



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Control de temperatura de forma no invasiva mediante el estudio
y cálculo termodinámico de las cajas de urgencia de buques de la
Armada española*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Cristina Martínez-Merello Graña

DIRECTORES: Guillermo David Rey González

Carlos Ulloa Sande

CURSO ACADÉMICO: 2015-2016

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Control de temperatura de forma no invasiva mediante el estudio
y cálculo termodinámico de las cajas de urgencia de buques de la
Armada española*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General / Infantería de Marina

Universida_deVigo

RESUMEN

A lo largo de éste Trabajo Fin de Grado (TFG) se ha pretendido investigar y analizar un problema que afecta gravemente a la munición empleada en los buques de la Armada española. El sobrecalentamiento de las cajas que la encierran, puede provocar un mal funcionamiento, un fallo o acortar su vida útil. Estas ubicaciones son empleadas en casi toda la totalidad de las misiones llevadas a cabo por estos buques.

En primer lugar, se ha hecho un estudio exhaustivo del problema, analizando las medidas implantadas, provisionales o no; así como las medidas futuras. También se ha investigado en la implantación de nuevas medidas no contempladas.

En segundo lugar, se ha realizado una simulación de las medidas propuestas, comparándolas con las ya existentes. Llegando finalmente a unas conclusiones, y con ellas, la propuesta de nuevos métodos.

PALABRAS CLAVE

Cajas de urgencia, munición, chaff, transmisión de calor, aislante

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer el trabajo y entrega de los tutores, Guillermo Rey y Carlos Ulloa; sin ellos no habría sido posible sacarlo adelante. Han resultado muchas horas de reuniones y de llamadas a diversos contactos para la obtención de resultados. También me gustaría hacerlo extensible al resto de profesorado del Centro Universitario de la Defensa (CUD), por su ayuda.

Me gustaría continuar el agradecimiento a la ICO de Ferrol; en especial al Teniente de Navío D. Pedro Jesús Carrasco Pena, al Subteniente D. Antonio Santiago Vázquez Cora, al Sargento Primero D. Manuel Grimaldi Bernal y al Sargento Primero D. Francisco Montero Castro. Gracias a ellos se consiguieron asentar los cimientos de éste trabajo, con información que no provenía del boca a boca, sino de fuentes fiables.

No quiero olvidarme de agradecerle al Ramo de Armas de Ferrol, la información facilitada; en concreto al Sargento Primero D. Isidoro Donoso Del Moral. Toda la información que me facilitó ha sido esencial para el desarrollo de éste estudio.

Un especial agradecimiento al Capitán de Corbeta D. Rafael Ocejo Arías, quien a pesar de la distancia siempre ha sabido encontrar un momento para orientar este proyecto de acorde con los reglamentos, necesidades y posibilidades de la Armada.

Hacer extensible este agradecimiento al resto de profesorado militar de la Escuela Naval Militar; por hacerme accesible la información necesaria y ponerme en contacto con el personal experto en esta materia.

Me gustaría mencionar al Cabo Primero Jesús Campaña Pérez; él fue el que me impulsó a realizar este proyecto y el que desde un principio me animó a llevarlo a cabo.

Como último agradecimiento, no quisiera olvidarme de mis padres. Gracias por todo el apoyo proporcionado a lo largo de estos años, y en especial durante estos últimos meses de duro trabajo.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Ecuaciones	6
Índice de Tablas.....	7
Índice de Gráficas.....	8
Glosario	9
1 Introducción y objetivos	12
2 Estado del arte	13
2.1 Introducción	13
2.2 Descripción	13
2.2.1 Descripción de la caja	13
2.2.2 Contenido interno	20
2.2.3 Requerimientos	26
2.3 Problemas.....	28
2.3.1 Factores que lo causan	28
2.3.2 Soluciones actuales	32
2.3.3 Unidades afectadas	33
2.3.4 Desarrollos futuros.....	50
2.4 Afecciones.....	52
3 Desarrollo del tfg.....	54
3.1 Descripción de las posibles soluciones	54
3.1.1 Disminución de la temperatura	54
3.1.2 Tratamientos anticorrosivos.....	61
3.1.3 Barreras contra el fuego	63
3.2 Comparación de las posibles soluciones	64
3.2.1 Disminución de la temperatura	64
3.2.2 Tratamientos anticorrosivos.....	65
3.2.3 Barreras contra el fuego	65
4 Simulación.....	69
4.1 Simulador	69
4.2 Descripción de la simulación	70
5 Resultados / Validación / Prueba.....	76

5.1 Resultados obtenidos en TRNSYS	76
5.1.1 Mogadiscio	76
5.1.2 Alerta	82
5.2 Resultados obtenidos en Excel.....	88
5.2.1 Mogadiscio	89
5.2.2 Alert	90
6 Conclusiones y líneas futuras	91
6.1 Conclusiones	91
6.2 Líneas futuras	92
7 Bibliografía.....	93
Anexo I: Sustancias Explosivas	95
Anexo II: Planos de los B.A.M.	96
Anexo III: Tabla Euroclases.....	106
Anexo V: Hoja de cálculos.....	107
Anexo VI: Cuerpos negro.....	108
Anexo VII: Gráfica densidad.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Armario Mk5 Mod.1 [2]	14
Figura 2.2 Caja de Urgencia.....	15
Figura 2.3 Caja de Urgencia.....	15
Figura 2.4 Cierre de Manivela.....	16
Figura 2.5 Cierre de trinca.....	17
Figura 2.6 Caja de urgencia de F-102	18
Figura 2.7 Caja de urgencia (Browning)	18
Figura 2.8 Caja de urgencia (Oerlikon).....	19
Figura 2.9 Rotulación de las cajas.....	20
Figura 2.10 Buque lanzando chaff [5].....	22
Figura 2.11 Situación de lanzamiento Chaff B [5].....	23
Figura 2.12 Chaff B en un radar [5]	23
Figura 2.13 Situación de lanzamiento Chaff C [5].....	24
Figura 2.14 Chaff C en un radar [5]	24
Figura 2.15 Situación de lanzamiento Chaff D [5].....	24
Figura 2.16 Chaff D en un radar [5].....	25
Figura 2.17 Situación de lanzamiento Chaff S [5]	25
Figura 2.18 Chaff S en un radar [5].....	25
Figura 2.19 Radiación incidente [6]	31
Figura 2.20 Buques de la Armada española [7]	34
Figura 2.21 Tipos de munición [7].....	34
Figura 2.22 L.H.D. Juan Carlos I [7].....	35
Figura 2.23 Buques Anfibios [7].....	36
Figura 2.24 Buques Logísticos [7]	36
Figura 2.25 Fragatas Clase "Santa María" [7].....	37
Figura 2.26 Fragatas Clase "Álvaro de Bazán" [7]	38
Figura 2.27 Cazaminas (M.C.M.) [7].....	39
Figura 2.28 Tipos de patrulleros [7].....	39
Figura 2.29 Buques de Acción Marítima (B.A.M.) [7].....	40
Figura 2.30 Patrulleros Clase "Anaga" [7]	42
Figura 2.31 Patrulleros Clase "Toralla" [7].....	42
Figura 2.32 Patrulleros Clase "Chilreu" [7]	43
Figura 2.33 Patrulleros Vigilancia costera [7].....	43

Figura 2.34 Cabo Fradera [7]	44
Figura 2.35 Buques de transporte ligero [7].....	45
Figura 2.36 Buques Auxiliares [7]	45
Figura 2.37 Buque Alerta [7]	46
Figura 2.38 Remolcadores [7].....	46
Figura 2.39 Buque Mar Caribe [7]	47
Figura 2.40 Buque Neptuno [7].....	47
Figura 2.41 Buques de Investigación Oceanográfica [7]	48
Figura 2.42 Buques Hidrográficos Clase "Malaespina" [7]	49
Figura 2.43 Buque Escuela Juan Sebastián Elcano	49
Figura 2.44 Plano cubierta del B.A.M. [8].....	50
Figura 2.45 Plano pañol de munición chaff [8].....	51
Figura 2.46 Bandeja de chaff [8].....	52
Figura 3.1 Lana de roca	55
Figura 3.2 Instalación lana de vidrio [11]	56
Figura 3.3 Tuberías recubiertas en espuma elastomérica [12]	56
Figura 3.4 Aerogel calentado [14].....	58
Figura 3.5 Composición Super Therm [15].....	59
Figura 3.6 Intercambiador de calor [6].....	60
Figura 3.7 Pieza envuelta en Envirolepeel [16]	61
Figura 3.8 Eje envuelto en Envirolepeel [16].....	62
Figura 4.1 Google Sketchup	70
Figura 4.2 Simulation Studio.....	71
Figura 4.3 TRNBuild.....	71
Figura 4.4 Mapa Meteonorm.....	72
Figura 4.5 TMY2.....	73
Figura 4.6 Guardar archivo	73
Figura 4.7 Guardar datos	74
Figura 4.8 Simulación general.....	74
Figura 4.9 Parte específica de la simulación	75
Figura 5.1 Comparación general con aire como aislante	76
Figura 5.2 Comparación específica con aire como aislante	77
Figura 5.3 Comparación general con lana de vidrio como aislante	77
Figura 5.4 Comparación específica con lana de vidrio como aislante	78
Figura 5.5 Comparación general con aerogel como aislante.....	78
Figura 5.6 Comparación específica con aerogel como aislante	79

Figura 5.7 Comparación general con Super Therm como aislante	79
Figura 5.8 Comparación específica con Super Therm como aislante	80
Figura 5.9 Comparación general con Super Therm y Lana de vidrio como aislante	80
Figura 5.10 Comparación específica con Super Therm y lana de vidrio como aislante	81
Figura 5.11 Comparación general con Super Therm y aerogel como aislante.....	81
Figura 5.12 Comparación específica con Super Therm y aerogel como aislante	82
Figura 5.13 Comparación general con aire como aislante	82
Figura 5.14 Comparación específica con aire como aislante	83
Figura 5.15 Comparación general con lana de vidrio como aislante	83
Figura 5.16 Comparación específica con lana de vidrio como aislante	84
Figura 5.17 Comparación general con aerogel como aislante.....	84
Figura 5.18 Comparación específica con aerogel como aislante	85
Figura 5.19 Comparación general con Super Therm como aislante	85
Figura 5.20 Comparación específica con Super Therm como aislante	86
Figura 5.21 Comparación general con Super Therm y Lana de vidrio como aislante	86
Figura 5.22 Comparación específica con Super Therm y lana de vidrio como aislante	87
Figura 5.23 Comparación general con Super Therm y aerogel como aislante.....	87
Figura 5.24 Comparación específica con Super Therm y aerogel como aislante	88
Figura 6.1 Cambio a la disposición de las cajas de urgencia	92

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-1 Emisividad.....	29
Ecuación 2-2 Absortividad.....	30
Ecuación 2-3 Reflectividad.....	30
Ecuación 2-4 Transmitividad.....	30
Ecuación 2-5 Energía total.....	31
Ecuación 2-6 Transmisión de calor por conductividad.....	31
Ecuación 0-1 Ley de los gases ideales.....	110
Ecuación 0-2 Densidad.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Rangos emisividad [6]	29
Tabla 3-1 Tabla comparativa.....	68
Tabla 5-1 Comparativa de temperaturas en zonas cálidas	89
Tabla 5-2 Comparativa de temperaturas en zonas frías.....	90
Tabla 0-1 Tabla euroclases.....	106

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráficas 3-1 15 años de vida	59
Gráficas 5-1 Comparación entre aislantes	89
Gráficas 5-2 Comparación entre aislantes	90
Gráficas 0-1 Emisividad de un cuerpo negro según la longitud de onda	108
Gráficas 0-1 Densidad del aire	110

GLOSARIO

Todas las definiciones adjuntas en este glosario, son las aportadas por la Armada a través del Reglamento [1] y por el diccionario de la Real Academia Española de la lengua.

Carga simultánea: Se designa así a la carga de proyección que va unida al proyectil de artillería en el momento de su carga en el cañón.

Compatibilidad de almacenamiento: Es la posibilidad de almacenar diversas municiones en un mismo polvorín o pañol, sin que ello implique aumento considerable del peligro intrínseco que ya poseen.

Contenedor: Es el envase estanco empleado para almacenar municiones como torpedos, misiles, cohetes, etc.

Chilleras: Son los huecos utilizados para estibar la munición de modo que no se mueva.

Deflagración: Es el modo normal de descomposición de los propulsores. Se trata de una combustión muy rápida, en la que la zona de reacción se propaga en el medio por conductividad térmica. La velocidad –del orden de centímetros por segundo– aumenta con la presión y temperatura.

Desmilitarización: Es el conjunto de acciones, realizadas por organismos y empresas autorizadas, encaminadas a destruir, de forma controlada, de acuerdo con la normativa en vigor, la munición clasificada para desmilitarizar (DM) y la pólvora inútil (IN).

Desplazamiento: volumen y peso del agua que desaloja un buque, igual al espacio que ocupa en el agua su casco hasta la línea de flotación.

Detonación: Es el modo normal de descomposición de los explosivos. La descomposición se transmite mediante una onda de choque a una velocidad muy alta, del orden de kilómetros por segundo.

Edad de la munición y sus componentes: Es el tiempo transcurrido desde la fecha de fabricación.

Empaque: Es el embalaje que contiene o protege un número variable de envases, según la munición. En empaque puede ser externo, intermedio o interno.

Enganchar: Atrapar algo o alguien que se mueve, huye u opone resistencia. (En ambientes militares se refiere a atrapar un objeto que posee una huella radárica)

Envase: Es el embalaje que contiene y protege, directamente, la munición o alguno de sus elementos. Envase, contenedor y empaque interno son términos sinónimos.

Escenario: Lugar donde ocurre o se desarrolla un suceso. (En ambiente militar se refiere a donde tiene lugar la situación bélica)

Estabilidad: Es el grado de permanencia, en los niveles adecuados, de las características mecánicas, balísticas y químicas de las pólvoras, explosivos y municiones.

Estibar: distribuir convenientemente en un buque los pesos.

Fecha fin de la vida de servicio (FFVS): Es una fecha variable que indica el final de la vida de servicio de una munición. Se calcula sumando a la fecha de fabricación la vida probable inicial y las prórrogas contadas a partir de la realización de las pruebas de vigilancia.

Forro: Es el material aislante que recubre los mamparos de un pañol.

Grupo de riesgo: Es una forma de clasificar a la munición en función de su comportamiento en caso de accidente.

Herramientas de seguridad: Son aquellas herramientas construidas con materiales no férricos, como el bronce, que no producen chispas y que se emplean en los trabajos relacionados con la munición, como la apertura y cierre de envases.

Huella: rastro, señal, vestigio que deja alguien o algo. (En lo referente a la milicia, es la señal que deja un objeto en el radar)

Jarra: Es el envase metálico estanco que sirve para almacenar munición de artillería.

Munición de armas ligeras: Es la munición de armas portátiles de fusiles, pistolas y ametralladoras de calibre inferior a 20mm.

Munición de baja vulnerabilidad: Es aquella munición cargada con sustancias explosivas poco sensibles. También recibe la denominación LOVA (Low Vulnerability Ammunition), IM (Insensitive Munition) o MURAT (Munición de Riesgo Atenuado)

Munición engarzada: Es aquella munición que tiene el proyectil engolletado a la vaina.

Pañoles de urgencias: Son los pañoles situados cerca del arma y que contienen una pequeña cantidad de munición para poder utilizarla en condiciones de emergencia

Prórroga: Es el nuevo tiempo de vida asignado a las municiones después de someterlas a unas pruebas de vigilancia como consecuencia de haber alcanzado el final de su vida probable.

Pruebas de vigilancia de munición: Son aquellas pruebas a las que se somete a la munición para determinar su estabilidad mecánica, química y balística. Se realizan cuando la munición alcanza el final de su vida probable/vida de servicio.

Prueba de vigilancia de la pólvora: Es el nombre técnico que recibe la prueba de hornos a 65.5°C a la que se somete a la pólvora durante los reconocimientos, para determinar su estabilidad química.

Pruebas balísticas: Son las pruebas realizadas en un Polígono de Experiencias para comprobar las condiciones balísticas de la munición.

Reconocimiento ordinario: Es el reconocimiento físico periódico que se efectúa a las municiones y a sus envases, y el reconocimiento químico periódico, que se efectúa a las pólvoras.

Reconocimiento extraordinario: Es el reconocimiento físico o químico que se efectúa a la munición o sus componentes ante alguna anomalía observada en un reconocimiento ordinario, en su almacenamiento o en su funcionamiento.

Recuperación de la munición: Es el acondicionamiento y alistamiento de municiones con elementos sobrantes de otros lotes.

Régimen de descomposición: Es la forma en la que se produce la combustión en las pólvoras y explosivos. Se distinguen dos tipos: la deflagración y la detonación.

Sección Equivalente Radar (SER): se define como el coeficiente entre la densidad de potencia incidente (W/m^2) sobre el blanco y la potencia reirradiada por éste de vuelta al radar.

Sensibilidad: Es la característica que permite medir la influencia de agentes externos a las pólvoras y explosivos. Por ejemplo, la pólvora negra es muy sensible a la llama.

Símbolo de intercambiabilidad: La munición que lleva esta marca se ajusta a las características y dimensiones OTAN, siendo intercambiable con la munición de otros países que lleven dicho símbolo.

UCO: Unidad, Centro u Organismo.

Vaina: Es la envuelta que contiene la carga de proyección y el estopín, en la munición de artillería. Suele ser de latón, acero, aleación de aluminio, plástico o cartón. También existen vainas combustibles, generalmente de nitrocelulosa, que forman parte de la carga de proyección.

Vida probable de la munición y sus componentes: Es el tiempo de vida asignado por el fabricante a las municiones y a sus componentes, rebasado el cual su estabilidad y fiabilidad disminuyen. Transcurrido este tiempo la munición se debe someter a las pruebas de vigilancia.

Vida de servicio: Es el tiempo durante el cual la munición conserva sus características funcionales y de seguridad que permiten utilizarla con garantías.

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Mediante la realización de este estudio se pretende hallar una posible solución a la excesiva temperatura existente en las cajas de urgencia. También se pretende encontrar la manera de instalar dichos sistemas; afectando lo menos posible al presupuesto, y, sobre todo, a las capacidades operativas de la Armada.

En la actualidad, dichas cajas cuentan con aire, empleado a modo de aislante térmico. Debido a las condiciones climáticas extremas por las que puede llegar a pasar un buque de la Armada, con el paso del tiempo se ha comprobado que no es suficiente. Esto supone un problema, pues afecta al material almacenado en su interior de manera prolongada; acortando la vida del mismo; y llegando incluso a inutilizarlo.

Además, supone un riesgo de seguridad para el personal que manipula estos objetos y para la dotación del buque, ya que un calor excesivo o prolongado podría activar su contenido.

En esencia, el objetivo principal de este proyecto, es el de mejorar las instalaciones actuales, para proporcionar mayor seguridad y un menor gasto en renovar la munición.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Introducción

A lo largo de este proyecto se estudiarán las diferentes características del lugar empleado para almacenar material detonante.

Según El Manual de las Fuerzas Armadas (FAS) [1], considera un depósito de munición:

“Almacén de municiones y/o explosivos que reúne las condiciones de seguridad especificadas en el mismo manual.”

Por su parte la Armada siempre ha denominado estos depósitos como polvorines y pañoles de munición.

Dentro de los pañoles de munición se encuentran tres diferentes tipos: pañoles principales, pañoles de urgencia y cajas de urgencia. Este proyecto se centrará en las últimas.

Estas cajas permanecen vacías salvo que se contemple un tiro, o que el alistamiento del barco así lo contemple. En ellas, junto a la munición, existirá un termómetro de máxima y mínima temperatura. La lectura del mismo se efectuará de manera diaria, anotando los resultados en un libro de registro.

Esta caja se encuentra en el exterior, expuesta a las inclemencias climatológicas. La estanqueidad mencionada anteriormente pretende aislarla de las mismas. Los problemas que puede causar la naturaleza, se tratan de solventar mediante aire estancado.

2.2 Descripción

2.2.1 Descripción de la caja

El objeto de estudio es un paralelepípedo estanco con la cara superior actuando de tapa. Es estanco debido a que en su interior guarda diferentes artificios pirotécnicos, empleados en las situaciones de emergencia de un buque. Se pretende emplear como herramienta de seguridad.

