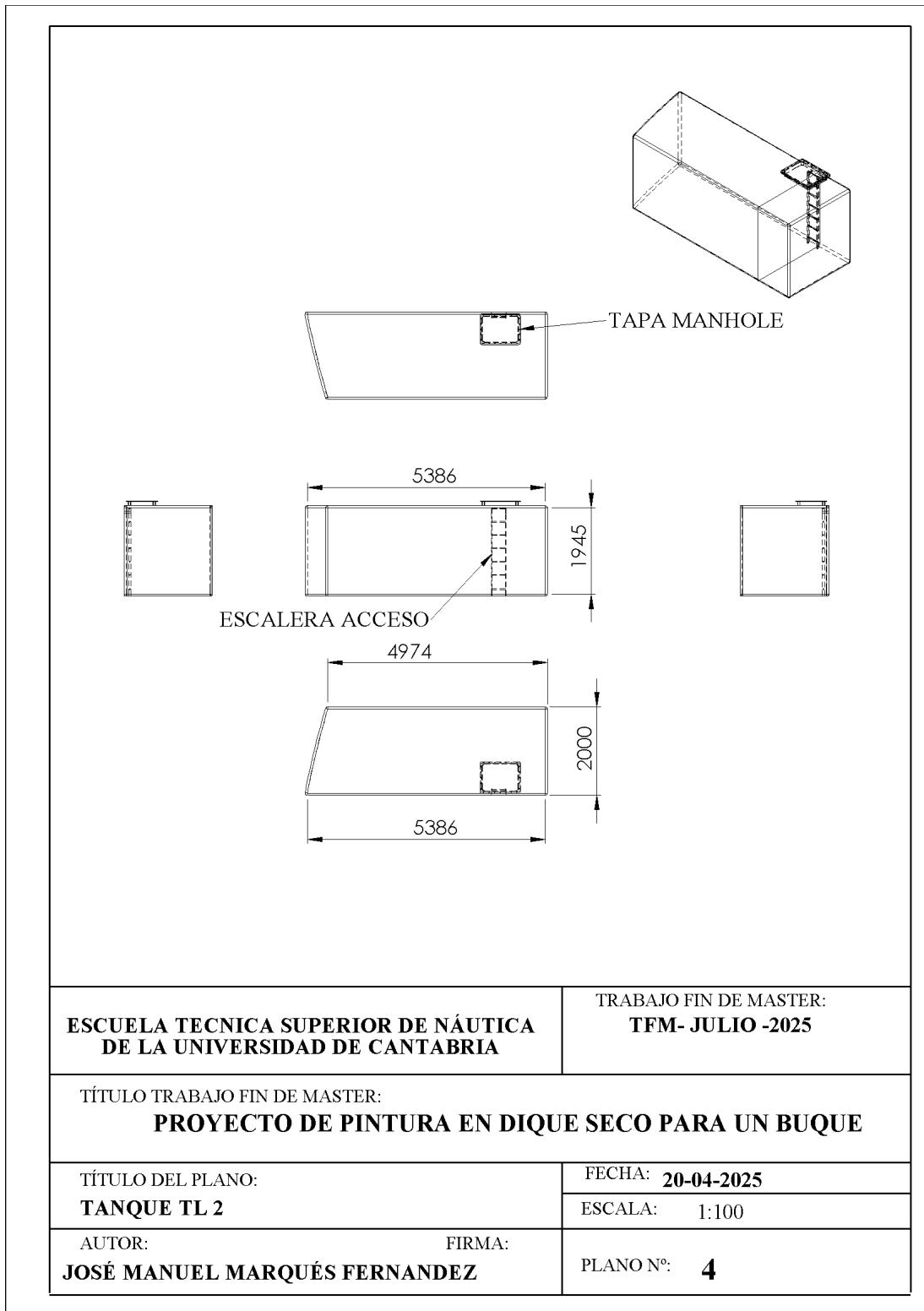
ESCALA: **1:100**

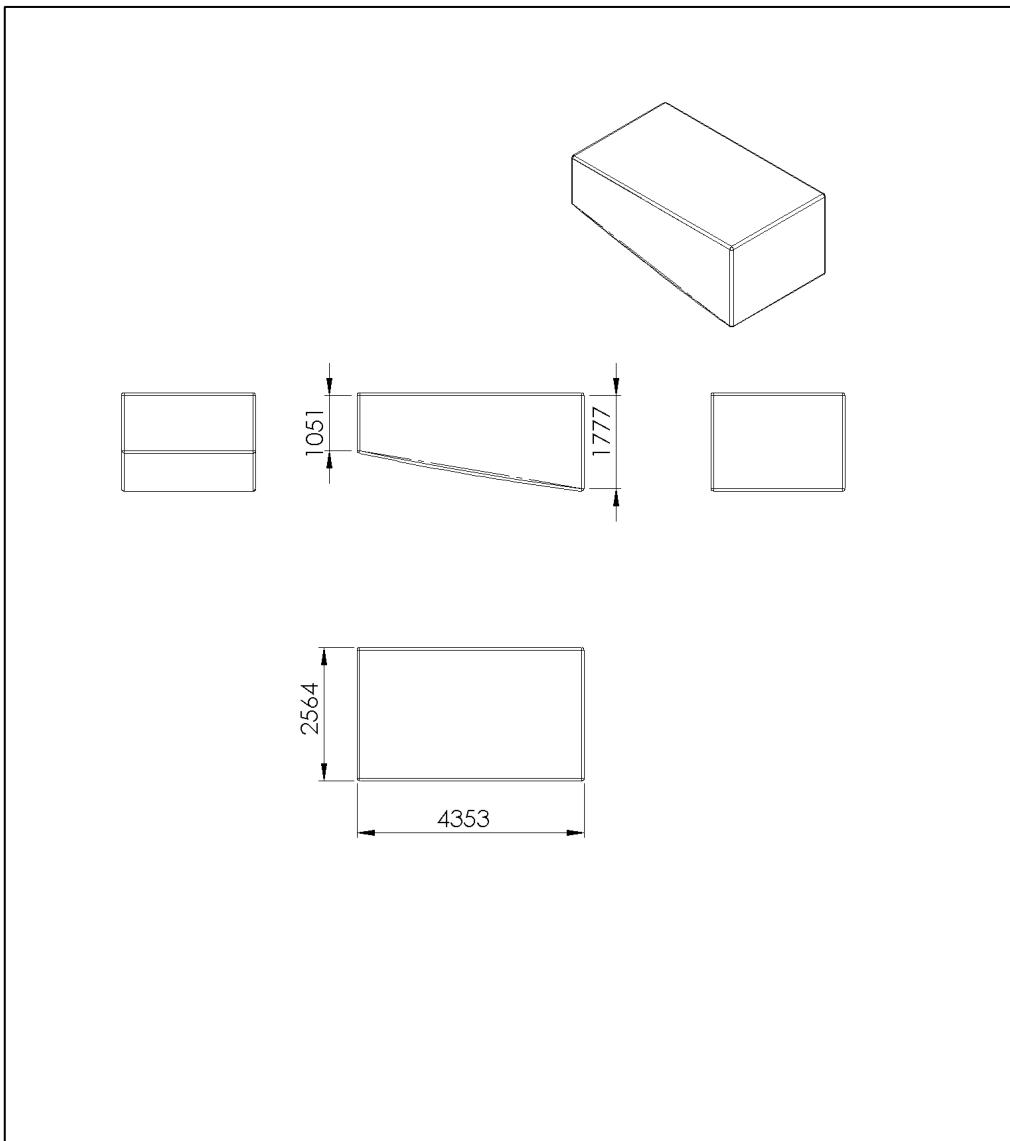
AUTOR:

**JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNANDEZ**

FIRMA:

PLANO N°: **3**





**ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

TRABAJO FIN DE MASTER:  
**TFM- JULIO -2025**

TÍTULO TRABAJO FIN DE MASTER:

**PROYECTO DE PINTURA EN DIQUE SECO PARA UN BUQUE**

TÍTULO DEL PLANO:

**TANQUE TL 3**

FECHA: **20-04-2025**

ESCALA: **1:100**

AUTOR:

**JOSÉ MANUEL MARQUÉS FERNANDEZ**

FIRMA:

PLANO N°: **5**

#### 4. PLIEGOS DE CONDICIONES. [54]

El presente pliego de condiciones tiene por objeto definir el lugar donde se realice la obra, determinar los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución del mantenimiento y/o reforma.

La empresa encargada de la obra está obligada al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación de un seguro obligatorio, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

##### 4.1. OBJETO DEL PLIEGO.

Se busca definir las características técnicas y de servicio de mantenimiento, en dique seco del buque Mark II, buque multipropósito, de características:

Año construcción: 2001.

Tonelaje bruto (GT): 520 Tn.

Eslora: 40 metros.

Manga de trazado: 12,5 metros.

Calado medio: 3,7 metros.

Puntal: 5,9 metros.

Última inspección /Aplicación: Noviembre 2018.

Las varadas programadas tienen los objetivos de renovación de los Certificados Reglamentarios y de mantenimiento del buque.

##### 4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA VARADA.

El buque se dispone en el puerto de Vigo (España), por contrato, y se llevará a dique seco por las instalaciones del astillero destinadas a esa función. El tiempo de varada en dique seco viene marcado por la necesidad de realizarse el pintado de los tanques de agua potable y de lastre del buque y el mantenimiento y reparación de Costados y Fondos. La estancia en grada no será superior a 16 días.

La puesta en seco del buque deberá realizarse en un varadero con carros de varada de tal modo que en ningún caso se produzca un apoyo con deformación o con daño



sobre cualquier equipo (hélices, corredera, hélices de maniobra, etc.). Al finalizar los trabajos el Astillero se encarga de trasladar el buque a un muelle. Todas las acciones necesarias para poner en dique seco y a flote serán dirigidas y de responsabilidad del Astillero.

Los trabajos de reparación y/o mantenimiento deberán concluirse en el menor tiempo posible, ajustando para ello las jornadas de trabajo, para evitar retrasos que afecten a la planificación y cronograma de trabajos.