Las dimensiones de las cajas varían, en función del material que contengan en su interior y del buque en el que estén situados. Sin embargo, la estructura a analizar a lo largo de este proyecto es la misma. Las únicas variantes existentes se encuentran su acceso.

Existen diferencias en las cajas a lo largo de los años. Por ejemplo, las cajas del Chaff empleadas en las fragatas clase “Santa María” (F-80) son del tipo Mk 5 Mod. 1 y 2 [2] (ver Figura 2.1 Armario Mk5 Mod.1); en las fragatas clase “Álvaro de Bazán” (F-100) son del tipo Mk 5 Mod. 5. Las mejoras realizadas a cada modelo, van desde el cambio de la forma y tamaño de las láminas hasta el cambio de los cierres pasando por la compartimentación del interior.

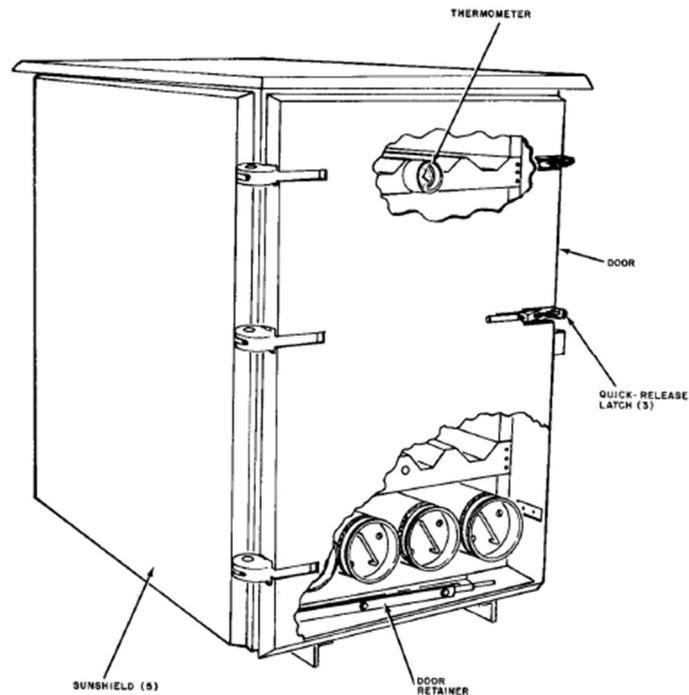


Figura 2.1 Armario Mk5 Mod.1 [2]

Nos encontramos con un poliedro de seis caras de aluminio, situado en el exterior de un buque que ha de estar cerca del servicio que van a dar. En su mayoría, se encuentran sobre cubierta.

La caja incluye parasoles de aluminio, como muestra la Figura 2.2 Caja de Urgencia, en todas las caras expuestas a la radiación solar. Actúan como aislante térmico, para evitar la incidencia directa de los rayos del sol en la caja. Normalmente, las láminas se encuentran pintadas de blanco para reducir la radiación absorbida. Con el tiempo se ha ido reduciendo el número de caras pintadas de éste color; quedando la superior como la única de color blanco, pues es la que mayor exposición tiene. Estas modificaciones se deben a la huella radar creada por las caras blancas, así como a las quejas de los pilotos que quedaban deslumbrados por estas durante los vuelos nocturnos. El número de caras con placas varía según la protección aportada por otros elementos de cubierta. Con esto se hace referencia a la sombra aportada por dichos elementos.



Figura 2.2 Caja de Urgencia

Estas láminas están separadas unos 30 mm del prisma principal. Se sujetan a la caja a través de la unión de unos separadores solidarios a ésta, unidos por tornillos (ver Figura 2.3 Caja de Urgencia). A estas piezas se les denomina tacos distanciadores. Se encuentran fijados directamente a la caja por puntos de soldadura. Para no perjudicar la integridad de la caja, y por tanto, modificar su estanqueidad, se practican unos orificios no pasantes a los tacos. De esta forma, se atornillan las placas a los tacos sin atravesarlos. Son estas las únicas zonas de contacto entre placa y caja de forma indirecta.



Figura 2.3 Caja de Urgencia

Las placas carecen de vértices puntiagudos, para evitar accidentes. Las esquinas han sido redondeadas. Todas las aristas han sido inclinadas, quedando una caída a un agua. Con éste procedimiento se hace disminuir la probabilidad de accidente por corte debido al filo de las placas.

El cierre de la caja depende de la orientación de la apertura de la misma. Si la orientación es vertical, el cierre será una tapa; en el caso de ser horizontal, el cierre será una puerta. Es el cierre el que realmente compromete la estanqueidad de toda la caja. Lo evita gracias a una junta de goma. Al cerrarla, la goma impide la entrada de aire y cualquier otro elemento, dentro de la caja. El interior queda aislado de la humedad.

En el caso de las tapas, existen dos asas que facilitan la apertura de la caja.

Sin embargo, la complicación en el caso de las puertas, no es su apertura sino mantenerlas en esa posición. Por ello en su interior cuenta con una barra que puede bloquear el cierre accidental. A este elemento se le denomina retención de la puerta. Lo habitual es emplear este tipo de cierre en cajas de un tamaño considerable; que encierran munición con un manejo complicado. Es por esto que un cierre espontáneo podría producir grandes retrasos en el movimiento de la munición; o lo que es peor, un accidente de graves consecuencias.

Las cajas que poseen puerta, presentan un saliente, soldado, a modo de brazola para asegurar la estanqueidad.

Todos los elementos de cierre serán desprendibles, de modo manual o automático. Esto aporta mayor seguridad en caso de producirse fuego, tanto en el exterior como en el interior.

La unión del cierre a la caja, se realiza mediante unos dispositivos de sellado. Estos se pueden agrupar en dos formas. Los que la unión se realiza a través de todas sus aristas, o a través de dos de ellas. En ambos casos una de las aristas queda adherida a través de una unión fija articulable (bisagras); mientras que la otra unión, es una unión libre (cierre con palometa o trinca-Figura 2.3 Caja de Urgencia-, manivela o trincado de cierre-Figura 2.4 Cierre de Manivela-).



Figura 2.4 Cierre de Manivela

El cierre con palometa o trinca se divide en tres partes: un perno de sujeción, la tuerca de palometa, y la chapa de fijación. Uno de los extremos del perno está roscado para poder pasar la tuerca de palometa. El otro, posee forma de bulbo con un agujero pasante. A través de este último pasa un

segundo perno, que uniría el primero con la zona de sujeción en la caja, quedando este extremo a modo de bisagra como se aprecia en la Figura 2.5 Cierre de trinca.



Figura 2.5 Cierre de trinca

Se pueden llegar a encontrar cierres con palometa en el mismo lado que las bisagras. Normalmente existe una entre medias de las bisagras. En aquellas que la longitud de ese costado sea considerable, se añadirán dos más en los extremos.

Al igual que con los cierres anteriores el trincado de cierre se emplea para asegurar la estanqueidad del paralelepípedo. Este tipo de cierre se emplea en el Mk 5 Mod. 5 debido a su mayor facilidad y rapidez de apertura y cierre en caso de emergencia. Como se muestra en la Figura 2.6 Caja de urgencia de F-102.



Figura 2.6 Caja de urgencia de F-102

Por seguridad la caja se cierra con dispositivo anti robo como puede ser un candado (Figura 2.7 Caja de urgencia (Browning)). Para permitir esto, tanto el cierre como la caja poseen unas placas soldadas. Estas placas se encuentran a alturas similares. Ambas poseen un agujero pasante estando alineados y que permite el paso del candado.



Figura 2.7 Caja de urgencia (Browning)

En el interior de algunas, existen chilleras para estibar correctamente la munición. Estos huecos poseen el tamaño de la vaina. Está formado por dos elementos básicos: una placa frontal agujereada y una guía. Los huecos para colocar las municiones, se encuentran en la placa frontal. Las guías actúan de cunas, en ellas reposa la munición. Poseen forma de medio tubo. De este modo se impide el movimiento de los cartuchos. Normalmente este tipo de estiba se realiza con municiones de mayor calibre dentro de las clasificadas como de pequeño calibre. Este almacenamiento cuenta con unas

barras situadas delante de la placa frontal. Impiden que la munición se salga de la chillera, evitando golpes que tendrían como resultado la detonación del artefacto o fisuras en su envoltura. Estos tubos se apoyan en unos soportes en los costados interiores de la caja. Para evitar que se salgan de su emplazamiento cuentan con un perno que atraviesa el soporte y los fija. El perno se encuentra unido al soporte mediante una cadena.

Con esta disposición interior se consigue que la munición permanezca estibada y trincada; como la que se muestra en Figura 2.8 Caja de urgencia (Oerlikon).



Figura 2.8 Caja de urgencia (Oerlikon)

También se pueden encontrar divisiones modulares. Se efectúan a través de paneles que se cortan unos a otros de manera perpendicular. En estos casos la munición queda encasillada en diferentes cuadros.

En algunas cajas de urgencia existen bandejas a modo de estiba, donde se deposita la munición. Habitualmente se emplean con bengalas, ya que no sufren tanto peligro frente a golpes.

Entre algunas de ellas se pueden observar dos aperturas al exterior. Una se emplea para la unión de una manguera contra incendios en caso de ser necesario inundar la caja. Otra, que imita a un cuello de cisne, y se emplea para que rebose el agua inyectada con la manguera contra incendios.

A lo largo de toda la caja no se encontrará ningún elemento aislante, más que el aire entre placas y las capas de pintura que evitan la absorción de calor.

En su exterior se pueden observar marcas de advertencia y precauciones de seguridad (Figura 2.9 Rotulación de las cajas):

“Peligro de explosión”, “Prohibido fumar”, etc.

Así como de qué se trata y lo que aloja en su interior:

“Caja de Urgencia”, “BROWNING 12,7mm”, “20mm”, etc.



Figura 2.9 Rotulación de las cajas

Estas advertencias se encuentran sobre una capa de pintura color gris naval. Según el reglamento de pinturas de la Armada, todo objeto situado en exterior llevará dos capas de esta pintura. Las cajas de la fragata “Juan de Borbón” (F-102), llevarán a parte una capa inicial de Rust Grip, otra de Super Therm y por último una de Enano Grip; tres productos que se explicarán con mayor detalle en el apartado 3.1. Este método está siendo evaluado; dependiendo de sus resultados se extenderá o no al resto de cajas de munición.

Dado que los elementos que encierran estas cajas pueden ser accionados con un campo electromagnético; existe una conexión a tierra que lo evita. Ésta puede ser a través de un cable o de las propias patas de la caja, porque la cubierta entera se encuentra conectada a masa.

2.2.2 Contenido interno

El material que encierra está dividido en diferentes grupos de riesgo. Todos ellos están compuestos por sustancias explosivas, ver Anexo I: Sustancias Explosivas. Los diferentes apartados en los que se subdivide este punto están referenciados en un Reglamento de Pólvoras de la Armada (RPE) [3].

A efectos prácticos, todas se considerarán munición.

2.2.2.1 Artificios pirotécnicos

Este tipo de pólvoras componen un grupo muy extenso dentro de la Armada. Comprenden una gran diversidad de elementos con diferentes fines. En su mayoría no son utilizados para tener un gran poder ofensivo. Se incluyen aquellos que causan una simple combustión (bengalas) hasta una detonación (granadas)

Estos elementos se caracterizan por tener cortas vidas, no prolongables. Su principal enemigo es la humedad; por ello, necesitan un correcto almacenamiento. Además, este ha de realizarse de manera independiente con respecto a los artefactos explosivos, para evitar que la munición se inflame de manera espontánea.

Su clasificación inicial se basa en la función a desempeñar: fumígenos, de señalización, iluminante, lacrimógenos, infrarrojo, sonoro y aturdidor. A su vez las sustancias pirotécnicas, también pueden ir añadidas en diferentes artefactos: proyectiles, granadas, candelas, botes de humo, antorchas, boyas, etc.

2.2.2.2 Municiones de pequeño calibre

Para entender la clasificación que la Armada efectúa de estas sustancias explosivas, es necesario partir de la idea principal: la munición.

La definición que se da en el RPE, es la siguiente:

“Es todo artefacto o ingenio que contiene elementos explosivos, pólvoras, agentes químicos, biológicos, pirotécnicos, eléctricos, mecánicos o partes de ellos, proyectado para producir daño y desperfectos mediante la combustión, deflagración o detonación de algún elemento químico. También se consideran municiones las señales luminosas, acústicas o fumígenas.”

Por lo tanto, son municiones los disparos completos de artillería, cohetes, misiles, torpedos, morteros, bombas, granadas de mano, petardos, cargas de demolición, etc.; y también los artificios como granadas fumígenas, bengalas, botes de humo, etc.”

Atendiendo a las características que presenta la munición, se puede subdividir en: munición de guerra o de combate, y munición de ejercicio. Este proyecto se centrará en la primera, ya que será la almacenada dentro de las Cajas de Urgencia.

“La munición de guerra es aquella que, con gran capacidad destructiva, cuenta con los medios apropiados de propulsión o guiado para su empleo en combate.”

En caso de ser empleado este tipo de munición en adiestramiento, se hablará de “munición para ejercicios”. Puede ser debido a que no exista munición de ejercicio o porque esté así programado.

Los componentes de la munición pueden ser: inertes, explosivos o combustibles. Los estudiados en esta sección son los combustibles. Se pueden encontrar en las mezclas pirotécnicas de las bengalas, o en los botes de humo.

Ya acercándose más a fondo dentro de la munición, se encuentra la munición de armas de fuego:

“Está formada por la agrupación de varios componentes cuyo conjunto forma la unidad lista para ser disparada, que se llama en artillería disparo completo.”

En el caso de la munición de artillería hay que distinguir dos clases de disparos completos según el sistema de carga que se emplea: el de carga separada y el de carga simultánea.”

Estas dos clases de disparos se encuentran asociadas a los calibres de los cañones [4]:

- Munición de armas ligeras: hasta 12,7mm (0,5”).
- Munición de pequeño calibre: desde 20mm hasta 40mm (3”).
- Munición de mediano calibre: desde 75mm hasta 155mm (6”).
- Munición de grueso calibre: a partir de 203mm (8”).

A mayor calibre empleado, mayor es el peso del disparo completo. De ser este peso excesivo, dificultaría en gran medida su manejo; por ello la munición de grueso calibre es de carga separada. Esta munición es almacenada en pañoles, separando cada elemento.

Las cajas de urgencia encierran munición de armas ligeras y de pequeño calibre. Se trata de carga simultánea, es decir, sus componentes se encuentran ensamblados en un sólo componente. El casquillo (en cuyo interior se halla la carga de proyección), el estopín (situado en el culote) y el proyectil (en la boca de la vaina) forman un único elemento. Todo ello permite mayor facilidad de manejo y el almacenamiento en un único pañol.

2.2.2.3 Chaff

Sistema antirradar empleado normalmente durante el ataque de un misil. Éste concepto nace en la Segunda Guerra Mundial. Era una medida empleada para confundir, engañar o reducir los efectos que podía realizar el radar. Hoy en día existen múltiples variedades de éste artefacto que se emplean para confundir o evitar el ataque de un misil, bien mediante el engaño del propio misil o su operador radar. Como se puede apreciar en la Figura 2.10 Buque lanzando chaff.



Figura 2.10 Buque lanzando chaff [5]

Se encuentra compuesto por un conjunto de materiales reflectantes (virutas), es decir, unas láminas con las dimensiones adecuadas para que den una máxima respuesta a una frecuencia. Estos pequeños objetos actúan a modo de dipolos resonantes. Están compuestos por un material que posee una alta conductividad eléctrica y con una mínima absorción. Estos elementos pueden ser de aluminio, plata, cobre o zinc. Para conseguir el efecto deseado de máxima conductividad con una mínima absorción, se cubren elementos aislantes con materiales conductores. Las combinaciones actuales con: hilos de aluminio, fibra de vidrio recubierta de aluminio e hilos de nylon recubiertos de plata. Se espera que en el futuro existan nuevas combinaciones. En los buques la composición más común es la fibra de vidrio recubierta de aluminio, ya que ofrece un alto número de dipolos con un mínimo espacio de almacenamiento.

La huella radar que genera el chaff es directamente proporcional al número de elementos que lo componen. Para que éste haga efecto es necesario que la energía generada sea igual o superior a la creada por la base lanzadora; que puede ser un buque o una aeronave. Este documento se centrará en el caso de los buques. Para medir la eficacia de este elemento es necesario fijarnos en la Superficie Equivalente Radar (SER)¹. Lo ideal sería que devolviese la misma cantidad de energía

¹ SER: cantidad de energía electromagnética que devuelve un elemento tras ser iluminado por un radar.

electromagnética con la que es iluminado; de ahí que se altamente conductivo y mínimamente absorbente.

Dentro de la Armada esta medida se encuentra clasificada en las Contramedidas Electrónicas. Pretende realizar emisiones similares a las reales, sin que estas se alteren, para confundir al enemigo.

Este sistema sirve para emitir un señuelo que engañe o distraiga al radar. Los señuelos se pueden clasificar en: señuelos radáricos y señuelos infrarrojos. Los primeros lo que crean es una nube de viruta metálica por encima del barco, con las dimensiones suficientes para camuflar la silueta del buque. De este modo si el misil es guiado por un operador radar no será capaz de distinguir a la nave; y si es guiado por el propio misil, éste se dirigirá a la primera hulla radar que encuentre. En el segundo caso, el chaff crea un foco calorífico mayor que el del buque; así el misil cuando se encuentre en las proximidades se sentirá atraído por el foco de mayor intensidad.

Una de las principales medidas tomadas con estos elementos es el de saturación. Su objetivo es el de sobrecargar a los operadores radar y que no puedan realizar un reconocimiento exacto. Se logra gracias a la difusión de grandes cantidades de chaff.

Las clasificaciones que se hacen de este elemento se basan en: las intenciones de empleo, los medios lanzadores, el procedimiento que se utiliza o el fin que persiguen. Generalmente la división empleada es:

- CHAFF “B”: corresponde al chaff de barrera (Figura 2.11 Situación de lanzamiento Chaff B). Se crea un pasillo de dipolos que enmascaran al buque. Así se dificulta la adquisición del buque en el radar contrario (Figura 2.12 Chaff B en un radar). También se consigue distraer a los radares de seguimiento y a la guía del misil. Este tipo de misiles son lanzados desde aeronaves.

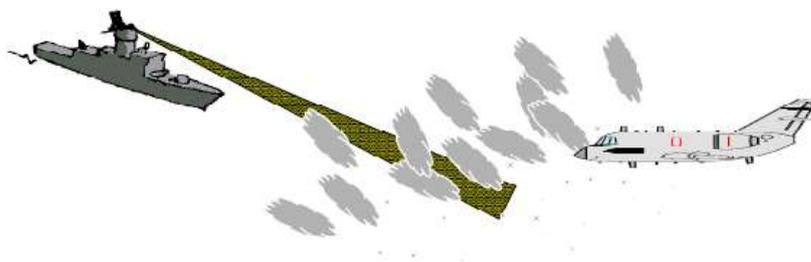


Figura 2.11 Situación de lanzamiento Chaff B [5]

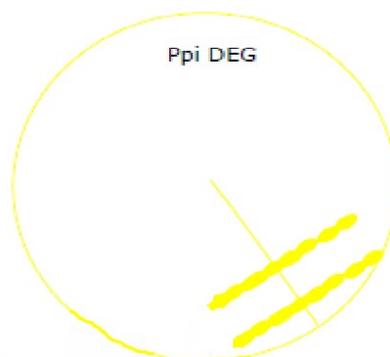


Figura 2.12 Chaff B en un radar [5]

- CHAFF “C”: denominados así los chaff de confusión (Figura 2.13 Situación de lanzamiento Chaff C). Se trata de una difusión pasiva o selectiva de los señuelos, para confundir al enemigo; ver Figura 2.14 Chaff C en un radar. Es empleado para evitar que el enemigo conozca la composición y disposición de la fuerza. En la pantalla de su consola le aparecerán ecos erróneos que se parecen a los reales.