La relación detallada de los trabajos a realizar se presenta en tablas. Son competencia del presente pliego de prescripciones técnicas las siguientes tareas especificadas en PLANIFICACIÓN como: “PLANIFICACIÓN COSTADOS Y FONDOS” [páginas 68-70] y “PLANIFICACIÓN TANQUES” [páginas 73-75]. Así mismo con la medición de los espesores de pintura por ultrasonidos y la elaboración del informe correspondiente; el cual certificara el sistema de pintura original con el fabricante estos servicios se cobrarán a parte por la administración y serán otorgados por subcontrata a la sociedad de clasificación American Bureau Shipping (ABS).

#### 4.2.1. MANDOS

- **Inspector:** El contratista dispondrá a pie de obra de un técnico cualificado, quien ejercerá como Inspector de obra, controlara y organizara los trabajos objeto del contrato siendo el interlocutor válido frente a la propiedad.
- **Personal:** La empresa encargada de la obra tendrá en la obra, el número y clase de operarios que hagan falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuales serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. La empresa encargada de la obra, estará obligada a separar de la obra aquel personal que a juicio del Inspector no cumpla con sus obligaciones o realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obras de mala fe.



#### 4.2.2. RESPONSABILIDADES

- **Vigilancias:** El contratista será el único responsable de la vigilancia de los trabajos que tenga contratados hasta su entrega de la obra.
- **Limpieza:** El contratista mantendrá en todo momento el recinto de la obra libre de acumulación de materiales de desecho, desperdicios o escombros debiendo retirarlos a medida que estos se produzcan. Trasladándolos a un gestor autorizado.
- **Subcontratación:** El contratista podrá subcontratar parcialmente las obras contratadas; en todo caso el contratista no responderá ante la dirección facultativa de la obra y la propiedad de la labor de sus subcontratistas como si fuese labor propia. La propiedad podrá recusar antes la contratación, cualquiera de las subcontratas que el subcontratista tenga previsto utilizar, teniendo este la obligación de presentar empresas autorizadas como alternativas. Durante la ejecución de las obras, el inspector podrá recusar a cualquiera de los subcontratistas que no realicen la obra adecuadamente. Tanto en calidad como en plazo, lo que notificara por escrito a la propiedad.

#### 4.2.3. REGLAMENTOS Y NORMAS

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento, tanto de ámbito internacional, como nacional, así con todas las otras que se establezcan en la memoria del proyecto.

Las obras a realizar estarán de acuerdo y se guiarán por las siguientes normas además de lo descrito en la memoria del proyecto:

- Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75 del 25 de Noviembre.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.



- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. (B.O.E. de 23 abril de 1997).
- Artículo 1558 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación al contrato de obra sinalagmático que se trate, con obligaciones por ambas partes.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para baja tensión (REBT).
- UNE-HD 60364-7-709:2011/A11:2017, instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 7-709: requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales Marinas y emplazamientos análogos.
- UNE 58921:2017, Instrucciones para la instalación, manejo, mantenimiento, revisiones e inspecciones de las plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP).
- Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Normas y recomendaciones del fabricante Hempel Spain.

#### **4.3. METODOLOGÍA DE LAS TAREAS A REALIZAR.**

Se indica en la MEMORIA del contrato la metodología de las tareas a realizar. Los materiales y equipos empleados para afrontar los trabajos, están de acuerdo con las normas de calidad Naval y cumplen con los requisitos de la Autoridad Marítima los envases de pinturas serán nuevos, no usados, y en perfecta condiciones y adecuados a su uso. Todos los accesorios y detalles, aunque no se indiquen expresamente en este pliego, cumplirán los estándares aplicados en la construcción naval, así como los requerimientos de la Autoridad Marítima.

Siguiendo las instrucciones del inspector de la casa de pintura Hempel y bajo su supervisión, se realizaran los siguientes trabajos:

- Revisión del estado y análisis de soluciones.
- Desengrasado del casco.
- Parcheos.



- Imprimación de capas de pinturas.
- Material de pintura a usar según el ETR (Expediente Técnico de Revestimiento).
- Obtención del certificado oficial cumplimiento BOE-A-2023-61687, certificado internacional relativo al sistema antiincrustante.
- Certificado de homologación del sistema de revestimientos protectores de tanques de lastre que cumpla con OMI resolución MSC 215(82):2006.
- Certificado de homologación WRAS, del sistema de revestimientos protectores de tanques de agua potable según norma BS 6920-1:2000-2014 (norma británica para certificar un anclaje químico es apto para el consumo humano).

Los trabajadores estarán capacitados acorde al trabajo a realizar, en las distintas ramas profesionales y técnicas que se precisen.

Este pliego recoge la contratación de la empresa fabricante de pintura marina, para proveerse de la pintura necesaria del buque. Se respetara el mismo tipo de pintura designación y calidades, usadas en anteriores ocasiones, en respeto de los sistemas de pintura certificados. Se incluye el asesoramiento e inspección técnica por American Bureau Shipping (ABS) sociedad de clasificación a través de un supervisor de tratamientos de superficie de acuerdo con el Esquema FROSIO III/ NACE II en la totalidad del proceso de pintado y preparación de la superficie previa.