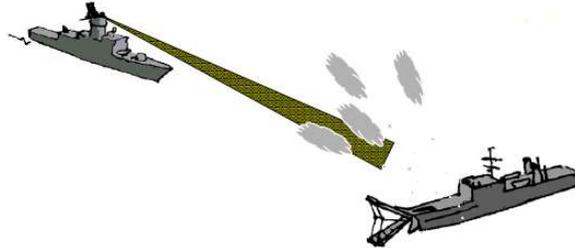


Figura 2.13 Situación de lanzamiento Chaff C [5]

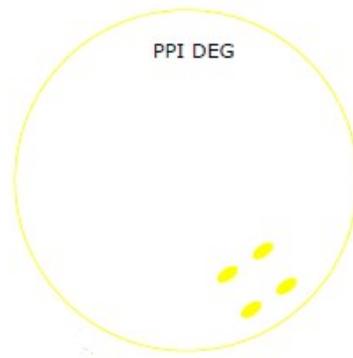


Figura 2.14 Chaff C en un radar [5]

- CHAFF “D”: alberga el grupo de señuelos de distracción (Figura 2.15 Situación de lanzamiento Chaff D). Es una difusión selectiva de dipolos, con esto se consigue que los misiles semiactivos² o activos³ seleccionen o enganchen un blanco⁴ erróneo (Figura 2.16 Chaff D en un radar). El misil se dirigirá hacia la nube de virutas pensando que es el buque.

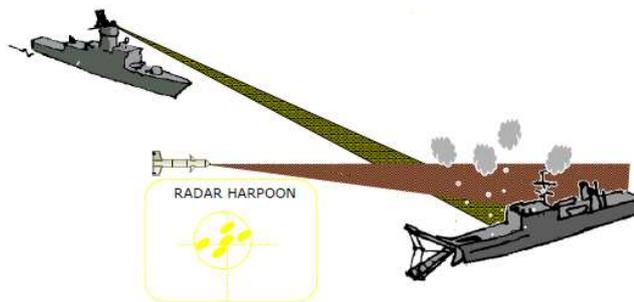


Figura 2.15 Situación de lanzamiento Chaff D [5]

² Misil semiactivo: es aquel que necesitan un elemento externo para que les indique donde se encuentra el blanco durante el vuelo. Normalmente la plataforma lanzadora consta de un radar que constantemente va actualizando esta posición.

³ Misil activo: es aquel que por sí mismo es capaz de guiarse al blanco. En su interior posee un transmisor-receptor que le actualiza la posición.

⁴ Blanco: objeto que aparece en el radar.

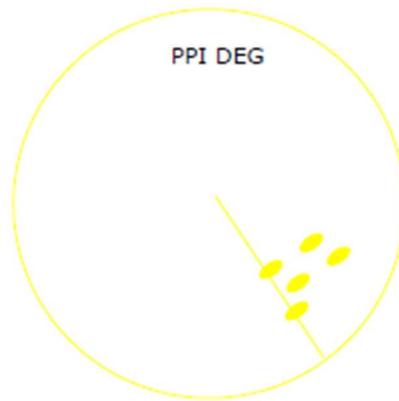


Figura 2.16 Chaff D en un radar [5]

- CHAFF “S”: en él se encuentran aquellos dispositivos chaff de seducción; como se muestra en la Figura 2.17 Situación de lanzamiento Chaff S. En este caso se trata de una difusión de chaff. Esta medida se emplea como autodefensa, en última instancia; para transferir el enganche del misil en el buque hacia la nube de chaff (Figura 2.18 Chaff S en un radar).

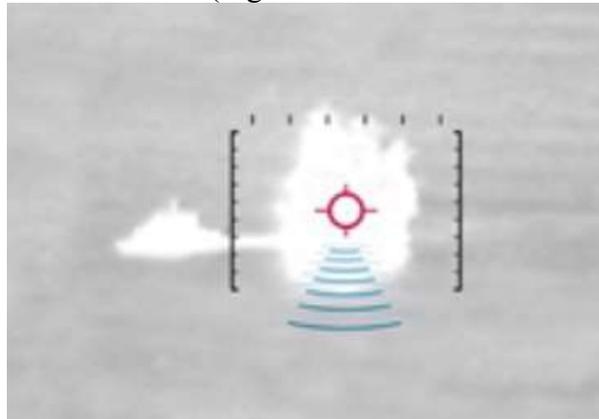


Figura 2.17 Situación de lanzamiento Chaff S [5]

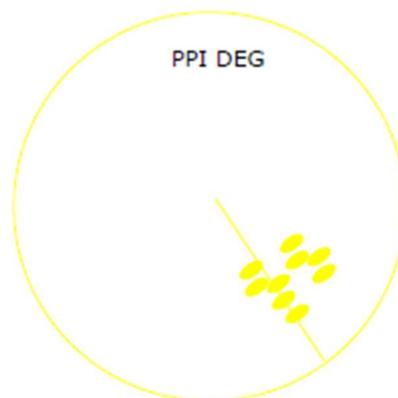


Figura 2.18 Chaff S en un radar [5]

Otra manera de clasificar los chaff es:

- Primera fase, exploración: corresponde con el tiempo previo al ataque. Se le asigna un Chaff Confusión.
- Segunda fase, designación de blancos: se le otorga un Chaff Dilución.

- Tercera fase, guía intermedia: se emplea un Chaff de Distracción.
- Cuarta fase, exploración del misil: se utilizará un Chaff de Disimulación.
- Quinta fase, adquisición del blanco: el chaff que corresponde es el de Seducción.

El gran inconveniente de estas medidas es la corta vida que tienen y que dependen de la meteorología. También que se ven limitadas por el número de cartuchos.

2.2.3 Requerimientos

Tras conocer físicamente la caja, y los elementos que en ella se encierran; es necesario analizar los requerimientos que con ella se quieren cumplir.

Como se comentó al inicio del apartado anterior, todos los elementos que se guardan en las cajas de urgencia se considerarán munición. Es decir, todos ellos están compuestos por sustancias explosivas.

Al tratarse de pañoles de munición, han de permitir un fácil acceso a las armas.

2.2.3.1 Precauciones de seguridad

Algunas de las precauciones que se describen a continuación pueden parecer obvias, pero su incumplimiento puede acarrear accidentes.

Se puede empezar por las precauciones en el comportamiento de las personas. Está prohibido fumar en las inmediaciones de estas cajas cuando éstas contienen munición. Asimismo, tampoco está permitido al personal encargado de manipular la munición, el portar mecheros, cerillas u otro elemento que pueda generar chispas.

Otra de las medidas esenciales, es la limpieza y orden de sus interiores y alrededores. No se permitirá almacenar en ellos cualquier otra cosa que no sea la munición y el termómetro. Por ello, se encontrarán exentos de material inflamable: trapos con grasa o aceite, pinturas, aguarrás, etc. De producirse lo contrario se comprometerá la seguridad de la caja y el personal que la manipula. Dentro de esta limpieza, se incluye la inexistencia de corrosión u óxido.

Haciendo referencia al anterior punto, durante la fabricación y uso de la caja, se evitará el empleo de materiales combustibles: en forros, pinturas, chilleras y jarras.

Dentro de esta fabricación es necesario añadir, que los materiales empleados para la caja han de ser opacos. La luz directa en los elementos que encierra, no es lo más adecuado; debido a que los deteriora e incluso podría iniciar su detonación.

Tampoco está permitido abrir ni aflojar los dispositivos de sellado.

Las cajas empleadas para material pirotécnico, no pueden estar dotadas de elementos que puedan inundar el interior. Cualquier contacto con el agua podría activarlos. Por el contrario, las que estiben munición fumígena e incendiaria si han de estarlo.

Los elementos empleados en el interior a modo de trincas; poseerán un coeficiente de seguridad superior a 2, soportando en las pruebas periódicas un 200% de la carga máxima de trabajo.

Se mantendrán alejadas de focos calientes de importancia. Para los puntos en los que no se pueda contemplar esto, se empleará aislamiento ignífugo y térmico en mamparos y cubierta. Con esta medida se pretende que elementos como la pólvora sin humo y artificios pirotécnicos reaccionen con el calor y terminen detonando.

En caso de necesitar alumbrado, se efectuará con: linternas, lámparas de pilas o acumuladores estancos. Es el mismo que se emplea en el resto de pañoles para el alumbrado de emergencia. Esta caja no está provista de un alumbrado fijo, como en el caso de los pañoles fijos.

Cuando la munición a estibar es fumígena o incendiaria, la caja se encontrará lejos de la descarga de ventilación.

Por último, como se ha ido avanzando en los apartados anteriores, las cajas de urgencia han de ser compartimentos secos y estancos. Para mantenerlos con estos requisitos se adoptarán medidas suplementarias. Una de ellas será el evitar el paso de tuberías, ya que romperían la estanqueidad de la caja. Para impedir este problema, la solución sería muy costosa. También se puede evitar el trasiego de la munición. Su propiedad principal no se vería afectada con una frecuentación baja. Se abriría la caja nada más que para la lectura diaria.

2.2.3.2 Físicos

Partiendo de la división efectuada anteriormente, se podrán observar diferentes características en lo que a temperaturas, humedad y campo eléctrico respecta. Este apartado se basa en la estabilidad química de los elementos. Una alteración de la misma puede estar provocada por cualquiera de los factores que aquí se describen:

Para las pólvoras sin humo, la temperatura adecuada oscila entre los 10°C y los 35°C. En caso de existir una prescripción técnica más restrictiva por parte de la misma, se llevará a cabo esta última. De rebasarse los 35°C no implicaría peligro, sino la toma de ciertas precauciones.

Los artificios electro-pirotécnicos por su parte, encuentran la temperatura óptima por debajo de los 40°C. A pesar de ello hay artificios que pueden encontrar su temperatura máxima en los 70°C.

Como tercer componente que requiere una especial vigilancia a la tempera, se halla el fósforo blanco (WP).⁵ Las condiciones máximas de temperatura a la que se puede encontrar sometido este elemento son de 35°C. En algún momento podría llegarse a superar esta temperatura hasta los 40°C de máxima. En caso de superar ésta última, se encontraría ante una situación altamente peligrosa, ya que en 43°C se encuentra la temperatura de fusión del fósforo. Este es el caso de las municiones fumígenas e incendiarias. Estos pañoles han de ser inundables.

En la mayoría de los elementos la humedad relativa máxima permitida es del 70%. En cambio, en el caso de los artificios electro-pirotécnicos esta humedad es inadmisibles. La presencia de la misma puede inferir el deterioro de los elementos: eléctricos de las espoletas, los propios artificios pirotécnicos, las luces de fósforo, luces Holmes, etc. Esta humedad podría producir la activación de los productos.

⁵ Elemento químico del fósforo, que es empleado en el ámbito militar como agente incendiario. Con él se pretende crear una pantalla de humo. Éste uso está permitido, ya que es para camuflaje y no contra personas o animales.

Aparte de la temperatura, otro de los métodos empleados para iniciar la detonación de las municiones es el campo eléctrico. Para las cajas de urgencia, los conectores de toma de tierra no deben superar los 25Ω de resistencia.

2.3 Problemas

2.3.1 Factores que lo causan

2.3.1.1 Transmisión de calor

Partiendo de dos elementos a diferente temperatura, existirá un intercambio entre ambos por: radiación, conducción o convección. Éste se produce desde el sistema de mayor temperatura al de menor.

Como se ha demostrado en numerosos casos, dentro de la naturaleza estos sucesos no son aislados y varios de ellos ocurren a la vez. Por ello su análisis facilitará la comprensión de cómo afectan a la caja.

Los tres elementos que entran en contacto con los tres tipos de transferencia son: el sol, los parasoles/caja y el aire (exterior, entre placas e interior). El Sol es una fuente luminosa que radia desde las ondas electromagnéticas UV ($0.01\mu\text{m} < \lambda < 0.40 \mu\text{m}$) hasta IR ($0.76\mu\text{m} < \lambda < 100 \mu\text{m}$), pasando por el espectro visible (que parte del color violeta hasta llegar al rojo). Dado que los radares trabajan en la banda de $100 \mu\text{m}$ y superiores; esta radiación y sus refracciones no supondrán una amenaza para el enmascaramiento del buque.

Pero la distribución espectral de éste elemento difiere en gran medida a la distribución de la energía emitida por las superficies. La zona espectral que corresponde a la radiación emitida por las superficies a temperatura ambiente, es la infrarroja (IR). Por ello no se podrá generalizar todas las superficies como un cuerpo gris, y será necesario realizar un análisis. Para que éste último sea más exacto se diferenciará entre dos términos: emisividad y absortividad.

En este caso de estudio se podrá observar como los tres procesos de transferencia de calor ocurren de manera simultánea, en un porcentaje variable. Entendiendo energía térmica por la energía total de las partículas en el interior de la caja; se podrá describir que:

TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN

Se parte de la posición en la que los dos sistemas están separados uno del otro por un tercer medio más frío; pudiendo ser sólido, líquido o gas. El de mayor temperatura radia calor, en este caso el Sol. Los rayos del sol atraviesan la atmósfera (medio frío) y llegan a la superficie de la Tierra. Algunas de estas radiaciones electromagnéticas llegan a la superficie de la caja. Varias quedan reflejadas por la superficie, en cambio otras calientan a la misma. Resulta ser la transferencia más rápida de las tres.

Se pretende explicar que la radiación será del Sol a la caja de urgencia a lo largo del día; ya que como se dijo antes el foco cálido es el Sol y la caja es el foco frío. Sin embargo, durante la noche, la caja se convierte en el foco caliente, y el cielo en el foco frío.

El elemento de estudio es estático, no se mueve, lo que hace que todo el calor absorbido pase directamente a ser transferido de nuevo.

Esta transferencia se puede producir en el vacío.

Al calor radiado por el Sol hay que añadirle el que transmite el agua. Éste elemento posee una capacidad térmica mayor que la del aire. Por las noches, una vez que la luz del Sol no esté presente, esta capacidad permitirá a la mar desprender el calor absorbido a lo largo del día. Esto supone un foco continuo de calor para la caja; que no conseguirá desprenderse del calor entregado por el Sol como debería.

Todo cuerpo por el hecho de encontrarse a una temperatura por encima de cero, emite una radiación en todas direcciones. Las diferentes longitudes de onda que podrá emitir, estarán asociadas al tipo de material y color de la superficie afectada. A parte del Sol, los parasoles también actúan como emisores de calor de la energía interna; absorbida tras ser radiados por el foco principal.

Es necesario tener en cuenta cuatro conceptos, para poder entender con claridad éste último fenómeno. Estos conceptos son:

Emisividad (ϵ) [6]: "la razón entre la radiación emitida por la superficie a una temperatura dada y la radiación emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura" (ver Ecuación 2-1 Emisividad). En otras palabras, trata de comparar el parecido que presenta un elemento con un cuerpo negro. Su valor varía en función de la temperatura, la longitud de onda y la dirección de la onda emitida; haciendo que éste oscile entre 0 y 1.

$$\epsilon_{\lambda, \theta}(\lambda, \theta, \Phi, T) = \frac{I_{\lambda, e}(\lambda, \theta, \Phi, T)}{I_{b\lambda}(\lambda, T)}$$

Ecuación 2-1 Emisividad

(En ésta fórmula se tiene en cuenta la emisividad para una dirección determinada, a una longitud de onda específica y a cierta temperatura; se denomina emisividad direccional espectral).

Otro dato importante de ésta comparación, es el que se deduce de la siguiente Tabla 2-1 Rangos emisividad:

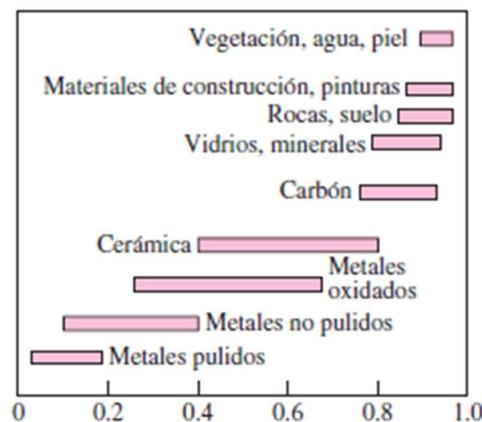


Tabla 2-1 Rangos emisividad [6]

En ella se observa que un metal oxidado posee peor emisividad, que un metal no pulido; llegando incluso a los valores de los no metales. Por ello será esencial para este proyecto, la búsqueda de una solución para evitar la oxidación de las cajas.

Absortividad (α) [6]: “*fracción de la radiación absorbida por la superficie*” (ver Ecuación 2-2 Absortividad). Como en el caso de la emisividad, sus valores pueden ir desde el 0 hasta el 1; ya que trata de comparar la cantidad de energía que la superficie encierra en ella, tras haber sido radiada.

$$\alpha = \frac{\text{Radiación absorbida (Gabs)}}{\text{Radiación incidente(G)}}$$

Ecuación 2-2 Absortividad

En el caso del aluminio, ésta aumenta con la temperatura. En cambio con los conductores pasa lo contrario; a mayor temperatura absorbe menos.

Reflectividad (ρ) [6]: “*fracción de la radiación reflejada por la superficie*” (ver Ecuación 2-3 Reflectividad). Es el resultado de comparar la radiación que refleja una superficie cualquiera, frente a la energía con la que fue radiada previamente. Puede adquirir valores entre el 0 y el 1.

$$\rho = \frac{\text{Radiación reflejada (Gref)}}{\text{Radiación incidente(G)}}$$

Ecuación 2-3 Reflectividad

Transmitividad (τ) [6]: “*fracción de la radiación transmitida por la superficie*” (ver Ecuación 2-4 Transmitividad). Es una comparativa entre la energía con la que es radiado y la energía que después transmite a partir de ésta. Sus valores se sitúan entre 0 y 1.

$$\tau = \frac{\text{Radiación transmitida (Gtr)}}{\text{Radiación incidente(G)}}$$

Ecuación 2-4 Transmitividad

De aquí se puede deducir que para el cumplimiento de la primera ley de la termodinámica, se tiene que cumplir que (Ecuación 2-5 Energía total) (Figura 2.19 Radiación incidente) [6]:

$$G = Gabs + Gref + Gtr$$

Ecuación 2-5 Energía total

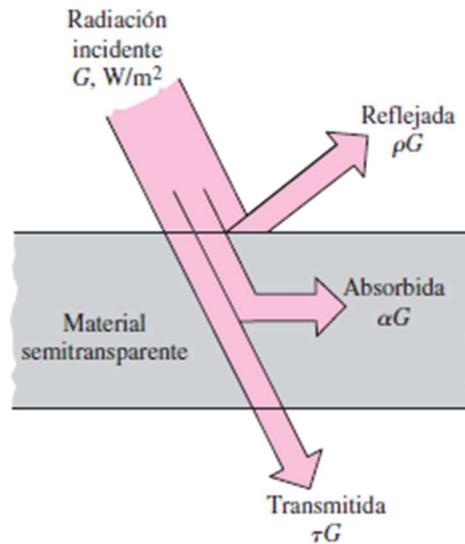


Figura 2.19 Radiación incidente [6]

Con estos conceptos se puede extraer, que los materiales empleados para la caja han de poseer una emisividad muy alta y una absorptividad baja. De este modo se asegura que del calor total recibido retengan muy poco y sean capaces de emitir el poco calor absorbido, es decir, que reflejen muy poco.

TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN

Este tipo de transferencia (Ecuación 2-6 Transmisión de calor por conductividad) se debe a un traspaso de energía por el contacto directo entre dos cuerpos, sin que exista intercambio de materia. Las partículas del sistema con mayor temperatura transmiten energía al de menor. El de mayor temperatura posee partículas con alto movimiento, lo que proporciona más choques en la frontera con el otro sistema.

$$Q = (k A (T - T))/d$$

Ecuación 2-6 Transmisión de calor por conductividad

A partir de este fenómeno se obtiene la propiedad física de los materiales, que determina su capacidad para transmitir el calor, se trata de la conductividad térmica.

Esta transmisión se efectúa a través de un medio sólido, la caja. En el proceso de transmisión de calor desde el Sol hasta el interior de la caja, se pueden encontrar dos momentos de conducción. El primero, donde el calor radiado por el Sol en la placa traspasa. El aire entre la placa y la caja, eleva su temperatura; transmitiendo dicho calor sobre la superficie de la caja. Por último el calor pasa a través de la superficie de ésta, llegando a su interior y calentando el aire estanco del interior.

También se podría hablar de conducción entre placa y caja de manera directa. Los parasoles que son calentados por el Sol, se unen mediante unos separadores con la caja. Estos puntos sirven de conexión para transferir el calor radiado. El calor transferido es prácticamente despreciable, ya que la superficie que presenta el tornillo es mínima.

Una vez que este calor alcanza el interior, también existen puntos de transmisión. Las chilleras que dividen su interior, y los elementos que en ella se guardan, actúan de medios conductores.

TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN

Este tercer caso de transferencia es causado por medio de un fluido; en este caso una masa de aire. Ésta se mueve desde un punto de mayor temperatura a otro de menor. El aire al calentarse transporta con él la energía adquirida.

El aire en contacto con la parte interna de la placa se calienta y con ello se hace menos denso; el aire más frío resulta ser más denso y desplaza al de mayor temperatura. Este circuito continuo ocurre con el aire presente entre la placa y la caja. También ocurre, y a mayor escala, con el aire estanco del interior de la caja. Al camino que se crea por el movimiento de aire de una zona cálida a una fría viceversa, se le denomina circuito de convección.

2.3.1.2 Humedad relativa

Otro de los factores que afectan a estas cajas es la humedad relativa. Esto no sólo afecta a los cierres o a la superficie de la caja, sino que también deteriora la munición; incluso pudiendo hacer que esta detone.

Durante el día y debido al hecho de encontrarse en la mar, la cantidad de agua que es evaporada es alta. Por la noche las temperaturas no llegan a descender como en tierra; el agua que ha absorbido calor durante todo el día, emplea este momento para desprenderse de él. Esto provoca que la humedad relativa se mantenga incluso por la noche, actuando de barrera para radiación infrarroja que es desalojada por el buque.

El inconveniente de este factor se encuentra en la superficie exterior de las cajas; ya que el interior queda aislado por el cierre estanco. Los parasoles y la propia caja, se encuentran en un continuo enfrentamiento con el medio. Las pinturas que recubren las paredes de la caja, son sustancias que carecen de elementos químicos que repelan el agua. Además sus poros no están perfectamente sellados, lo que con lleva a que el vapor de agua se cuele por estos hasta llegar a la superficie metálica. Este efecto se puede observar en ronchas de óxido y escamas en la pieza expuesta.

Se ha podido comprobar que a partir de un 40% de humedad relativa, comienza a acelerar el proceso corrosivo de los materiales. El problema se agrava porque se ha llegado a obtener un 100% de humedad relativa.

2.3.1.3 Ambiente salino

El último factor que queda por describir es el ambiente salino. Dado que el objeto de estudio se encuentra en un ambiente marino, es necesario tener en cuenta la alta concentración de sales existentes en el ambiente. Este alto porcentaje, como en el caso de la humedad, provoca el deterioro de los materiales expuestos a la intemperie. Se muestra mediante oxidaciones en la superficie de la caja y demás elementos de cierre. Estas oxidaciones conllevan al levantamiento de la pintura que los protege del Sol, causando que estas no cumplan sus funciones.

2.3.2 Soluciones actuales

Ante los problemas con los que se puede encontrar la munición, en los buques se están implando una serie de medidas.

La más común, y que está contemplada por el RPE [3], son las mantas húmedas. Se puede emplear una manta o cualquier tela que permita absorber agua y mantenerse húmeda durante un tiempo prolongado. Como primer paso, la manta se dobla para proporcionar varias capas y con ello un mayor aislamiento. Se dobla tantas veces como sea posible hasta que quede con un tamaño similar al de la cara superior de la caja. A continuación se humedece la manta. Pasado un tiempo, en el que se han tomado reiteradas muestras de la temperatura en el interior; si la que marca el termómetro no es la deseada, se añadirán hielos entre los pliegues de la manta. Se mantendrá una vigilancia constante a la temperatura. Se renovararán los hielos tantas veces como se crea necesario.

Otra solución que se puede observar en los buques, es la de refrescar la caja directamente con agua. Esta opción puede ser acertada de realizarse de manera continua; en caso de hacerse de manera momentánea y tardía, sería contraproducente. El agua a temperatura media, eyectada sobre una superficie radiada por los rayos del Sol; provocará que la lámina evacue más calor y con ello la elevación de la temperatura del interior del cubículo. Al igual que la anterior, se encuentra contemplada dentro del RPE [3].

Estos dos tipos de refresco se realizarán de manera constante cada tres horas aproximadamente. El número de veces aumentará o disminuirá en función de la temperatura interior de la caja.

También está contemplado, colocar un toldo por encima de la caja. Este trozo de lona, será el que soportará la radiación directa del Sol. El calor radiado por el toldo al parasol, es menor que el irradiado por el propio Sol de manera directa a la chapa. Sin embargo, es preferible emplear el primer método a éste, ya que el interior se calienta menos; con ello la munición posee una menor posibilidad de deterioro.

La última solución que se presenta, se ha encontrado practicada en algunos buques de la Armada. No está contemplada dentro de la publicación, porque aún se encuentra bajo pruebas. Consiste en poner planchas de poliestireno extruido como recubrimiento de los huecos existentes entre las paredes de la caja y las chilleras, o la propia munición. La idea puede ser válida, ya que éste material ya es empleado como aislante. Por ejemplo, se puede encontrar en los envases de comida rápida, empleado para conservar el calor de los alimentos; en los paneles de aislantes térmicos y acústicos tipo sándwich.

Todas ellas están apoyadas en una vigilancia constante por el personal de guardia.

2.3.3 Unidades afectadas

La Armada está formada por diversas unidades (Figura 2.20 Buques de la Armada española), cada una de ellas destinada a una misión específica. En éste proyecto nos centraremos en las unidades de superficie, que se dividen en once categorías generales:



Figura 2.20 Buques de la Armada española [7]

Algunos de éstos son de reciente construcción; en cambio otros cuya construcción es anterior han sufrido diversas modificaciones para encontrarse a la altura de los primeros.

Todos estos buques destinados a la defensa de los intereses españoles, poseen un armamento a bordo que puede ser del tipo (Figura 2.21 Tipos de munición):

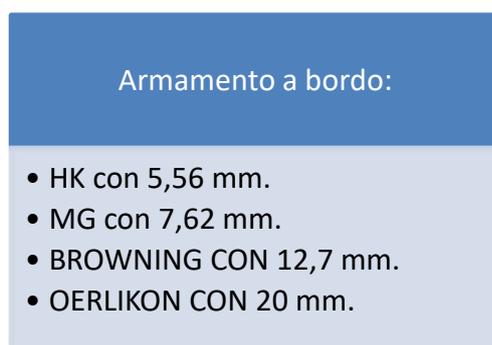


Figura 2.21 Tipos de munición [7]

Para poder disponer de una cantidad razonable de munición del armamento anteriormente nombrado, de manera inmediata los buques dispondrán de cajas de urgencia. Incluso alguno de ellos posee cajas para guardar las bengalas.

Tras realizar la división en categorías generales, el proyecto se centrará en aquellas subdivisiones que contengan buques con cajas de urgencia.

2.3.3.1 LHD

Buque de Proyección Estratégica Juan Carlos I (Figura 2.22 L.H.D. Juan Carlos I); éste sería el nombre que recibiría en castellano. Las otras tres siglas que normalmente lo acompañan, hacen referencia a la denominación OTAN que recibe esta clase de buques.

Se trata de un buque multipropósito, siendo la mayor construcción por parte de un astillero español. Las propiedades que lo caracterizan garantizan el éxito de la misión, con independencia del

⁶LHD: Landing Helicopter Dock; Buque de Proyección Estratégica.

⁷M.C.M.: Medidas Contra Minas.

escenario en el que se encuentren. Es por ello que con este buque España no sólo demuestra su gran poder naval, sino que también el industrial.

Este buque se encuentra equipado con la última tecnología del mercado; lo que le permite realizar sus principales funciones:

Operaciones Anfibias: se encargan del transporte de la Fuerza de Infantería de Marina (tanto personal como material) hasta las inmediaciones del teatro de operaciones. Una vez allí se realizará el desembarco de la misma, apoyado por el mismo buque.

Proyección de la Fuerza: al igual que con la Infantería de Marina, el JCI podrá transportar la fuerza de cualquier ejército a las inmediaciones del escenario donde se realiza la acción.

Plataforma para la aviación: otra función eventual de este buque es la de portaaviones. Desde él pueden tomar y despegar casi toda clase de aeronaves; así como almacenarlas si fuese necesario.

Operaciones no bélicas: dada su alta capacidad de almacenamiento, el JCI puede desempeñar funciones de apoyo humanitario, evacuación de personal en zonas de crisis, buque-hospital en zonas afectadas por catástrofes, etc.



Figura 2.22 L.H.D. Juan Carlos I [7]

2.3.3.2 Buques Anfibios (B.A.A.)

Para la proyección de la Fuerza de Infantería de Marina, la Armada cuenta con dos buques B.A.A. (Figura 2.23 Buques Anfibios); es decir, con dos Buques de Asalto Anfibio. Fueron diseñados para el transporte de tropas y vehículos; así como operar con embarcaciones anfibias en el dique, y realizar operaciones de vuelo. Como en el caso del JCI también está contemplado la realización de operaciones no bélicas: ayuda humanitaria, apoyo médico y quirúrgico en catástrofes naturales.

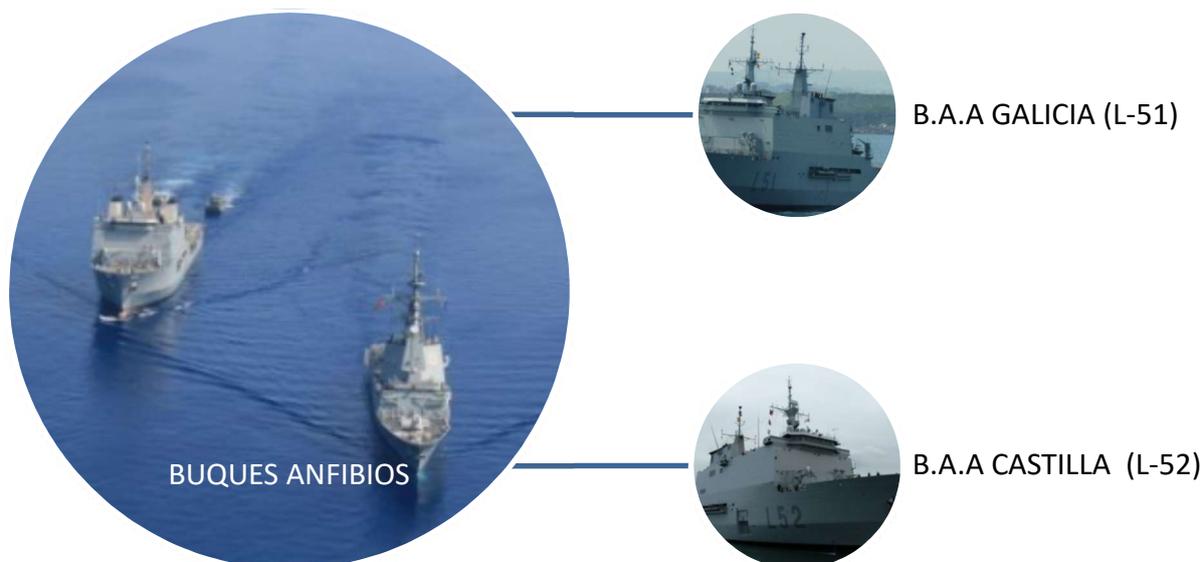


Figura 2.23 Buques Anfibios [7]

2.3.3.3 Buques Logísticos (B.A.C.)

Las siglas de B.A.C. (Figura 2.24 Buques Logísticos) provienen de la clasificación de esta clase de barcos, Buque de Aprovisionamiento para el Combate. Su función principal es la de apoyar al resto de buques o aeronaves de la Flota cuando se encuentran fuera de sus bases. En definitiva, se encarga de proporcionar combustible, agua, munición, víveres, repuestos, pertrechos, vestuario, farmacia y asistencia a las unidades en combate en la mar. Este intercambio de apoyo logístico puede ser realizado a diversas unidades de manera simultánea. También pueden proporcionar apoyo en operaciones no bélicas, como son la ayuda humanitaria y la defensa medioambiental. Siendo extensible todas estas funciones a cualquier parte del mundo sin incluir las aguas árticas.

A parte de funciones logísticas, puede desempeñar otras similares a la de los escoltas; como son las operaciones de vuelo o aquellas que se relacionan con la interdicción marítima (control de tráfico marítimo, visita y registro, contra-piratería).



Figura 2.24 Buques Logísticos [7]

2.3.3.4 Fragatas

En la actualidad la Armada es poseedora de dos clases de fragatas:

- Fragatas Clase “Santa María”: Este tipo de buque data de finales de los ochenta; como las mostradas en la Figura 2.25 Fragatas Clase "Santa María". Sus funciones principales son:
Operaciones de Interdicción Marítima (MIO, Maritime Interdiction Operations): se emplean para el control marítimo de un área determinada. Esto permite el cumplimiento de la normativa marítima que implica el ámbito internacional. Para poder cumplirlo, el personal a bordo realizará: una identificación del tráfico marítimo, abordaje, inspección y si fuese necesario, detección de buques sospechosos.
Protección de unidades valiosas: de ahí que su sobrenombre sea el de escoltas. La principal amenaza contra la que se crearon estos buques, fue la de submarinos. No por ello se ven incapacitados a combatir aeronaves o buques de guerra.

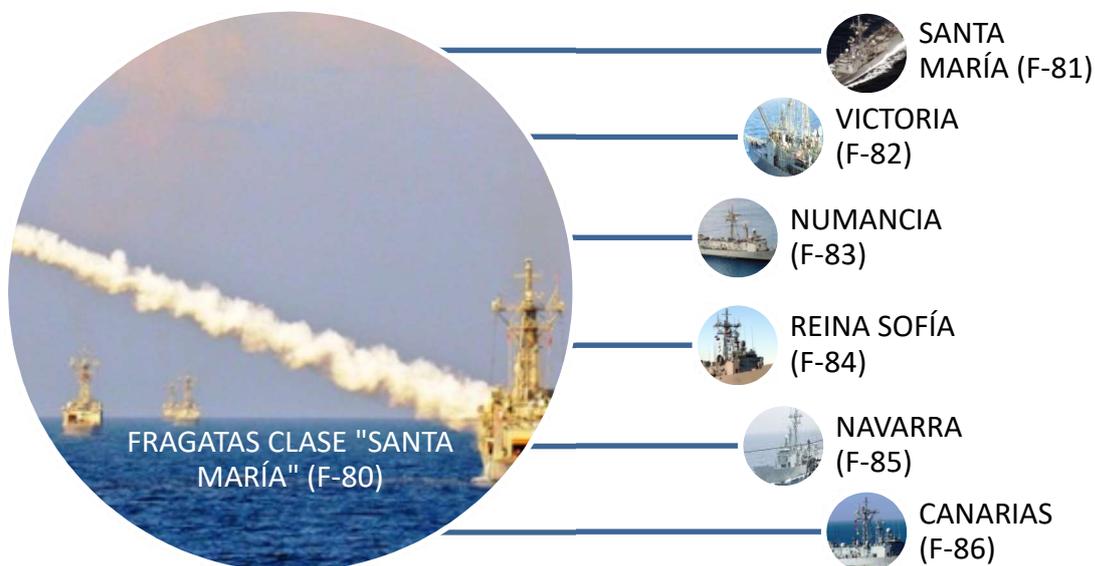


Figura 2.25 Fragatas Clase "Santa María" [7]

- Fragatas Clase “Álvaro de Bazán”: Como en el caso del JCI, este tipo de fragatas son buques multipropósito (Figura 2.26 Fragatas Clase "Álvaro de Bazán"), es decir, en su construcción se contempló la realización de misiones tales como:
 - Escoltas oceánicos⁸.
 - Buque de Mando y Control: capaz de operar en una flota aliada en cualquier escenario de conflicto. También será capaz de proporcionar cobertura a fuerzas expedicionarias.
 - Operaciones de costa: su grado de alistamiento y operatividad no se verá degradado por el hecho de realizar operaciones costeras en lugar de alta mar. Se trata de un barco flexible capaz de operar con independencia de la localización del conflicto.

⁸ Escolta oceánico: protección o custodia que se le da a un buque a través de otro, a lo largo de una navegación.

- Capacidad antiaérea: a diferencia del otro tipo de fragatas, las F-100 poseen una alta capacidad antiaérea. Los sensores y la forma del propio buque, le aportan unas características que nada tienen que envidiar al resto de Armadas del mundo.

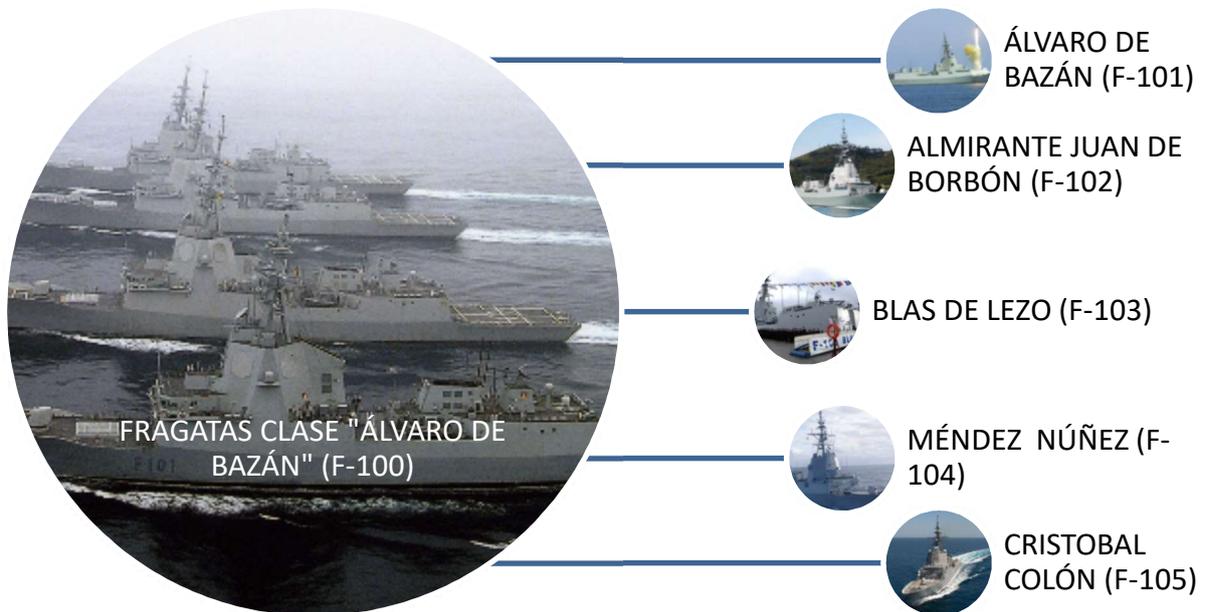


Figura 2.26 Fragatas Clase "Álvaro de Bazán" [7]

2.3.3.5 Buques de Medidas Contra Minas (M.C.M.)

El mantenimiento de tráfico abierto de los puertos principales españoles, es en gran medida gracias a la labor de estos buques (Figura 2.27 Cazaminas (M.C.M.)). También se deben a ellos la posibilidad de realizar operaciones anfibas de proyección del poder naval. Todo ello se debe a sus cometidos principales que son: la detección, localización, identificación y neutralización de minas submarinas. Para poder realizar estas funciones con la mayor seguridad posible es necesario reducir la firma radar, es por ello que su casco se encuentra reforzado de fibra de vidrio.