#### **4.3.1. CONTROL DE CALIDAD.**

El control de calidad comprenderá los siguientes aspectos:

- Control de las materias primas.
- Control de los equipos y/o materiales necesarios para la obra.
- Calidad de ejecución de las obras, en pinturas son la apariencia y espesor del sistema de pintura seco.
- Calidad de la obra terminada, resultados de los informes de inspección y de mediciones.



Todos los materiales y equipos deberán ser, como mínimo de la calidad y características exigidas en los documentos del proyecto.

Si se detectase algún material o unidad de obra que no cumple con los requisitos de calidad exigidos, se podrá exigir al contratista la demolición y posterior reconstrucción. Todos los costes derivados de estas tareas serán por cuenta del contratista.

#### **4.4. MEDIOS PERSONALES.**

Se indica en “PLANIFICACIÓN” las jornadas laborales y el número de personas destinadas a la realización del objeto del contrato. Todo personal se encontrara con EPIS, correctamente vestido e identificado. Se proveen las maquinarias y equipos precisos para la realización del trabajo así como el cumplimiento de las medidas de seguridad en higiene en el trabajo y la legislación vigente en temas medioambientales.

#### **4.5. MEDIOS AUXILIARES**

Serán por cuenta del astillero los medios y maquinarias auxiliares que son descritas para la ejecución de la obra. En el uso de los mismos, estará obligado a cumplir todos los Reglamentos de Seguridad e Higiene en el trabajo vigentes, y a utilizar los medios de protección adecuados para sus operarios.

En cualquier caso, todos los medios auxiliares quedarán en propiedad del astillero una vez finalizada la obra pero sin derecho de reclamación alguna por desperfectos a que en su caso haya dado lugar.

#### **4.6. OTRAS CONDICIONES.**

##### **4.6.1. CONTRATO.**

El contrato se formalizará mediante contrato privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos



los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, estas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto la empresa encargada de la obra como el propietario deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos en que se abonarán las obras realizadas. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

#### **4.6.2. FIANZA.**

En el contrato se establecerá la fianza que la empresa encargada de la obra deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra realizada.

De no estipularse la fianza en el contrato, se entiende que se adoptará como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

En el caso de que la empresa encargada de la obra se negase a realizar por su cuenta los trabajos por ultimar la obra en las condiciones contratadas o atender la garantía, la propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la propiedad si el importe de la fianza no bastase.

La fianza retenida se abonará a la empresa encargada de la obra en un plazo no superior a treinta días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.



#### 4.6.3. RESPONSABILIDADES.

La empresa encargada de la obra elegida será el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas del proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición de las partes mal ejecutadas y a su reconstrucción correcta, sin que sirva de excusa que el Inspector haya examinado y reconocido las obras. La empresa encargada de la obra es el único responsable de todas las contravenciones que se cometan (incluyendo su personal) durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas. También es responsable de los accidentes o daños que, por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados, se produzcan a la propiedad, a los vecinos o terceros en general.

La empresa encargada de la obra es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral respecto su personal y por lo tanto, de los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

#### 4.6.4. PENALIZACIONES POR RETRASOS.

Por retrasos en los plazos de entrega de las obra, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

Al encargarse el trabajo, se fijará por ambas partes, el programa con la fecha de inicio y de finalización. La empresa encargada de la obra pondrá los medios necesarios para ello, que deberán ser aceptados por la propiedad.

Solo se considerarán demoras excusables los retrasos o interrupciones imputables a causas de fuerza mayor, tales como huelgas generales, catástrofes naturales etc.

En el caso de que la empresa incurra en demoras no excusables, le serán aplicadas las siguientes sanciones:

- Por retraso en la incorporación del personal y otros medios necesarios para la finalización del trabajo: desde un 1% hasta un máximo de 5% por día de retraso.



- Por retraso en la finalización de los trabajos o retrasos en los trabajos intermedios que expresamente se indiquen: desde un 1% de la facturación de estos encargos con un tope de un 5% por cada día de retraso.

Estas cuantías podrán, ser cobradas a la finalización de las obras, bien ser descontadas de la liquidación final.

#### **4.6.5. RESPONSABILIDAD POR DAÑOS.**

La propiedad tiene concertada una póliza de responsabilidad civil por daños causados a terceros, en el que figura la empresa encargada de la obra como asegurado. Este seguro garantiza la responsabilidad civil de los daños causados accidentalmente a terceros con motivo de las obras.

En dicha póliza queda garantizada la responsabilidad civil que pueda serle exigida la empresa encargada de la obra por daños físicos y materiales causados a terceros por los empleados del mismo.

Queda no obstante excluida toda prestación que deba ser objeto del seguro obligatorio de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social, a los cuales, en ningún caso, esta póliza podrá sustituir o complementar.

Igualmente quedan excluidas las sanciones de cualquier tipo, tanto las multas, como los recargos en las indemnizaciones exigidas por la legislación laboral.

#### **4.6.6. RESCISIÓN DEL CONTRATO.**

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Quiebra de la empresa encargada de la obra.
- Modificación del Proyecto con una alteración de más de un 15% del mismo.
- Modificación de las unidades de obra sin autorización previa.
- Suspensión de las obras ya iniciadas.
- Incumplimiento de las condiciones del contrato cuando fue de mala fe.



- Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar esta.
- Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajo.
- Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin autorización del Propietario.

Siempre que se rescinda el contrato por las causas anteriormente expuestas, o bien por el acuerdo de ambas partes, se abonarán a la empresa encargada de la obra las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato, llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación, el periodo de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha.

## 5. MEDICIONES Y PRESUPUESTO.

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Granalla sacos acero G-80 HRC 47-56	kg	1000
Granalla sacos acero G-40 HRC min 61	kg	1000
Guantes chorrear EN-388	Par	4
Trajes granallado 56-XL	Ud	2
polainas talla única	Par	2
Mangueras pan blast 3/4, 50 feet	Ud	1
Protector cuero hombros pecho	Ud	2
Casco 3M EN397:2012+A1:2012	Ud	6
Banda casco repuesto higiene	Ud	6
3M pantalla 5F-11, EN-166:2001	Ud	6
Auriculares 3M EN-352:2020	Ud	6
Kit higiene Auriculares 3M HY54	Ud	6
Tapones oídos 3M, EN-352-2:2020	kit	10
Calzado S3S, 20345:2022	Ud	5
Buzo desechable 3M completo XL	Ud	50



Mascaras completa 3M serie 6000	Ud	4
Protección visera serie 6000 3M	kit	100
Aire respirable 3M S200+06972	kit	1
Manguera 3M aire respirable 30m	Ud	2
Manguera 3M aire respirable 7,5m	Ud	2
Mangueras GRACO 3/8, 15m 230bar	Ud	2
Rodillos (distintos tamaños 8)	Pack	10
Brochas (distintos tamaños 20)	Pack	8
Media mascara 3M serie 6200M	Ud	6
Filtros antipartículas A1P3 R	Ud	10
Filtros 3M A2B2E2K2P3 R	Ud	10
Chalecos reflectantes amarillo-flúor	Pack 4	7
Guantes obra cuero, EN 388:2016	Ud	10
Guantes desechable nitrilo XL	Pack 50	3
Guantes PVA 15-554, ANSELL	PAR	6
Baterías recargables 3M B22 110 Li-ion	Ud	2
Baterías recargables 3M B22 170 Li-ion	Ud	2
Cargador batería C6 22-230V	Ud	2
Lijas herramienta Orbital 150 mm	Pack 100	2
Lijas 40,60,80,120	Ud	100
Discos desbaste CSD 125mm	Ud	20
Cepilladora acero latón 125mm	Ud	10
Discos mil hojas	Ud	20
Discos desbaste 125 x 6 mm	Pack	10
Campana antipolvo DG-EX125/5"	Ud	4
<b>Hempthane Top coat</b>	L	68
limpieza/diluyente 08080	L	40
<b>Hempadur 15570</b>	L	30
diluyente 08450	L	20
limpiador 99610	L	60



<b>Hempadur Quattro</b>	L	240
<b>Hempasil Nexus Xtend</b>	L	50
limpieza/diluyente 08080	L	60
<b>Hempasil X3+</b>	L	100
<b>Hempadur 35560</b>	L	30

Tabla 38. Presupuesto materiales y cantidad. Fuente propia.

En la Tabla 38 se presentan los materiales y la cantidad requerida y en la Tabla 39 se indican las horas en relación a la mano de obra requerida por el proyecto.

MANO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDAD
Mano de obra no cualificada	h	496
Soldador	h	4
Inspector-Ingeniero	h	27
Enganchador (servicio grúas)	h	6
Carretillero (servicio grúas)	h	3

Tabla 39. Presupuesto mano de obra y cantidad. Fuente propia.

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD
Fregado con agua dulce a presión	m <sup>2</sup>	2775,1
Baldear-endulzar	m <sup>2</sup>	1176,87
Cepillado con maquina	m <sup>2</sup>	102,5768
Rascado de incrustaciones	m <sup>2</sup>	11,7647
Desengrasado	m <sup>2</sup>	1598,23
Chorro húmedo con granalla y cortina de agua	m <sup>2</sup>	381,3496
Parcheo con pistola < 200 m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	178
Parcheo con rodillo, brocha <200 m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	800,2
Pintado con pistola >200 m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	839,67
Antifouling de silicona (pistola)	m <sup>2</sup>	235
Pintado a rodillo >200 m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	

Tabla 40. Presupuesto actividad y cantidad. Fuente propia.

En la Tabla 40 se indican las actividades con la superficie estimada a actuar.