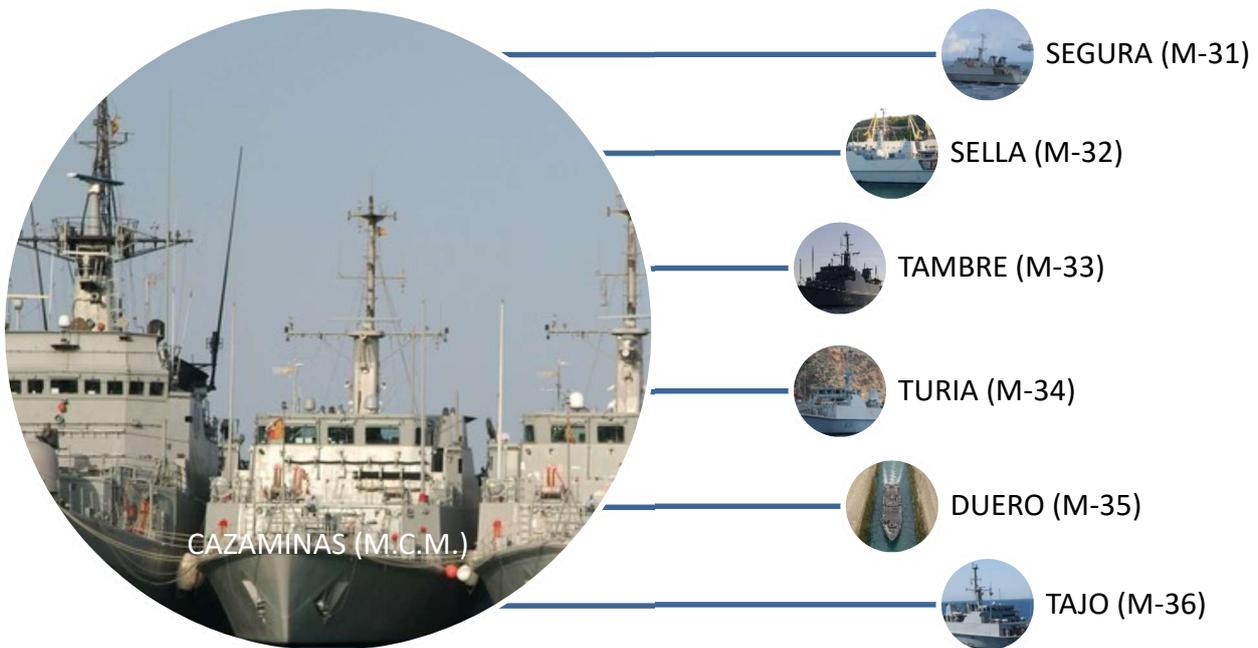


Figura 2.27 Cazaminas (M.C.M.) [7]

2.3.3.6 Patrulleros

En este apartado se contemplan todos los buques con actividades que convergen en un mismo punto, el de vigilar y mantener el cumplimiento de las leyes sobre las aguas de soberanía española. Dependiendo del cometido específico desempeñado y de las características de cada buque, se pueden dividir en (Figura 2.28 Tipos de patrulleros):

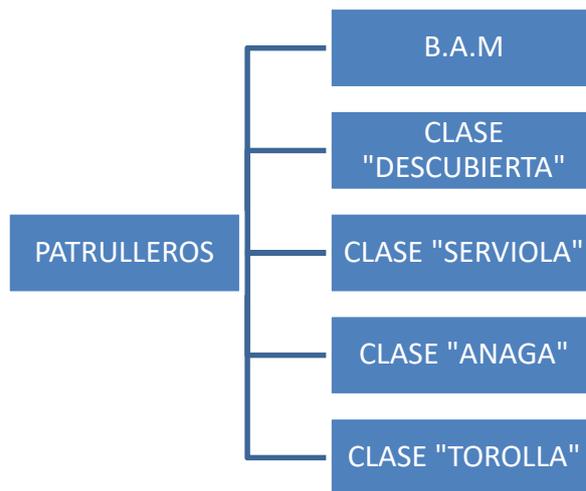


Figura 2.28 Tipos de patrulleros [7]

- Buque de Acción Marítima (B.A.M.): Surgen para suplir la necesidad de escoltas oceánicos, cuyo espacio no se consiguió cubrir con las F-100. Este tipo de buques están creados para controlar el tráfico marítimo y poder combatir frente una amenaza asimétrica o de pequeña

entidad. Para lograr su principal objetivo se basa fundamentalmente en la presencia, como medios de disuasión; y en la vigilancia marítima, como medio de prevención. En los escenarios que existen en la actualidad, es necesario añadir acciones de neutralización, como medidas llevadas a cabo por esta clase de buques (Figura 2.29 Buques de Acción Marítima (B.A.M.)). Dependiendo del número de personal, así como de sus conocimientos, sus cometidos se podrán dividir en dos grupos:

- Cometidos permanentes: todas aquellas actividades que pueden ser realizadas durante las navegaciones de control marítimo, sin la necesidad personal adicional (control de actividades, protección del tráfico mercante, apoyo a otras unidades, etc.).
- Cometidos complementarios: todas aquellas actividades que implican la incorporación de personal con los conocimientos específicos (neutralización de piratería marítima, operaciones de vuelo, inserción/ extracción de unidades, etc.).

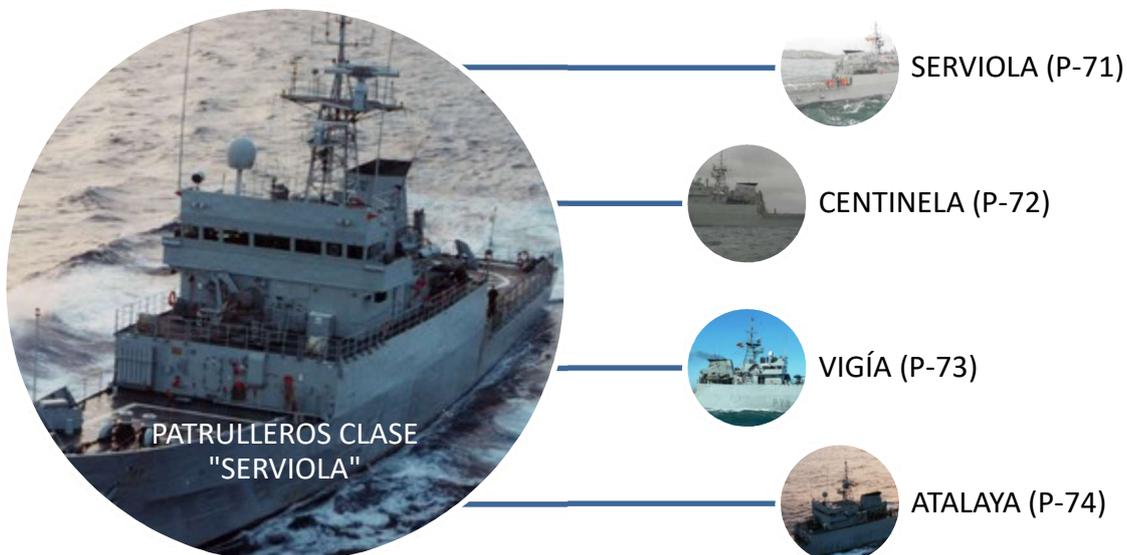


Figura 2.29 Buques de Acción Marítima (B.A.M.) [7]

- Patrulleros Clase “Descubierta”: Inicialmente este tipo de buques formaba parte de las antiguas corbetas de la Armada. Se trata del primer buque moderno de combata de diseño español, en ser exportado. Forma parte de los dispositivos contra la piratería de la Fuerza naval Europea. También desempeña labores de protección del tráfico mercantil vulnerable, lucha contra la inmigración o contra el tráfico de estupefacientes; así como el control de las actividades pesqueras. En definitiva su misión principal es la de vigilancia marítima.



- Patrulleros Clase “Serviola”: La función principal de esta clase de buques es la defender los intereses y soberanía del espacio marítimo nacional, es decir, la defensa de aquellas aguas encerradas en el Mar Territorial y en la Zona Económica Exclusiva. Debido a ésta última, estos buques se han visto envueltos en innumerables campañas de pesca; para el control y apoyo a los caladeros españoles. A pesar de todo ello, también ejercen otra clase de actividades como apoyo contra la inmigración ilegal, el narcotráfico u operaciones de interdicción marítima (visita, registro y apresamiento de buques si fuera necesario). Así mismo, pueden prestar auxilio, asistencia y recate en alta mar.



- Patrulleros Clase “Anaga”: Como en el caso de los anteriores patrulleros (Figura 2.30 Patrulleros Clase "Anaga"), estos buques se encargan de la vigilancia marítima para impedir violaciones del código penal en vigor o ataques a los intereses nacionales de las aguas de soberanía española. También se puede encargar del salvamento en caso de accidente en la mar. También puede remolcar embarcaciones de desplazamiento similar en caso de emergencia. Así como su colaboración con organismos civiles y estatales.



Figura 2.30 Patrulleros Clase "Anaga" [7]

- Patrulleros Clase “Toralla”: Su misión principal es la patrullar las aguas territoriales españolas como buques de vigilancia de pesca. Pero gracias a la versatilidad de estos barcos (Figura 2.31 Patrulleros Clase "Toralla") les permiten realizar actividades tan diversas como la infiltración de grupos de Operaciones Especiales, velar por la navegación en zonas de ejercicios militares y colaborar con el resto de organizaciones estatales.



Figura 2.31 Patrulleros Clase "Toralla" [7]

- Patrulleros Clase “Chilreu”: El cometido esencial de estos patrulleros (Figura 2.32 Patrulleros Clase "Chilreu") es la vigilancia de la ZEE, para la vigilancia e inspección pesquera; así como tolos delitos que de ella derivan. Un ejemplo es faenar de manera ilegal, tanto en la forma, como por carecer licencia. Colaboran de manera estrecha con la Secretaría General del Mar, prueba de ello es que siempre se encuentra un inspector de pesca a bordo durante estas misiones. Como añadido tienen capacidad para transportar un grupo Operativo de Infantería de Marina. Incluso, pueden llegar a servir de plataforma para campañas científicas.

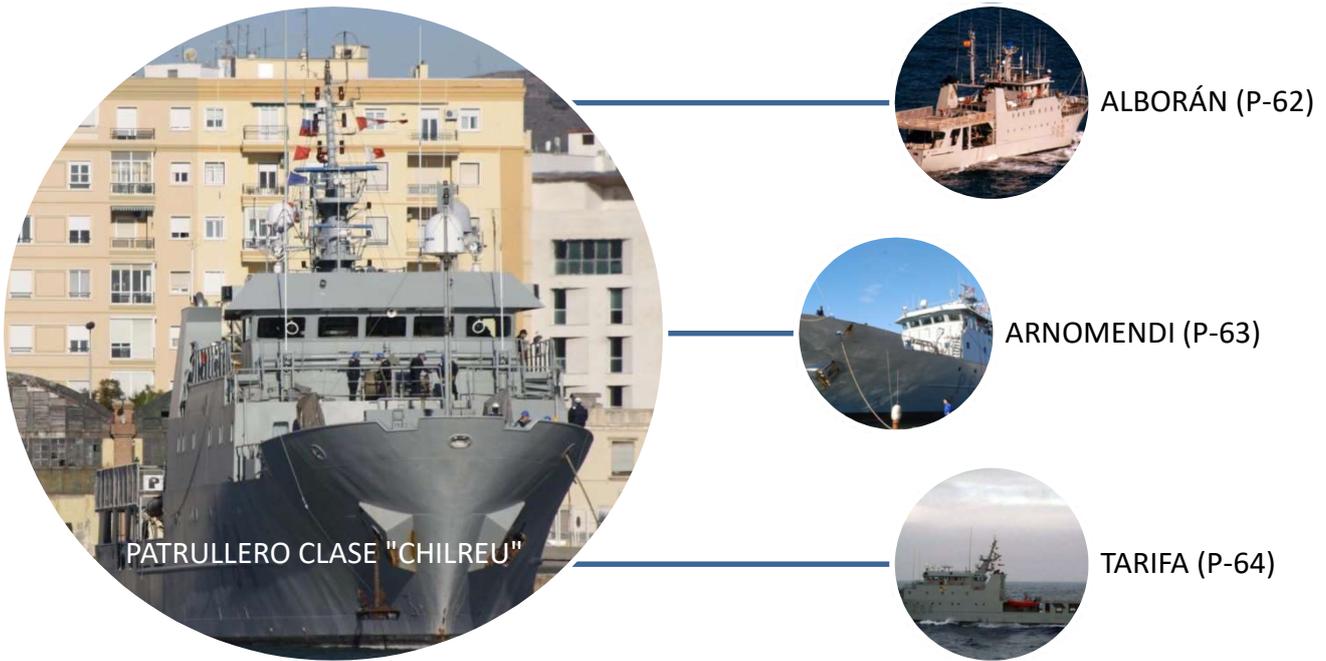


Figura 2.32 Patrulleros Clase "Chilreu" [7]

- Patrulleros de vigilancia costera: Estos patrulleros salen de un proyecto para dotar a las zonas marítimas de buques de vigilancia litoral y fronteras marítimas (Figura 2.33 Patrulleros Vigilancia costera); como pueden representar las aguas que bañan a la costa de Ceuta o del islote de Perejil. En definitiva, con ellos se pretende proteger los intereses de las aguas de soberanía española; pudiendo para ello tener que colaborar con instituciones estatales con responsabilidad en el ámbito marino (.vigilancia de pesca, salvamento, lucha contra la contaminación, etc).



Figura 2.33 Patrulleros Vigilancia costera [7]

- Patrulleros de vigilancia interior: Se trata del único buque de la Armada en patrullar aguas dulces, como se muestra en la Figura 2.34 Cabo Fradera. Se emplea en la vigilancia fluvial a

través del río Miño, que hace frontera con Portugal. Está encargado de la vigilancia y fiscalización de actividades pesqueras, de caza y deportivas de la zona; vigilancia de toda actividad u obra llevada a cabo en los márgenes del río que puedan dificultar navegación. También colabora con otras organizaciones estatales.



Figura 2.34 Cabo Fradera [7]

- Buques de transporte ligero: Como su nombre ya avanza, se trata de una serie de buques que realizan transportes logísticos (Figura 2.35 Buques de transporte ligero), de personal y material; principalmente del Ejército de Tierra entre Ceuta o Melilla y la Península. A pesar de ello y gracias a sus características físicas, este buque ha realizado diversos ejercicios interpretando el papel de buque mercante. De este modo se aumenta el adiestramiento del resto de unidades de la Armada y civiles, ya que son ejercicios que se aproximan más a la realidad.

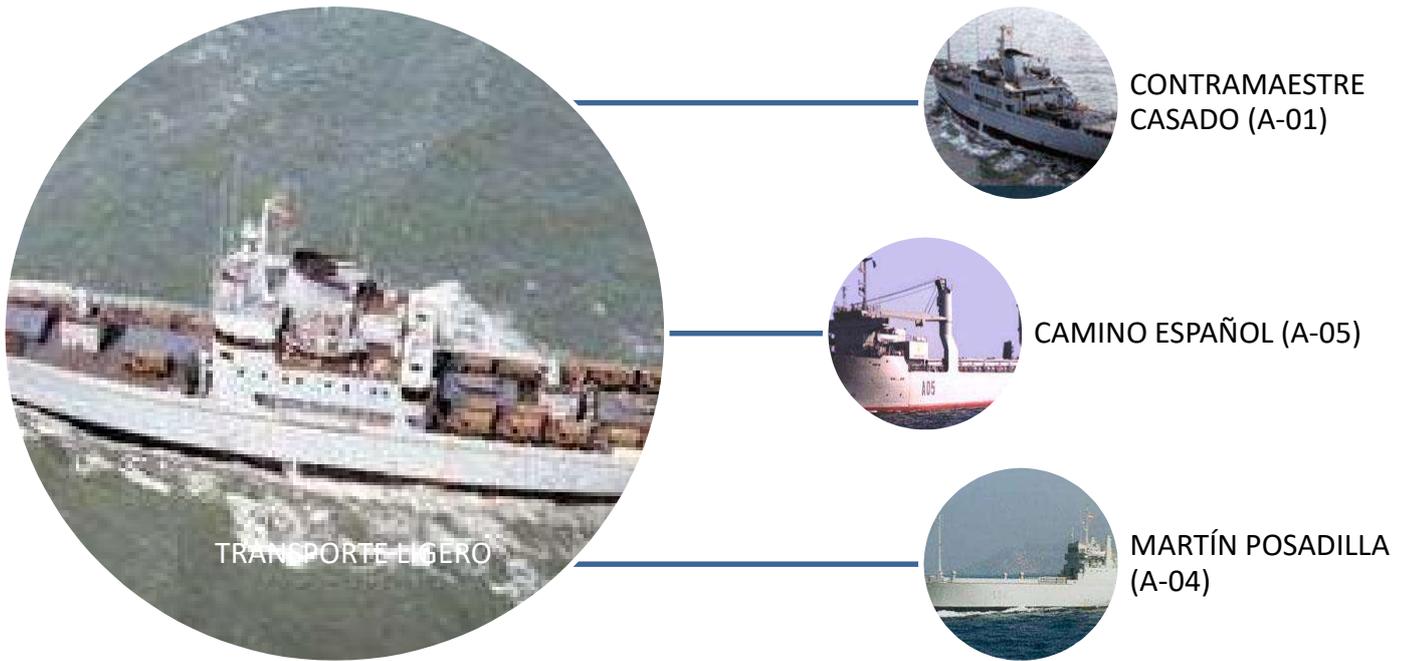


Figura 2.35 Buques de transporte ligero [7]

2.3.3.7 Buques Auxiliares

En este grupo de buques se encuentran todos aquellos cuya función es prestar una ayuda al resto de unidades de la Armada. Se puede observar una división, como la mostrada en Figura 2.36 Buques Auxiliares:

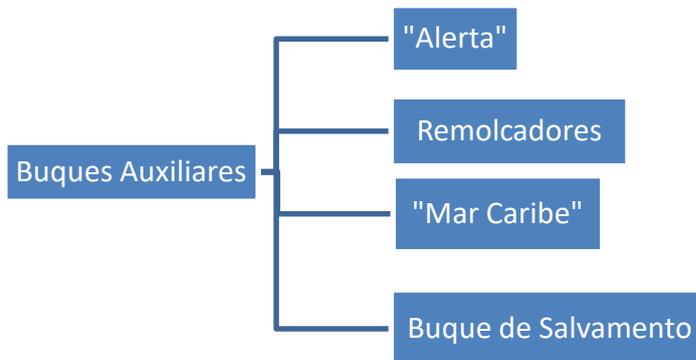


Figura 2.36 Buques Auxiliares [7]

- Buque “Alerta”: Este buque (Figura 2.37 Buque Alerta) presta las funciones de transporte logístico y ayuda en mantener la soberanía del Estado español, protegiendo sus intereses. Otra de las principales funciones de este buque, es la de hacer inteligencia para la Armada, y en general para el Estado.



Figura 2.37 Buque Alerta [7]

- Buques remolcadores: Estos buques (Figura 2.38 Remolcadores) están diseñados para proporcionar la ayuda necesaria a las unidades de la Armada, que necesiten ser remolcadas y en ejercicios de tiro. También prestará ayuda a los buques civiles que se designen. No obstante también ejerce vigilancia marítima e inspección pesquera.