**CUADROS DE PRECIOS UNITARIOS**

MATERIALES	UNIDAD	PRECIO (€/Ud.)
Granalla sacos acero G-80 HRC 47-56	kg	1,62
Granalla sacos acero G-40 HRC min 61	kg	1,62
Guantes chorrear EN-388	Par	10
Trajes granallado 56-XL	Ud	218
polainas talla única	Par	20
Mangueras pan blast 3/4, 50 feet	Ud	296
Protector cuero hombros pecho	Ud	236,67
Casco 3M EN397:2012+A1:2012	Ud	65,21
Banda casco repuesto higiene	Ud	5,59
3M pantalla 5F-11, EN-166:2001	Ud	15,12
Auriculares 3M EN-352:2020	Ud	32,3
Kit higiene Auriculares 3M HY54	Ud	11
Tapones oídos 3M, EN-352-2:2020	kit	2,67
Calzado S3S, 20345:2022	Ud	57,56
Buzo desechable 3M completo XL	Ud	6,78
Mascaras completa 3M serie 6000	Ud	158,42
Protección visera serie 6000 3M	kit	26,43
Aire respirable 3M S200+06972	kit	658,08
Manguera 3M aire respirable 30m	Ud	395,96
Manguera 3M aire respirable 7,5m	Ud	238,57
Mangueras GRACO 3/8, 15m 230bar	Ud	250
Rodillos (distintos tamaños 8)	Pack	22,99
Brochas (distintos tamaños 20)	Pack	13,99
Media mascara 3M serie 6200M	Ud	23,82
Filtros antipartículas A1P3 R	Ud	15,97
Filtros 3M A2B2E2K2P3 R	Ud	47,71
Chalecos reflectantes amarillo-flúor	Pack 4	15,49



Guantes obra cuero, EN 388:2016	Ud	3,99
Guantes desecharable nitrilo XL	Pack 50	11,9
Guantes PVA 15-554, ANSELL	PAR	29,86
Baterías recargables 3M B22 110 Li-ion	Ud	276,72
Baterías recargables 3M B22 170 Li-ion	Ud	410,37
Cargador batería C6 22-230V	Ud	186,37
Lijas herramienta Orbital 150 mm	Pack 100	24
Lijas 40,60,80,120	Ud	1,3
Discos desbaste CSD 125mm	Ud	4,5
Cepilladora acero latón 125mm	Ud	11
Discos mil hojas	Ud	1,3
Discos desbaste 125 x 6 mm	Pack	2,4
Campana antipolvo DG-EX125/5"	Ud	95,15
<b>Hempathane Top coat</b>	L	19
limpieza/diluyente 08080	L	5,95
<b>Hempadur 15570</b>	L	11,05
diluyente 08450	L	6,5
limpiador 99610	L	5
<b>Hempadur Quattro</b>	L	12,1
<b>Hempasil Nexus Xtend</b>	L	77,6
limpieza/diluyente 08080	L	5,95
<b>Hempasil X3+</b>	L	102,5
<b>Hempadur 35560</b>	L	18,5

Tabla 41. Presupuesto materiales y precio. Fuente propia.

En la Tabla 41 los precios son por unidad y sin I.V.A.

MANO DE OBRA	UNIDAD	PRECIO (€/Ud.)
Mano de obra no cualificada	h	28,95
Soldador	h	39,9
Inspector-Ingeniero	h	70
Enganchador (servicio grúas)	h	40
Carretillo (servicio grúas)	h	40

Tabla 42. Presupuesto mano de obra y precio. Fuente propia.



No se indica en la Tabla 42 pero hay un incremento de un 20%, sobre el precio de la mano de obra correspondiente, para las horas extra.

ACTIVIDAD	UNIDAD	PRECIO (€/Ud.)
Fregado con agua dulce a presión	m <sup>2</sup>	1,35
Baldear-endulzar	m <sup>2</sup>	1
Cepillado con maquina	m <sup>2</sup>	1,45
Rascado de incrustaciones	m <sup>2</sup>	2
Desengrasado	m <sup>2</sup>	1,6
Chorro húmedo con granalla y cortina de agua	m <sup>2</sup>	25
Paracheo con pistola < 200 m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1,5
Paracheo con rodillo, brocha <200 m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1,7
Pintado con pistola >200 m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1,3
Antifouling de silicona (pistola)	m	2,4
Pintado a rodillo >200 m <sup>2</sup>	m	2

Tabla 43. Presupuesto actividad y precio. Fuente propia.

En la Tabla 43 tenemos los precios comerciales por unidad de superficie.

### UNIDADES DE OBRA

MATERIALES	PRECIO	CANTIDAD	PRECIO
Granalla sacos acero G-80 HRC 47-56	1,62	1000	1620
Granalla sacos acero G-40 HRC min 61	1,62	1000	1620
Guantes chorrear EN-388	10	4	40
Trajes granallado 56-XL	218	2	436
Polainas talla única	20	2	40
Mangueras pan blast 3/4, 50 feet	296	1	296
Protector cuero hombros pecho	236,67	2	473,34
Casco 3M EN397:2012+A1:2012	65,21	6	391,26
Banda casco repuesto higiene	5,59	6	33,54
3M pantalla 5F-11, EN-166:2001	15,12	6	90,72
Auriculares 3M EN-352:2020	32,3	6	193,8
Kit higiene Auriculares 3M HY54	11	6	66