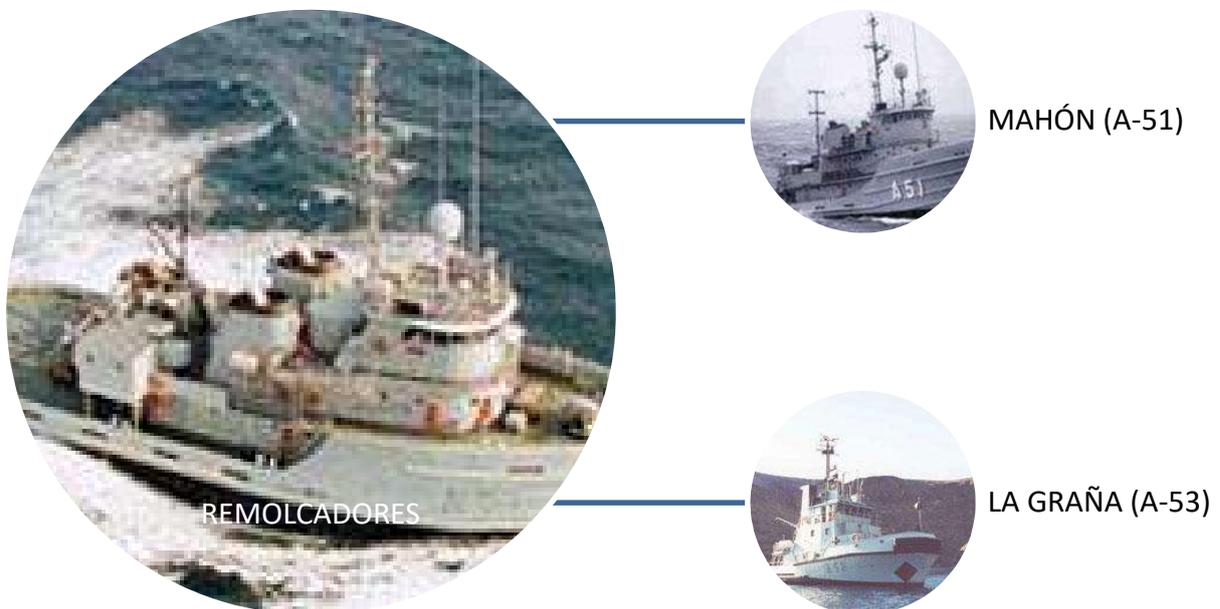


Figura 2.38 Remolcadores [7]

- Buque “Mar Caribe”. El buque de la Figura 2.39 Buque Mar Caribe, puede realizar remolques a buques de gran desplazamiento como los buques anfibios o los buques logísticos. Al igual que los buques anteriores, hace patrullas marítimas; recoge minas, torpedos y boyas. Así mismo llevará a cabo operaciones de salvamento y rescate u operaciones con helicópteros. En su cubierta lleva estibados diversos containers, embarcaciones del Instituto Hidrográfico de la

Marina y material de estiba y embalaje. En los últimos años se le han adjudicado tareas como el suministro de material a los Peñones e islas de soberanía nacional.



Figura 2.39 Buque Mar Caribe [7]

- Buque de Salvamento: Es empleado en cualquier tipo de operación subacuática en la que se requiera un proceso de detección, localización, reconocimiento e intervención del objeto sumergido. El buque se muestra en la Figura 2.40 Buque Neptuno.



Figura 2.40 Buque Neptuno [7]

2.3.3.8 Buques de Investigación Oceanográfica (B.I.O.)

Ambos buques (Figura 2.41 Buques de Investigación Oceanográfica) poseen una misión principal, que es la de realizar campañas de investigación científica. El “Hespérides” atraviesa todos los mares y océanos del mundo, incluyendo las Zonas Árticas y Antárticas; mientras que “Las Palmas” está centrado en la Antártida. Un mes al año, el Ministerio de Defensa se hace cargo del “Hespérides” para sus campañas de investigación en la Zona Económica Exclusiva y en la Plataforma Continental. “Las Palmas” representa un apoyo fundamental para las bases científicas asentadas en la Antártida; es su apoyo logística, médico y de personal, y el encargado de empezar y terminar la temporada de investigaciones.



Figura 2.41 Buques de Investigación Oceanográfica [7]

- Buques hidrográficos clase “Malaespina”: La misión principal de esta clase de buques (Figura 2.42 Buques Hidrográficos Clase "Malaespina") es la obtención de datos que permita la posterior elaboración de la Cartografía Náutica Oficial de España. Con sus múltiples navegaciones, se conseguirán actualizar los Derroteros, Libros de Faros y el Libro de ayudas Radioeléctricas.

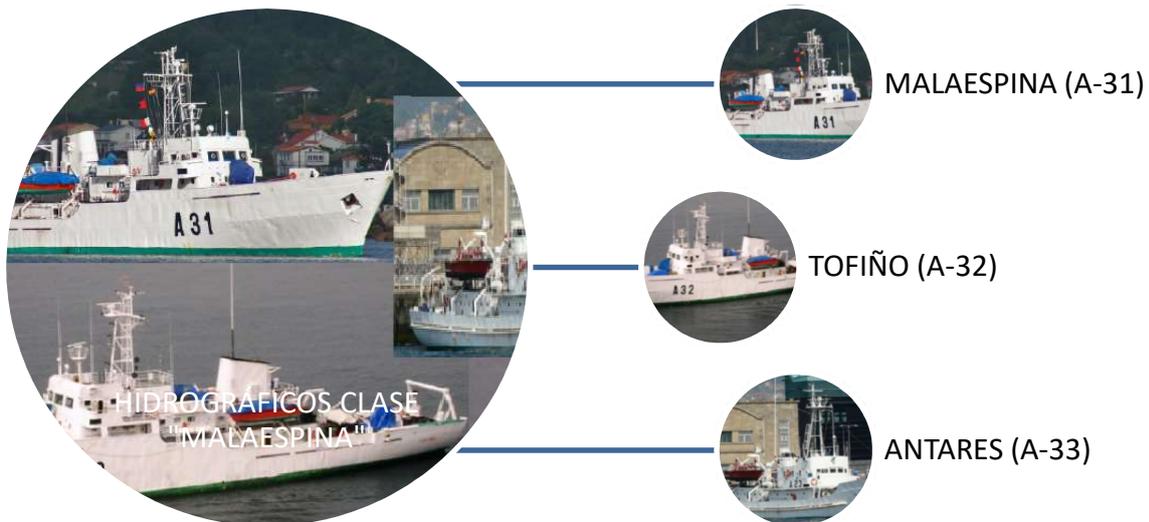


Figura 2.42 Buques Hidrográficos Clase "Malaespina" [7]

2.3.3.9 Buque Escuela Juan Sebastián Elcano

Uno de los pocos buques de vela de la Armada. Se trata del buque más antiguos que posee, ver Figura 2.43 Buque Escuela Juan Sebastián Elcano. Éste buque forma una parte esencial en la formación de Oficiales. Durante unos pocos meses, todos los años, una promoción entera de Guardias Marinas embarca en él para hacerse a la mar. Este supone el primer gran viaje para los alumnos, en el que comenzarán a desarrollar sus facultades como marinos y líderes. Además de Buque Escuela, esta unidad sirve de embajada flotante, ya que supone un apoyo a la política exterior española. A bordo se reciben diversas autoridades, tanto civiles o militares, como nacionales o extranjeras.



Figura 2.43 Buque Escuela Juan Sebastián Elcano

2.3.4 Desarrollos futuros

En la actualidad los únicos buques en construcción para la Armada española son los nuevos Buques de Acción Marítima (B.A.M.) [8]. Se prevé el caso de las Fragatas F-110, pero el proyecto aún está en curso; no están del todo definidos los objetivos que éstas han de cumplir.

Centrándose en el proyecto de los nuevos B.A.M. (ver Anexo II: Planos de los B.A.M.); estas unidades representan un avance tecnológico. Hasta ahora todos los buques de la Armada habían incorporado lanzadores de chaff y unas cajas de urgencia donde éstos iban almacenados. Es aquí donde se encuentra el gran cambio; en la nueva construcción aparecen unos pañoles específicos para los chaff. El problema principal como se ha comentado en el apartado de Introducción, es que las cajas sólo están previstas para ser empleadas durante un corto periodo de tiempo. Por el contrario, lo que está sucediendo en realidad es que la munición está siendo almacenada en las cajas estancas carentes de ventilación o refrigeración, en caso de que la temperatura aumente.

El problema queda reducido, pero no eliminado (ver Figura 2.44 Plano cubierta del B.A.M.). El tiempo de exposición a altas temperaturas queda reducido de manera notoria; el inconveniente surge a la hora de alistar al barco en su máximo nivel. Este grado se puede extender en el tiempo, es decir, durante un periodo prolongado los chaff se encuentran almacenados en las cajas de urgencia. Esta vez los parasoles han sido sellados. El aire entre la caja y las láminas es estanco y actúa a modo de aislante.

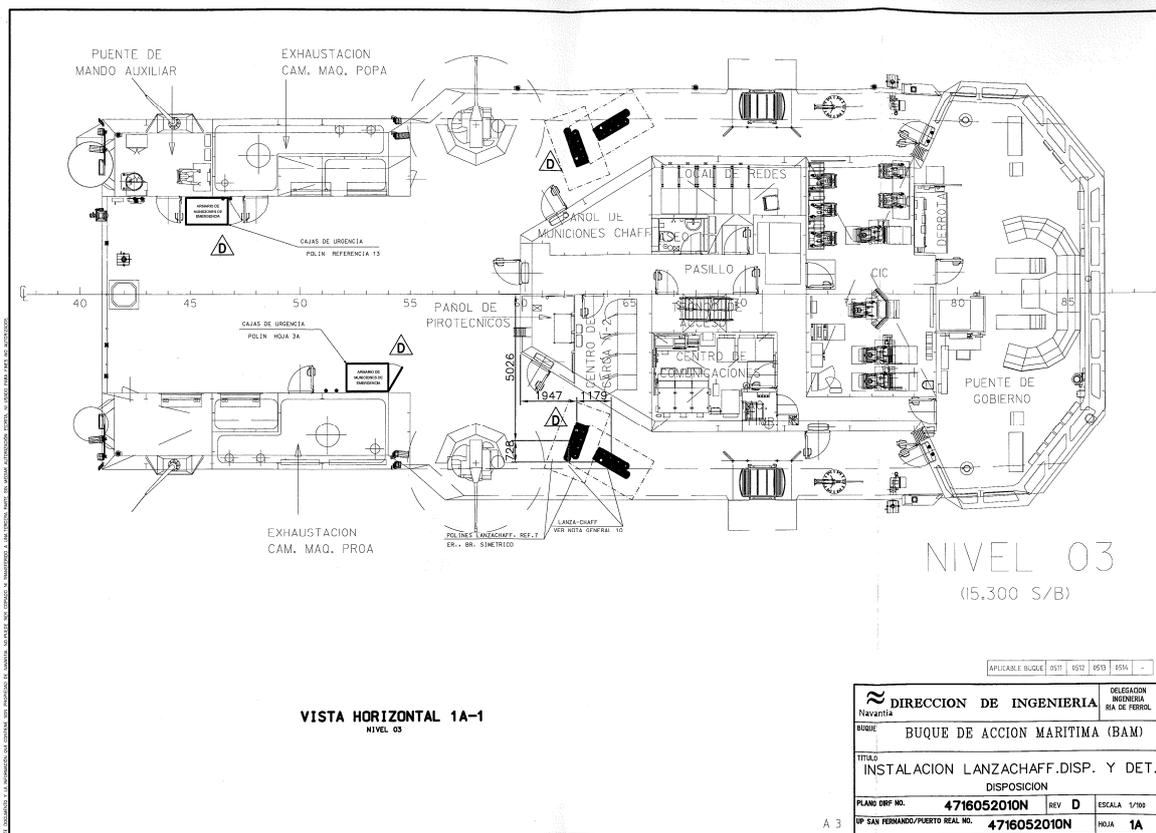


Figura 2.44 Plano cubierta del B.A.M. [8]

Este nuevo sistema contiene todos los elementos necesarios para crear un entorno seguro donde almacenar la munición evitando así que ésta se estropee o deteriore.

El nuevo pañol posee una estación de radiado, para emplear en caso de emergencia. También lleva integrada una pizarra de anotaciones y dos espacios para almacenar un termómetro y un higrómetro.

Dadas las dimensiones del pañol, es necesario añadir un sistema de alumbrado cuyo interruptor se encuentra en el exterior por mayor seguridad.

El principal elemento que hace mantener la tempera de manera estable es un intercambiador de calor. Un serpentín de agua, situado en los costados del pañol, absorbe el calor que se encuentra en el interior. Este sistema es regulado a través de dos termómetros. Todo esto se puede observar en la Figura 2.45 Plano pañol de munición chaff.

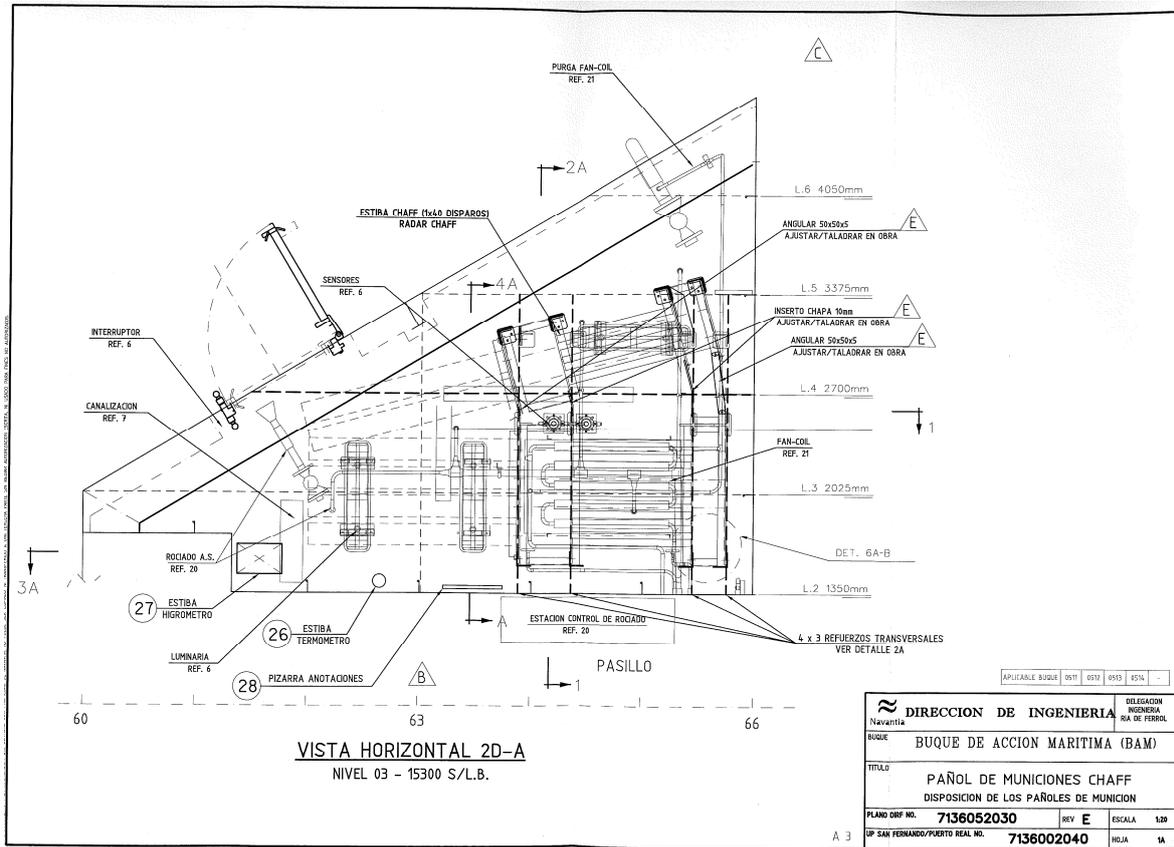


Figura 2.45 Plano pañol de munición chaff [8]

Los mamparos exteriores del pañol, se encuentran reforzados por una pared balística.

Como en el caso de las cajas de urgencia, este pañol consta de unas bandejas que actúan de soporte para los chaff. En lugar de ser una chiller (ver Figura 2.46 Bandeja de chaff) formada por una placa con los huecos necesarios para introducir la munición, se trata de una lámina plegada en varios valles con el tamaño del artefacto. También consta de los retenedores que permiten la correcta estibación del material, evitando así que se salgan de su sitio con cualquier golpe de mar.

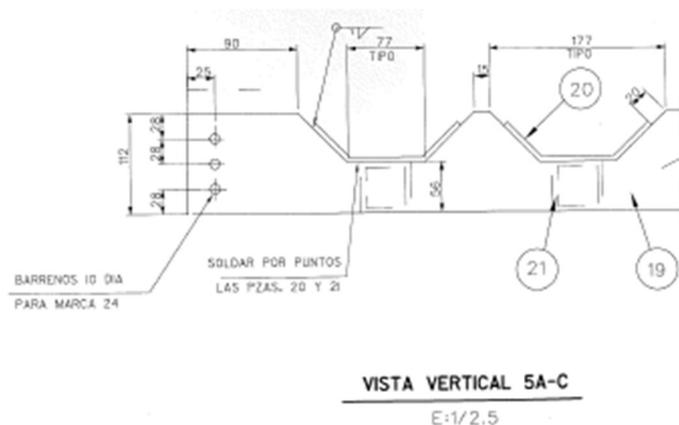


Figura 2.46 Bandeja de chaff [8]

Otra de las mejoras previstas es la del empleo de las pinturas mencionadas en el apartado 2.2 Descripción de la caja; si el resultado obtenido en los ensayos es favorable y cumplen con los requerimientos.

2.4 Afecciones

Dentro de este apartado existe una gran variedad de causas. Todas ellas derivan en dos consecuencias relevantes: económica y seguridad.

A lo largo de las navegaciones realizadas por los diferentes buques de la Armada, se ha podido observar que la munición almacenada como de emergencia, se deteriora. Como ya se ha explicado antes, esto es debido a las inclemencias meteorológicas que soporta de manera indirecta. La alta temperatura, es una de las principales causas. Lo que aparentemente puede parecer un mal menor, puede tener graves consecuencias para el buque que lo porta (explosiones).

Se puede comenzar hablando del alto coste que esto representa. Todos los materiales que no han llegado a emplearse durante su tiempo de vida de servicio, han de ser desmilitarizados una vez caduquen. Previamente la misma munición pasará por unos reconocimientos periódicos (dos cada año); también podría haber sido sometida a reconocimientos extraordinarios. Un tercer paso que puede estar presente en la vida de la munición es la prórroga.

Todos estos pasos que pueden parecer habituales, y de hecho algunos lo son; no representan el problema, sino el momento en que se realizan. Una desmilitarización adelantada, supone mayor gasto en munición; esto implica que en el mismo periodo de tiempo, se ha empleado mayor número de material que el necesario en condiciones normales. Lo mismo ocurre con las pruebas. Las que son de reconocimiento periódico, se encuentran incorporadas en el presupuesto de la Armada; pero aquellas que como su nombre indica son de reconocimiento extraordinario, suponen un gasto suplementario para la institución.

En el caso de la Armada todo esto supone un gran inconveniente. El presupuesto con el que cuenta es bajo. Si a este hecho se le añaden problemas con los que no se cuenta, el resultado es una armada segura pero sin presupuesto para modernizarse. A parte de las consecuencias económicas, también se encuentran las de seguridad. En ellas se agrupa todo lo que implica un riesgo para la dotación y el propio buque.

El personal de artillería se encuentra continuamente expuesto a los riesgos que suponen el manejo de munición. Una detonación o una deflagración de la munición o cualquiera de sus componentes suponen un riesgo para el personal que la maneja, y todo aquel que se encuentre a sus alrededores. Dado que la posición habitual de ésta es estratégica, el área de daños es considerable. Los daños

pueden ir desde sistemas del buque (disminuirían la capacidad operativa del mismo) hasta personal de la dotación.

Esta detonación espontánea puede ocurrir en cualquier momento; desde su almacenamiento cuando aún no ha sido manipulada, hasta en el momento de su empleo al ser municionada el arma o encontrándose en reposo en el ánima de ésta.

La degradación de la munición, no sólo implica su detonación. También está contemplado su mal funcionamiento, es decir, que no alcance las características para las que fue diseñado. En el caso de la munición entendida como de armas portátiles o de pequeño calibre, si ésta se encuentra en mal estado puede suponer la inutilización del arma o simplemente que no se alcance la distancia esperada. Si se contempla el caso del Chaff, que no alcanzase los requisitos para los que ha sido diseñado, conllevaría al buque que lo lanza estar al descubierto ante un misil.

Estas posibles situaciones, derivan de la inestabilidad química causada por una conservación inadecuada de la munición.

Es necesario añadir, que cuando la munición se considera caducada, no todos sus componentes lo están. Este hecho permite recuperar ciertos elementos y volver a ensamblarlos para formar un nuevo componente. Este proceso está presente en el caso de lo Chaff. Sólo se podrá llevar a cabo si dichos componentes están en buen estado. Como se acaba de comentar, la inestabilidad química a la que se ve sometida la munición puede acarrear que éste proceso no sea posible.

Hay que tener en cuenta, que existen dos tipos de situación: en la mar y en puerto. En la mar cualquier problema derivado de las inclemencias meteorológicas cuenta con una alta probabilidad de evitar un incidente. Siempre existe personal del destino de artillería de guardia; de no estarlo sería fácil su localización. En cambio, durante las guardias de puerto esta situación no sucede al no haber necesariamente un artillero de guardia. A pesar de que el personal de guardia ha de conocer los procedimientos a seguir; la experiencia demuestra que la capacidad de reacción y el estado de alarma del personal de artillería frente al personal que no lo es, ante una situación de peligro, es mayor.