Tapones oídos 3M, EN-352-2:2020	2,67	10	26,7
Calzado S3S, 20345:2022	57,56	5	287,8
Buzo desecharable 3M completo XL	6,78	50	339
Mascaras completa 3M serie 6000	158,42	4	633,68
Protección visera serie 6000 3M	26,43	2	52,86
Aire respirable 3M S200+06972	658,08	1	658,08
Manguera 3M aire respirable 30m	395,96	2	791,92
Manguera 3M aire respirable 7,5m	238,57	2	477,14
Mangueras GRACO 3/8, 15m 230bar	250	2	500
Rodillos (distintos tamaños 8)	22,99	10	229,9
Brochas (distintos tamaños 20)	13,99	8	111,92
Media mascara 3M serie 6200M	23,82	6	142,92
Filtros antipartículas A1P3 R	15,97	10	159,7
Filtros 3M A2B2E2K2P3 R	47,71	10	477,1
			0
Chalecos reflectantes amarillo-flúor	15,49	7	108,43
Guantes obra cuero, EN 388:2016	3,99	10	39,9
Guantes desecharable nitrilo XL	11,9	3	35,7
Guantes PVA 15-554, ANSELL	29,86	6	179,16
Baterías recargables 3M B22 110 Li-ion	276,72	2	553,44
Baterías recargables 3M B22 170 Li-ion	410,37	2	820,74
Cargador batería C6 22-230V	186,37	2	372,74
Lijas herramienta Orbital 150 mm	24	2	48
Lijas 40,60,80,120	1,3	100	130
Discos desbaste CSD 125mm	4,5	20	90
Cepilladora acero latón 125mm	11	10	110
Discos mil hojas	1,3	20	26
Discos desbaste 125 x 6 mm	2,4	10	24
Campana antipolvo DG-EX125/5"	95,15	4	380,6
Limpieza/diluyente 08080	5,95	40	287,98



Diluyente 08450	6,5	20	157,3
Limpiador 99610	5	60	363
Limpieza/diluyente 08080	5,95	60	431,97

<b>Suma costo Materiales</b>	14348,34
------------------------------	----------

Tabla 44. Presupuesto suma costos Materiales. Fuente propia.

En la Tabla 44 se desglosan los precios unitarios y el precio total de cada material descrito si como la suma total que son, la suma costos de materiales.

Los costos de las pinturas, de la unidad de obra de materiales, se han incluido en cada una de las unidades de obra correspondientes presentes en Tabla 45, 46, 47 y 48, esto se hace para resumir relaciones y clarificar los costos en cada unidad de obra.

<b>TANQUES</b>		<b>PRECIO (€/Ud.)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>Actividad</b>				
Fregado con agua dulce a presión	1,35		421,36	568,84
Baldear-endulzar	1,00			0,00
Cepillado con maquina	1,45		8,43	12,22
Rascado de incrustaciones	2,00			0,00
Desengrasado	1,60		421,36	674,18
Chorro húmedo acero G-40, Sa 2½, Rugosidad 63 µm	25,00		287,20	7180,00
Paracheo con pistola < 200 m2	1,50		533,20	799,80
Paracheo con rodillo	1,70		287,20	488,24
<b>Costo estimado pintura sin I.V.A.</b>				2975,00
<b>M.O.D no cualificada (horas)</b>	28,95		202,00	5847,90
<b>Inspector-Ingeniero (horas)</b>	70		15,50	1085,00
<b>Soldador (horas)</b>	39,9		4,00	159,60
<b>Incremento por horas extra</b>				37,16
<b>Suma costo Tanques</b>				19827,93

Tabla 45. Presupuesto suma costo Tanques. Fuente propia.



VARADA		PRECIO (€/Ud.)	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Actividad				
<b>M.O.D no cualificada (horas)</b>	28,95	46,00		1331,7
<b>Inspector-Ingeniero (horas)</b>	70	4,50		315
<b>Soldador (horas)</b>	39,9			
<b>Incrementos por horas extra (€)</b>				0,00
<b>Suma costo Varada</b>				1646,70

Tabla 46. Presupuesto suma costo Varada. Fuente propia.

COSTADOS		552,47		
Actividad		PRECIO (€/Ud.)	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Fregado con agua dulce a presión	1,35	1104,94		1491,67
Baldear-endulzar	1	552,47		552,47
Cepillado con maquina	1,45	44,20		64,09
Rascado de incrustaciones	2	5,52		11,05
Desengrasado	1,6	552,47		883,95
Granallado húmedo, acero G40, Sa 2½, rugosidad 63 micras	25	44,20		1104,94
Granallado húmedo, acero G80, Sa 1	25	552,47		13811,75
Parcheo con pistola < 200 m <sup>2</sup>	1,5	no aplica		no aplica
Parcheo con rodillo <200 m <sup>2</sup>	1,7	75,00		127,50
Pintado con pistola >200 m <sup>2</sup>	1,3	552,47		718,21
Antifouling de silicona (pistola)	2,4	no aplica		no aplica
Pintado a rodillo >200 m <sup>2</sup>	2	no aplica		no aplica
<b>Costo estimado pintura sin I.V.A.</b>				1534,00
<b>M.O.D no cualificada (horas)</b>	28,95	126,00		3647,7
<b>Inspector-Ingeniero (horas)</b>	70	3,00		210
<b>Soldador (horas)</b>	39,9			
<b>Incremento por horas extra</b>				
<b>Suma costo Costados (€)</b>				24157,33

Tabla 47. Presupuesto suma costos Costados. Fuente propia.