3 DESARROLLO DEL TFG

3.1 Descripción de las posibles soluciones

3.1.1 Disminución de la temperatura

Tras el estudio realizado de estas cajas, y la recopilación de los diferentes testimonios de la dotación, se han podido inferir en dos grupos principales que contribuirían a disminuir la temperatura del interior de las mismas: mejora del sistema actual y medios de refrigeración.

3.1.1.1 Mejoras del sistema actual

Dentro de la modificación del modelo ya existente podemos subdividir en dos grupos generales: aislantes y pinturas.

3.1.1.1.1 Aislantes

Dentro del primer subgrupo se encuentran: todos los aislantes empleados en la Armada, aislantes convencionales, así como superaislantes. En la actualidad la caja carece de aislante. El aire encerrado entre la pared de la caja y los parasoles es el único elemento que se puede considerar como aislante. A pesar de ser un medio comúnmente utilizado en la industria, él solo no es suficiente para mantener el interior de la caja a la temperatura adecuada. La temperatura a la que se ve sometida la lámina de aluminio es demasiado elevada para que una capa de aire tan fina aisle la caja.

- ***Aislantes de la Armada***

Los aislantes contemplados y empleados por la Armada dentro de sus buques son: lana de roca, fibra de vidrio y espuma elastomérica. La conductividad térmica de estos materiales es aproximada a los parámetros deseados. Una de sus principales características, es que son incombustibles; es decir, no arden debido a su procedencia inorgánica. Además, al ser empleados en otras partes de los buques, no supondría un gran coste su adquisición. A parte del bajo gasto que suponen, por ser elementos industrializados. Los dos primeros se venden en forma de manta, lo que facilita su manejo y adaptación a las formas requeridas.

- **LANA DE ROCA:** se engloba en la familia de lanas minerales (ver Figura 3.1 Lana de roca). Es un aislamiento con buena capacidad térmica, gracias a su estructura fibrosa multidireccional. Entre los diferentes hilos es capaz de encerrar aire relativamente inmóvil. También presenta buenas condiciones para el aislamiento acústico. Por estas dos razones es empleada en las zonas de máquinas; ya que satisface las exigencias del destino. Presenta un bajo factor de resistencia a la difusión del vapor de agua ($\mu=1$) [9]. En cuanto al de conductividad térmica oscila entre los 0,03 y los 0,05 W/mK [9]. Incluso es capaz de soportar picos de temperatura. Por otro lado es un material no combustible, por ello, la clasificación europea que se le puede llegar a otorgar es A1. Además de esta gran resistencia, presenta durabilidad.

No es un elemento corrosivo, de hecho presenta una gran resistencia a la humedad. También posee resistencia a la compresión, a pesar de que sea fácil de manejar y se ajuste al medio en el que va a servir.



Figura 3.1 Lana de roca

Una de las principales características que presenta a lo largo de su fabricación, es que es un producto sostenible. Durante su producción apenas se daña al medio ambiente; y los materiales de desecho que son generados, se reutilizan a lo largo de su producción. No genera gases ni humos tóxicos.

A pesar de todas estas propiedades, no está concebida para ser empleada en exteriores.

Para su instalación se requieren: protector ocular, mascarilla, mono de trabajo y guantes.

- **LANA DE VIDRIO:** al igual que la lana anterior, su origen es natural. Está compuesto por filamentos del material que le da el nombre, y un aglutinante que los une. Es un aislante con mejores características térmicas que la lana de roca, teniendo un factor de conductividad que oscila entre el 0,03 y el 0,05 W/mK [9]. Al igual que esta última es incombustible; alguna empresa llega a poseer clasificación A1 según la Euroclase⁹. Se trata de un material hidrófugo, es decir, no absorbe ni transmite la humedad por su interior.

Posee una compresión fácil, llegando a reducirse hasta diez veces su tamaño original; por ejemplo en el empaquetado [10].

Este material posee una gran documentación y contratación sobre su alto rendimiento. Incluso hay proveedores que aseguran llevar más de 70 años trabajando con esta lana [10]. La misma empresa afirma emplear un 50% de vidrio reciclado.

Al igual que en el anterior caso, para su instalación el operario ha de portar: protector ocular, mascarilla, mono de trabajo y guantes; como se muestra en la Figura 3.2 Instalación lana de vidrio.

⁹ Euroclase: grado de reacción al fuego de acuerdo con la norma EN 13501-1 (Anexo III: Tabla Euroclas)



Figura 3.2 Instalación lana de vidrio [11]

▪ **ESPUMA ELASTOMÉRICA [12]:** se emplea en el interior del buque como recubrimiento de tuberías. El calor ha de atravesar la agregación de burbujas por la que está compuesto. Esta estructura le aporta una gran flexibilidad, gracias a la cual se adapta al contorno del elemento a cubrir. Para favorecer esta adaptación, las dos caras que presenta el aislante son lisas. Su origen puede ser tanto natural como sintético. Tiene un excelente rendimiento en baja y media temperatura; siendo el margen de temperaturas para trabajar de forma óptima, entre -40°C y 105°C .

Otra razón de su uso, es el alto control de la condensación que presenta. También es empleado como retardante de fuegos. Este material se puede encontrar en diversos formatos: láminas, bloques, dosificadores de espuma, etc.



Figura 3.3 Tuberías recubiertas en espuma elastomérica [12]

Presenta resistencia a los rayos UV. Así como una elevada resistencia mecánica, y a los impactos.

Para su instalación no es necesario portar ningún elemento asegurador. Sólo será necesario aplicar un adhesivo especial.

- **ESPUMA DE POLIURETANO:** coloquialmente conocido como gomaespuma. Su origen es natural. Al igual que el anterior material, es flexible. Presenta una buena impermeabilidad al agua, de ahí que sean empleados en los túneles.

La elevada resistencia a los agentes químicos (origen orgánico e inorgánico), junto con la alta resistencia a la intemperie; le hacen ser un elemento utilizado en exterior. Sólo es necesaria la aplicación de un protector contra los rayos UV.

También posee una alta resistencia mecánica, de compresión y deformación.

- ***Aislantes convencionales***

Para los aislantes de convencionales se ha optado por aquellos que están siendo empleados en la construcción. Suponen un elemento que cumple gran parte de las condiciones buscadas. Su fabricación es masiva, disminuyendo así su precio de venta. Dentro de esta subdivisión se contemplan aislantes como el poliéster expandido paneles tipo sándwich.

- **POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS):** como en el caso de la espuma de poliuretano es muy ligero; pero no tanto como éste. Esta baja densidad se debe a que su estructura se encuentra llena de aire; lo que le otorga un alto volumen pero un bajo peso. En caso de incendio no forma llama, y se sublimaría. Posee una alta resistencia a la absorción del agua. Sólo se ve afectado por la radiación directa del Sol.

El EPS es empleado en diversas formas como aislante térmico. Es un producto industrializado, lo que hace que su precio de venta sea más bajo que otra clase de aislantes.

Su manejo permite que el operador no lleve ningún elemento protector.

- ***Superaislantes***

Dentro del tercer subgrupo de aislantes, se localizaban los superaislantes. En él, se encuentran los materiales que proporcionan una reducción drástica de la transferencia de calor. Son materiales de nuevo hallazgo, que pretenden solucionar dos problemas esenciales: el ahorro de energía y espacio. El primero se entiende buscar que estos materiales sean capaces de proporcionar mejores aislamientos; y así ahorrar energía en intentar que el recinto en el que se colocan se encuentre a la temperatura adecuada. El segundo, implica que estos materiales proporcionen las mismas ventajas que los ya existentes, pero con un grosor menor.

El aerogel es uno de los aislantes con más ambiciones de futuro. Es el aislante con las mejores características hasta ahora conocidas. Su fabricación se puede efectuar a través de diferentes materiales como: sílice, circonio, alúmina, óxido de cromo, estaño o carbono.

- **AEROGEL DE SÍLICE [13]:** coloquialmente se le conoce como humo azul o humo helado. Es un aislamiento térmico de reciente descubrimiento. Es un material translúcido, con un ligero color azulado dependiendo del grosor de la lámina; de aquí proceden sus nombres coloquiales. Presenta unas características inigualables (ver Figura 3.4 Aerogel calentado). Se podría decir que es el aislamiento por excelencia de no ser porque sus cualidades quedan debilitadas al entrar en contacto directo con el agua. A pesar de ello, es ignífugo y su resistencia a los golpes y la presión repartida son altas. Llegando incluso a soportar 1000 veces su peso. No es tan denso como los polímeros, pero aun así resulta ligero. Se trata de una sustancia coloidal, compuesto por más de un 90% de aire.



Figura 3.4 Aerogel calentado [14]

El aerogel se emplea como aislante térmico de ventanas, gracias a que es un material translucido.

Muchos de estos aislantes mejorarán su capacidad mediante la unión de varios de ellos. Al colocar materiales con diferentes propiedades, permite obtener un resultado mejor. Por ejemplo, si una lámina de poliuretano expandido ($0,019 < \lambda < 0,040$) [9] que resulta altamente inflamable, se recubre con lana de vidrio ($0,030 < \lambda < 0,050$) [9] resulta más eficiente. El problema de ser inflamable queda minimizado en un alto porcentaje gracias a la lana de vidrio; y al colocar una plancha con menor conductividad que la lana, disminuirá el calor que traspasa al interior de la caja.

3.1.1.1.2 Pinturas

En el segundo subgrupo se encuentran las pinturas. Podrían ser clasificadas dentro de los aislantes, pero se ha preferido darles una mayor relevancia. Este grupo se engloba dentro de la nanotecnología.

- SUPER THERM [15]: se trata de un recubrimiento con origen en la NASA. Está compuesto por una base acuosa, una base de uretanos alifáticos de alto rendimiento, material plástico elastomérico-acrílico, resinas de alta calidad y cuatro tipos de componentes cerámicos. Gracias a estos últimos, resiste a las altas temperaturas, repelen y no absorben el calor; lo anterior conlleva un menor espesor para un mismo aislamiento térmico. También contiene nitrato de plata, que le libera de mohos y patógenos. Como se ha podido observar, entre los componentes no existen disolventes, ni plomo.

Este tipo de aislamiento reduce la temperatura tanto en el interior, como en el exterior del elemento que proteja. El recubrimiento cerámico no sólo repele, también bloquea el calor no reflejado; volviéndolo a emitir. De éste modo evita la transferencia de calor por conducción. Es una envoltura que se encuentra fría todo el tiempo, sin llegar a recalentarse.

Los cuatro tipos de componentes cerámicos le aportan membranas (ver Figura 3.5 Composición Super Therm) del mismo número y nombre. Estas membranas pretenden combatir con todos los tipos de transmisión de calor. La clave de este aislamiento se encuentra en los huecos microscópicos que quedan entre las diferentes partículas cerámicas. Estos huecos forman pequeñas burbujas denominadas Ceramic Bubbles, en cuyo interior se encuentra encerrado gas inerte. Entre las micropartículas de compuesto cerámico y las burbujas de gas inerte, el calor apenas es capaz de traspasar la capa de pintura.

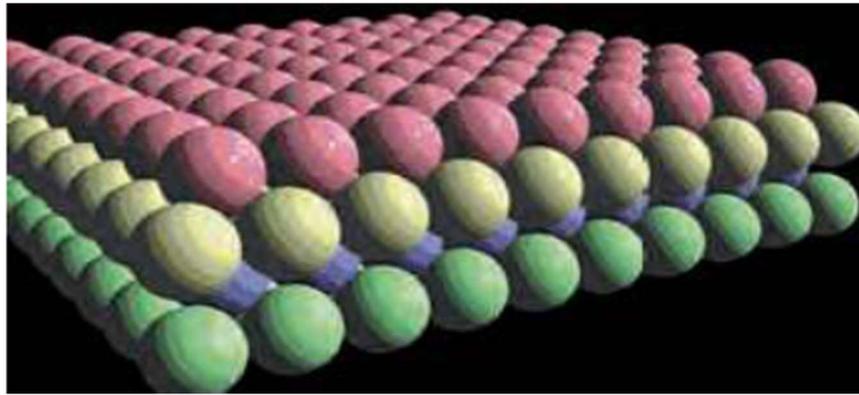
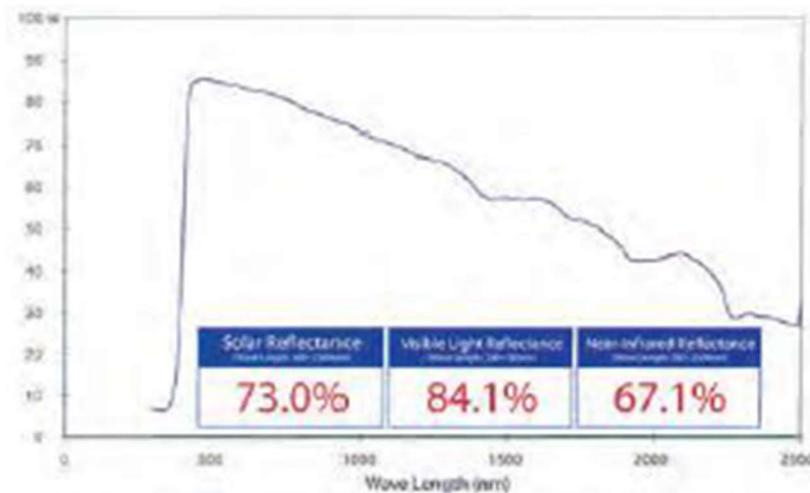


Figura 3.5 Composición Super Therm [15]

Según los datos aportados por el proveedor, este material refleja el 95% de la radiación solar. Se trata de un elemento impermeable e ignífugo. Además absorbe el 68% de las ondas sonoras. Esta membrana flexible se encuentra libre de condensación, y con ello de corrosión. Como en el caso de las lanas, este fabricante asegura una clasificación A1 según la Euroclase. Super Therm proporciona un sellado contra la humedad y el flujo de aire; evitando así la transferencia de calor por convección.

A pesar de recubierto con otra capa de pintura diferente, o con papel; el proveedor asegura el cumplimiento de sus características. Se emplea como aislamiento en: hangares, estaciones, aeropuertos, estadios, autobuses, barcos, etc. La misma empresa asegura una durabilidad de unos 20 años, y por ello da una garantía de 10 (ver Gráficas 3-1 15 años de vida).



Gráficas 3-1 15 años de vida

Para la instalación de este material el personal requiere llevar: guantes y un mono de trabajo.

- HOT SURFACE COATING (HSC) y HOT PIPE COATING (HPC) [15]: al igual que el Super Therm, el HSC es un aislante cerámico para altas temperaturas ($HSC < 175^{\circ}C$ y $176^{\circ}C < HPC < 370^{\circ}C$). Este elemento previene la pérdida de calor que se puede encontrar en tubos o recipientes de líquido o gas a altas temperaturas. Más concretamente previene la pérdida de calor por conducción y radiación.

Se forma a partir de una combinación de cerámicos y resinas a base de agua; de forma no inflamable.

Su aplicación es directa, es decir, no hace falta detener la producción se puede implementar este aislante directamente a la tubería cuando está caliente. Su diseño permite una adhesión inmediata. Además son muy fáciles de aplicar.

3.1.1.2 Medios de refrigeración

En el segundo grupo se han contemplado cualquier tipo de refrigeración (ver Figura 3.6 Intercambiador de calor) [6]. Ésta puede ser llevada a cabo por tres tipos de refrigerantes: aire, agua o refrigerante comercial. En definitiva un intercambiador de calor.

Estos elementos no permiten que los dos fluidos que participan en el proceso se mezclen. Entre los fluidos el intercambio de calor se realiza por conducción, mientras que dentro de cada fluido existe convección. Para el caso de estudio, el mejor intercambiador a emplear es el compacto; ya que con él se puede atacar mayor superficie. Se trata de una serie de placas delgadas, colocadas en paralelo y con muy poco espacio entre ellas; en dicho espacio se puede encontrar aire moviéndose de manera transversal. Las placas son atravesadas por una serie de tubos perpendiculares a las placas. En su interior se encuentra el refrigerante empleado, en este caso, para enfriar la caja. A este tipo de circulación en perpendicular se le denomina, flujo cruzado. En éste caso el fluido caliente será el aire, que al ser atravesado por el agua de mar se enfría. Dependiendo de la presión a la que circule éste líquido, será capaz de enfriar mayor o menor volumen de aire.

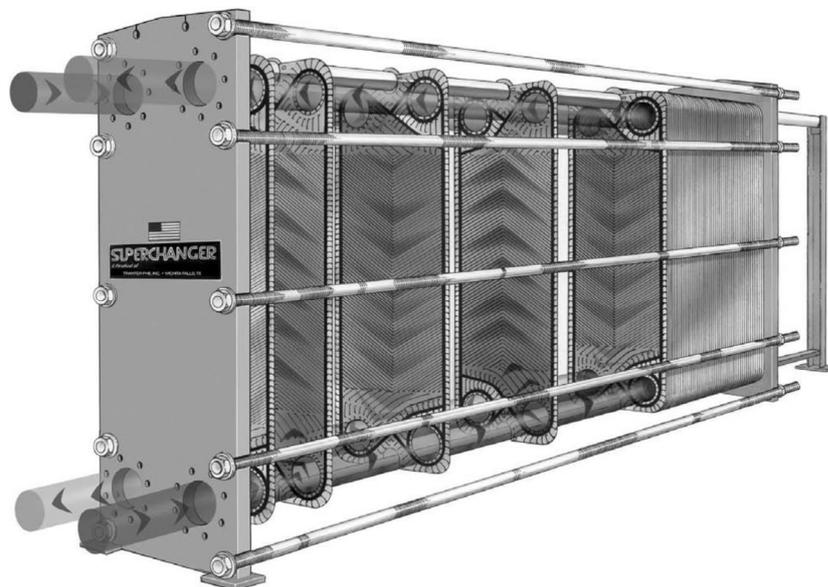


Figura 3.6 Intercambiador de calor [6]

Con respecto a los refrigerantes, como se mencionó antes, se han contemplado tres tipos. Para el primero, sería más complicado; en primer lugar habría que enfriar el aire que circulase por los tubos, esto conlleva más maquinaria y con ello mayor gasto de energía. En el segundo caso, se ha contemplado el agua de mar; aparentemente tiene una instalación más sencilla. El único cambio que habría que implementar es la extensión de una tubería procedente del Circuito Contra Incendios (CCI). En cada cubierta del barco se encuentra un anillo que forma parte del CCI, y recorre todo ese nivel. Diversas refrigeraciones de la maquinaria y sistemas del buque cuelgan del CCI. Por último, se contempló la posibilidad de realizar un circuito de refrigeración propio de la caja e independiente del exterior. Resulta más caro.

Por último, se ha considerado emplear una mezcla de los apartados anteriores. De este modo se consiguen las mejores características de cada grupo. Las dos opciones unidas en una sola, permitirían solventar los problemas de una con la otra y viceversa. Así la unión de múltiples secciones de aislante y un circuito refrigerante; por un lado aislará mejor del calor radiado por los paneles, y por otro disminuirán la energía necesaria para enfriar las cajas.

3.1.2 Tratamientos anticorrosivos

En este documento también se contemplan pinturas que evitan la corrosión provocada por el ambiente marino. Todas ellas forman parte del mismo proveedor que las pinturas bloqueadoras del calor. En este apartado solo se han incluido las pinturas cuyo objetivo principal es el de evitar la corrosión.

- ENVIROPEEL [16]: pintura para exteriores a base de una mezcla entre un termoplástico e inhibidores de corrosión. Se trata de un sellador, que se ajusta y adapta a bridas y válvulas, principalmente. Esta capa protectora evita y detiene la oxidación y la corrosión galvánica, de los diferentes elementos expuestos a las inclemencias naturales. Objetos que por su funcionalidad no pueden encontrarse en otro lugar. Estas circunstancias excepcionales les dotan una mayor probabilidad de ser dañados por el medio ambiente. Gracias al encapsulamiento que genera Enviropeel, el elemento a proteger queda privado de la humedad exterior.