FONDOS < 10 %	624,4		
Actividad	PRECIO (€/Ud.)	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Fregado con agua dulce a presión	1,35	1248,80	1685,88
Baldear-endulzar	1	624,40	624,40
Cepillado con maquina	1,45	49,95	72,43
Rascado de incrustaciones	2	6,24	12,49
Desengrasado	1,6	624,40	999,04
Granallado húmedo, acero G40, Sa 2½, Ra: 63 µm	25	49,95	1248,80
Granallado húmedo, acero G80, Sa 1	25	no aplica	no aplica
Parcheo con pistola < 200 m <sup>2</sup>	1,5	178,00	267,00
Parcheo con rodillo <200 m <sup>2</sup>	1,7	192,00	326,40
Pintado con pistola >200 m <sup>2</sup>	1,3	no aplica	no aplica
Antifouling de silicona (pistola)	2,4	235,00	564,00
Pintado a rodillo >200 m <sup>2</sup>	2	no aplica	no aplica
<b>Costo estimado pintura sin I.V.A.</b>			14703,50
<b>M.O.D no cualificada (horas)</b>	28,95	122,00	3531,9
<b>Inspector-Ingeniero (horas)</b>	70	7,50	525
<b>Soldador (horas)</b>	39,9		
<b>Incrementos por horas extra (€)</b>			120,64
<b>Suma costo Fondos</b>			24681,48

Tabla 48. Presupuesto suma costo Fondos 10 %. Fuente propia.

En la Tabla 49 se presenta el desglose y el importe unitario así como el total de la suma de unidades de obra.



Ud.	UNIDADES DE OBRA	PRECIO (€/Ud.)	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
CONEXIÓN ENERGÍA				
Ud	ELÉCTRICA( conexión - desconexión cuadro eléctrico 50HZ-60HZ)	120	2	240
kWh	SUMINISTRO DE ENERGÍA (precio kWh en contador)	0,4	2000	800
h	ENGANCHADOR (servicio grúas)	40	6	240
h	CARRETILLERO (servicio grúas)	40	3	120
h	SERVICIO GRÚA (servicio grúa, hora normal)	95	6	570
ANDAMIOS Y TOLDOS DE				
Varada	PROTECCIÓN (Montaje y desmontaje)	3500	1	3500
Varada	ANDAMIOS Y TOLDOS DE PROTECCIÓN (Material)	2000	1	2000
APERTURA Y CIERRE				
Ud	TANQUE LASTRE O AGUA DULCE (incluido cambio de junta de goma)	170	5	850
Día	PLATAFORMA ELEVADORA (por día de uso)	100	1	100



	CONEXIÓN DE AIRE			
Ud	COMPRIMIDO (conexión /desconexión; repartidora de cuatro tomas para trabajos)	110	2	220
Día	SUMINISTRO DE AIRE COMPRIMIDO (por día)	50	10	500
	CONEXIÓN AGUA POTABLE			
Ud	(conexión /desconexión de una manguera agua dulce)	125	2	250
$m^3$	SUMINISTRO AGUA POTABLE (por tonelada)	4,2	21	88,2
	RETIRADA DE DESPERDICIOS			
h	AJENOS ( propio de trabajos ajenos al personal del astillero)	39	2	78
	PONER Y RETIRAR			
	CONTENEDOR DE RESIDUOS			
$m^3$	SÓLIDOS (5M <sup>3</sup> , con certificado Marpol retirada)	150	5	750
	RETIRADA DE ENVASES DE			
Varada	OBRA (retirada y eliminación a punto limpio o gestor autorizado)	2000	1	2000

<b>Suma Unidades de obra (€)</b>	12306,2
----------------------------------	---------

Tabla 49. Presupuesto suma costo Unidades de obra. Fuente propia.



La Tabla 50 representa la suma de las cantidades de todas las unidades de obra constituye el presupuesto de ejecución de materiales (P.E.M.).

	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>Suma costos Materiales</b>	14348,34
<b>Suma costos Tanques</b>	19827,93
<b>Suma costos Varada</b>	1646,70
<b>Suma costos Costados</b>	24157,33
<b>Suma costos Fondos</b>	24681,48
<b>Suma Unidades de obra</b>	12306,20

<b>Presupuesto de ejecución de materiales</b>	<b>96967,98</b>
---	-----------------

Tabla 50. Presupuesto de ejecución de materiales. Fuente propia.

El presupuesto de ejecución de materiales asciende a la cantidad de 94872 euros con 68 céntimos.

El Presupuesto de ejecución por contrata, además de incluir el presupuesto de ejecución de materiales (P.E.M.) incluye otros conceptos como son los gastos indirectos o generales de la empresa, el beneficio empresarial y los impuestos o tasas.

<b>P.E.M.</b>	96967,98
<b>13% de Gastos Generales</b>	12605,84
<b>6% de Beneficio Empresarial</b>	5818,08
<b>Base imponible</b>	115391,90
<b>21% I.V.A.</b>	24232,30

<b>Presupuesto de ejecución por contrata</b>	<b>139624,19</b>
--	------------------

Tabla 51. Presupuesto de ejecución por contrata. Fuente propia.

Con todo ello en cuenta según la Tabla 51 el “Presupuesto de ejecución por contrata” asciende a la cifra de 139624 euros con 19 céntimos.