Esta pintura se podrá retirar con facilidad en cualquier momento; dejando el objeto que recubría intacto; como se muestra en la Figura 3.7 Pieza envuelta en Enviropeel. El deshecho que se crea de esta acción es reutilizable. Este caparazón inhibidor de la corrosión se crea a partir de unos tubos termoplásticos que se licúan.



Figura 3.7 Pieza envuelta en Enviropeel [16]

El área a recubrir puede ser total o parcial, es decir, se pueden recubrir sólo aquellas piezas que sean propensas a la corrosión. Este tipo de material se puede emplear sobre elementos ya montados; sin importar el tamaño de los mismos. Todo ello a fin de evitar la necesidad de cambiar las piezas dañadas. Resultando más económico Enviropeel que el hecho de reemplazar los elementos dañados; aunque se trate de unos simples tornillos. Como muestra la Figura 3.8 Eje envuelto en Enviropeel.



Figura 3.8 Eje envuelto en Enviropeel [16]

Se trata de una solución innovadora que se está empleando en todas las partes del mundo, para problemas tan diversos como: puentes, refinerías, elementos de barcos, etc. Está compuesto por dos etapas: preparación superficial y encapsulamiento.

Para su instalación hace falta: equipo de aplicación (tanque de calentamiento y la pistola), guantes, un mono de trabajo, protección ocular y auditiva.

- RUST GRIP [17]: como en el caso anterior, este producto detiene y protege de la corrosión. Es un poliuretano que cubre por completo la superficie a proteger, incluso aquellas partes que ya estén afectadas por la corrosión. Mediante un proceso interno, este material sigue una serie de reacciones hasta llegar a la base de la corrosión; para eliminarla y posteriormente conservar la pieza de un nuevo proceso de corrosión. Esta penetración puede llegar a atravesar antiguas capas de pintura o barniz, llegando a la superficie a tratar y ejecutando su proceso sin diferencia alguna. Esto se debe a que Rust Grip expulsa los óxidos y obtura los poros microscópicos de la superficie a tratar. Para evitar una posible penetración de aire o humedad, el producto sella los huecos de aire existentes entre la superficie y el barniz.

Esta membrana protectora es de alta durabilidad y consigue formar parte de la red molecular de la base. Crea así una barrera protectora ante el vapor de agua, resistente a golpes y rozamiento, a altas temperaturas y a la radiación UV. También presenta cierta resistencia al deterioro provocado por componentes químicos (ácidos, bases, sales, aceites y petroquímicos). Otra de sus características es la resistencia al deterioro provocado por bajas tensiones o corrientes eléctricas. Cuando Rust Grip sea aplicado encima de antiguas pinturas tóxicas, éste aparte de proteger de la corrosión, actuará de sellador volviéndolas inofensivas para el medio ambiente.

Este producto es de fácil aplicación; la única actividad a realizar antes de su aplicación es la de raspar ligeramente la superficie a tratar para eliminar la pintura más deteriorada. Por ello también supone un proceso de bajo coste; consigue eliminar el empleo previo de un chorro de arena. Ya no es necesario realizar el proceso de tres barnices: primer, base y acabado.

La empresa proveedora asegura una durabilidad de más de 15 años con una única capa.

- ENAMO GRIP [17]: esmalte de poliuretano alifático, empleado en la protección de la humedad. Se obtiene una película lisa incolora, sin poros para proteger de la acción de agua. No crea pliegues. Posee un aspecto semibrillante que queda extendido de manera homogénea sobre la superficie del elemento a cubrir. También presenta una alta resistencia a roces, golpes, manchas y ciertas sustancias químicas (como ácidos y disolventes). Las superficies pintadas con este material quedan con una propiedad antideslizante. A su vez, protege contra los rayos UV.

A pesar de ser un elemento incoloro, puede ser teñido de cualquier color.

El proveedor presenta esta pintura como ideal para barcos y superficies sumergidas. También recomienda su combinación con Super Therm, para la obtención de mejores resultados. Asegura una vida de unos 20 años como mínimo.

No es un material anticorrosivo o para evitar la oxidación, actúa directamente contra la humedad. Es una medida indirecta ante los anteriores factores.

Obtuvo la clasificación tipo A, tras superar las pruebas contra fuego.

- **MOIST METAL GRIP (MMG) [17]:** producto anticorrosivo que sólo necesita una capa para su aplicación. Se emplea en superficies mojadas o sumergidas dada a la resistencia que tiene al agua. Sistema epoxi¹⁰ de dos componentes y una base de poliamida, con componentes aditivos para facilitar su colocación. Estos elementos son los que aseguran su adhesión al metal, mientras el resto elimina la humedad. Principal se aplica en superficies que no se pueden secar antes de aplicar un producto que evite la corrosión.

Otra de sus cualidades es la resistencia a las altas temperaturas. También presenta resistencia a los productos químicos y disolventes.

Su aplicación puede ser tanto sobre hormigón, metal o madera; con rodillo o brocha.

Se puede aplicar junto a otros productos de la misma gama. Sólo necesita 48 horas para la pieza pueda volver a ser sumergida.

- **SISTEMA ENDU [17]:** sistema impermeable, formado a partir de membranas de poliuretano de alta elasticidad. Ofrece resistencia al desgaste, abrasión y tracción; en definitiva, posee unas excelentes propiedades mecánicas. También destaca por su resistencia a los productos químicos. Dada la oposición que ofrece al agua, y con ello a la corrosión, evita que se cree moho en su superficie.

Presenta una superficie fácil de limpiar, resistente a los rayos UV; llegando a soportar temperaturas de hasta 150°C.

Para facilitar sus zonas de aplicación, posee una gama de ocho colores diferentes.

- **CHLOR-RID:** especial para zonas afectadas por sales y sulfatos. Este sistema pretende neutralizar los efectos de las sustancias anteriormente mencionados, sobre casi todo tipo de materiales.

Su aplicación es fácil, mediante dos métodos: cepillado pistola a presión o pulverización; su aclarado se realiza mediante chorro de agua. Es necesaria la eliminación previa de cualquier grasa o película de petróleo. Así como de toda barrera que le impida al producto alcanzar la zona afectada por las sales.

- **LINNING KOTE [17]:** protector contra sustancias corrosivas. Al igual que el Sistema Endu es un recubrimiento epoxi flexible y de alta durabilidad. Soporta las duras condiciones de ácidos, químicos o solventes. Resiste a la humedad y a las altas temperaturas (hasta 176°C).

En cambio, es necesaria la aplicación de tres capas, cuyo tiempo de curado es de dos meses.

3.1.3 Barreras contra el fuego

En este punto se han querido analizar aquellos materiales o pinturas que pueden actuar de barrera ante las llamas. No es uno de los objetivos principales de estudio de éste proyecto, pero si una característica que le aporta mayor seguridad. Al colocar un aislante de estas características se evitaría la expansión de un incendio al resto del buque.

- **OMEGA FIRE [15]:** esta barrera anti llamas se crea a partir de la combinación de ocho compuestos cerámicos y base de agua. Es libre de plomo o cromo.

A diferencia de otros materiales ignífugos, este recubrimiento no se escama ni deteriora con el paso del tiempo. Mantiene sus cualidades a lo largo del tiempo como la flexibilidad para evitar la delaminación durante el fuego; así como su resistencia a la humedad y al agua.

Al igual que el Super Therm, Omega Fire actúa contra el moho, los hongos y la condensación.

Esta pintura se endurece tras el contacto con llamas, mientras sigue actuando de aislante. La mezcla de resinas es la que se carboniza, junto los componentes cerámicos crea una capa refractaria. Permanece adherido en todo momento a la superficie que pretende proteger; de este modo no crea desperdicios.

Según el proveedor es ideal para:

“Proteger contra el fuego en lugares estratégicos en instalaciones militares”

¹⁰ Sistema epoxi: en él se emplean unas resinas que al entrar en contacto con agentes catalizadores, endurecen.

Su aplicación es fácil y sencilla; no necesita equipos complejos.

- LÁMINA DE ALUMINIO [18]: muchos aislantes ya la incorporan durante su fabricación. Para aquellos que no la incorporen podría ser añadido. Se trata de un aislante contra el fuego, de manera indirecto; ya que su función es evitar cualquier carga eléctrica que pudiese hacer detonar la munición y desencadenase un incendio.

3.2 Comparación de las posibles soluciones

A lo largo de éste documento se compararán diferentes elementos descritos en el apartado Descripción; así como otros que se descartaron y el porqué de este hecho.

3.2.1 Disminución de la temperatura

Como punto de partida en el análisis de los aislantes, se compararán aquellos que son de uso corriente. Es decir, se comparará la espuma elastomérica, la lana de roca y la lana de vidrio; en especial entre estas dos últimas [19].

Ambas lanas poseen características similares. Son aislantes de origen natural, empleados en entornos cerrados para protegerlos de las condiciones medioambientales. Como se aprecia en la Tabla 3-1 Tabla comparativa, su conductividad y densidad se aproximan en valor absoluto. Pero estas pequeñas diferencias han sido decisivas para desmarcarse por una elección para estudiar en la simulación. En esta ocasión ha sido la lana de vidrio la elegida; ya que para alcanzar las mismas condiciones de aislamiento se requiere un menor grosor.

Dentro de los aislantes naturales, también se contempló analizar la lana de oveja, el algodón o el cáñamo. Presentan una conductividad térmica similar; son de procedencia vegetal, incluso alguno posee un alto contenido en producto reciclado. A pesar de ello, han sido descartados. La lana de oveja quedó descartada por ser un material inflamable y biodegradable. Podría ocurrir, que al encontrarse en una zona expuesta a las condensaciones; tras pasado un tiempo, ésta evaporación lo estropease y dejase de cumplir sus funciones como aislante. La lana de algodón también fue descartada por su bajo factor de resistencia a la difusión del vapor de agua; así como el grosor requerido para producir las mismas consecuencias que con la lana de vidrio. En cuanto al cáñamo, su empleo fue descartado debido a que posee una conductividad térmica mayor que la de los elementos anteriormente mencionados. A sí como, porque su precio aproximado supone unas cinco veces el de la lana de vidrio. El resto de lanas vegetales fueron descartadas por los mismos motivos: alto coste, alto factor de conductividad y alto espesor requerido.

La idea de emplear espuma elastomérica ha sido desechada, al igual que con la lana de roca, porque presenta peores coeficientes de conductividad. Así mismo, porque para alcanzar los mismos resultados que con la lana de vidrio es necesario aportar un mayor espesor de aislante, que con ésta.

Por otro lado la espuma de poliuretano, ha sido descartada debido a su condición inflamable. Condición que se opone a las medidas de seguridad que se buscan en estas cajas; ya que podría agravar la situación ante la presencia de un incendio y en lugar de extinguirlo aumentar sus proporciones.

Lo mismo ocurre con el poliestireno expandido, que es inflamable. A pesar de tener un factor de conductividad que destaca por encima de otros aislantes; el hecho de reaccionar como combustible ante las llamas, es un factor que sopesa el resto de sus características.

El aerogel muestra características extraordinarias. Densidad y factor de conductividad bajos; sólo se ve afectada su estructura al entrar en contacto directo con el agua. Es la clase de aislante a la que el resto de materiales aspiran parecerse. A pesar de tener una comercialización reciente, su precio de venta es relativamente bajo.

Dentro del análisis de las pinturas, hay un nombre que destaca sobre el resto, Super Therm. Los factores que presenta son envidiables; no sólo supera con creces las características de muchos de los aislantes aquí analizados, sino que además lo hace en una capa diez veces menor. Al tratarse de una pintura, su empleo es más propicio a la combinación con otros aislantes.

En cuanto a HPC y HSC, no se pretenden analizar porque el rango de temperaturas que pretenden proteger supera ampliamente el que se analiza con éste proyecto. Una fuga de decenas de grados, si se está hablando de centenas, es prácticamente despreciable. Se ha llegado a plantear que 3 mm de cualquiera de estos dos productos equivaldrían a 60 mm de lana de vidrio. Aun así, el resto de factores no superan a los presentados en Super Therm.

También, se ha descartado el empleo de un intercambiador de calor que utilice agua de mar. En estas latitudes el agua se puede encontrar hasta 32°C; lo que implica que nunca se llegaría a bajar de esa temperatura. Dado que la temperatura límite de las cajas sería de 35°C, la temperatura del agua se encuentra muy próxima a esta.

3.2.2 Tratamientos anticorrosivos

Dentro de los tratamientos anticorrosivos, el primero en ser mencionado es el Enviropeel. A pesar de mostrar unas buenas propiedades anticorrosivas, y eliminar la parte ya oxidada de las piezas a cubrir; ha sido descartada. Esto se debe a que encapsula al conjunto entero y lo aísla del exterior; es decir, impide que las piezas se muevan. Además, éste producto fue ideado para recubrir elementos pequeños, no paredes. Por ello resulta más conveniente emplear Rust Grip; que a mismas características su acabado es mejor, desde el punto de vista del elemento de estudio.

Emo Grip también es un esmalte anticorrosivo, que aísla al elemento a cubrir de las inclemencias del exterior. El esmalte se emplea como última capa para proteger.

No sería necesario llegar a aplicar Moist Metal Grip, ya que la superficie no se encuentra sumergida.

También queda descartado el Sistema Endu, ya que la caja no se encuentra en un ambiente que pueda degradarse químicamente, no necesita ser aislado de estos elementos. Esto se hace extensible a Chlord Rid y a Linning Kote.

3.2.3 Barreras contra el fuego

No se descarta el empleo de Omega Fire, pero como añadido a la estructura de aislantes. Por sí sólo, no representa ninguna barrera térmica considerable ante el calor. Es un elemento que proporcionaría mayor seguridad a la estructura en su conjunto; en especial a los elementos que encierra la caja y al personal que los maneja.

	Conductividad térmica (W/(m×K))	Densidad (kg/m ³)	Anticorrosión	Aislante	Transmisión de calor evita	Otra protección necesaria	Espesor adecuado	Durabilidad	Material verde	Inflamable
Lana de Roca	0.033-0.045	30-180	-	Acústico y térmico	Conducción	No	40 mm	Alta	Sí	No
Lana de vidrio	0.030-0.045	13-100	-	Acústico y térmico	Conducción	No	30 mm	Alta	Sí	No
Espuma Elastomérica	0.034-0.06	20-120	-	Rayos UV, térmico, acústico	Conducción	No	30-45 mm	Alta	Sí (natural)/ No (sintético)	No
Espuma de poliuretano	0.020-0.027	30-80	-	Térmico	Conducción	Ante el fuego	40 mm	Alta (25 años)	Sí	Sí
Poliestireno Expandido	0.029-0.041	18-50	-	Térmico	Conducción	Impermeabilizante	10-50 mm	Alta	No	Sí
Aerogel de sílice	-	3	-	Térmico	Conducción	Ante la humedad	5-10 mm	Alta	No	No
Super Therm	-	-	Sí	Luz visible, IR y UV	Radiación, conducción y convección	No	0,25 mm	Alta (más 10 años)	Sí	-

CONTROL DE TEMPERATURA DE FORMA NO INVASIVA MEDIANTE EL ESTUDIO Y CÁLCULO TERMODINÁMICO DE LAS CAJAS DE URGENCIA DE BUQUES DE LA ARMADA ESPAÑOLA

HPC	-	-	Sí	Térmico	Radiación y conducción	No	3mm	Alta	-	-
HSC	-	-	Sí	Térmico	Radiación y conducción	No	3mm	Alta	-	-
Enviropeel	-	-	Sí	Humedad	-	No	-	Alta	-	-
Rust Grip	-	-	Sí	Humedad	Radiación	No	-	Alta (más de 15 años)	Protege de elementos tóxicos	-
Enano Grip	-	-	Sí	Humedad	-	No	-	Alta	-	-
MMG	-	-	Sí	Humedad	-	No	-	Alta	-	-
Sistema Endu	-	-	Sí	Humedad	-	No	-	Alta	-	-
Chlor-Rid	-	-	Sí	Humedad	Radiación	No	-	Alta	-	-

Linning Kote	-	-	Sí	Humedad	-			Alta	-	-
Omega Fire	-	-	Sí	Fuego	Radiación	No	6-10mm	1-3 horas bajo fuego	-	No
Lámina de aluminio	-	-	-	Fuego	Radiación	No	5mm	-	-	No

Tabla 3-1 Tabla comparativa

4 SIMULACIÓN

4.1 Simulador

Para el empleo de este programa, es conveniente poseer ciertos conocimientos en informática e ingeniería térmica; ya que sin ellos el usuario no llegaría a comprender los parámetros que está tecleando o los resultados que éste le muestra. Trnsys opera con comandos para programar en C o Fortran. En cuanto a los conocimientos en ingeniería térmica, se piden los básicos; como pueden ser el caso de Transmisión de calor y de Termodinámica. También es necesario conocer el funcionamiento de Microsoft Excel, para crear una base de datos sobre él y poder más tarde importarlos al simulador.

Al emplear un programa de estas características se pretende hacer de él una herramienta de apoyo. Una ayuda que pretende explicar de manera visual todos los cálculos numéricos que se han realizado.

Con él se pretende explicar los sistemas de producción y distribución térmica.

Según la documentación del programa:

“Trnsys, el programa de simulación de sistemas transitorios, ha sido comercializado desde 1975, continúa siendo desarrollado hoy en día con la colaboración internacional de los Estados Unidos, Francia y Alemania. Trnsys sigue siendo el paquete de software de simulación energética más flexible, facilitando la adición de modelos matemáticos, los componentes disponibles, las capacidades de modelar edificios multizona y la habilidad de interactuar con otros programas de simulación”.

Para poder operar en este programa es necesario emplear un software de CAD, para generar el modelo geométrico de estudio. Google Sketchup es el software empleado para crear el modelo; que después se transformará en un modelo, mediante su exportación a TRNBuild.

Éste último aparece en Simulation Studio, un programa que permite enlazar diferentes herramientas o como describe el manual:

“Simulation Studio es un paquete de simulación completa que contiene diversas herramientas, desde programas motores de simulación y programas de conexión gráfica, hasta software de impresión y hojas de cálculo. Es una herramienta integrada que puede ser usada desde el diseño de un proyecto a su simulación”.

Una vez delante de la pantalla de Simulation Studio, y tras acceder a TRNBuild, se podrán cambiar los diferentes parámetros de los aislantes necesarios para realizar la simulación.

Dentro del paquete de simulación, también se encuentra un apartado para introducir las características del entorno, que se denomina Weather Data. Es necesario adjuntar un archivo que contenga dichos datos. Este archivo se descarga a través del programa Meteonorm.

Por último, para visualizar los datos es necesario ejecutar TRNSYS. En la pantalla aparecerá un gráfico con el que se puede interactuar, que permite ampliar aquellas zonas que se desean ver con mayor claridad.

4.2 Descripción de la simulación

Se comienza con el diseño del objeto de estudio; en este caso de las cajas de urgencia para los chaff. Son cajas que Navantia compra a un proveedor extranjero. Sus medidas exactas no han podido ser conseguidas; es por ello que se aproximarán.

$$L_{\text{ext}} = 1.678 \text{ m}$$

$$L_{\text{int}} = 1.362 \text{ m}$$

$$B_{\text{ext}} = 1.354 \text{ m}$$

$$B_{\text{int}} = 0.894 \text{ m}$$

$$h_{\text{ext}} = 1.678 \text{ m}$$

$$h_{\text{int}} = 1.368 \text{ m}$$

Su diseño se realizará en Google Sketchup, siendo sus herramientas muy intuitivas. El eje verde marca el Norte geográfico, mientras que el azul corresponde con la línea vertical y el plano que forman la línea verde y la roja corresponde al suelo. Como la caja se encuentra en un buque, no importa la orientación que reciba, porque su radiación no es fija. Tampoco se han añadido paredes que pudiesen dar sombra. La colocación de estas cajas es diversa y en ambas bandas del buque; es por ello que para simplificar la simulación se ha contemplado la peor situación, aquella carente de mamparos que le proporcionen sombra.

En primer lugar se crea una nueva zona térmica. Dentro de ella se dibuja la caja con las medidas anteriormente mencionadas. Su cara inferior se crea externa al suelo, para que permita posteriores modificaciones a lo largo de la simulación. Por último se guarda el archivo como “trnsys3” (el icono se sitúa en la barra inferior de la Figura 4.1 Google Sketchup).

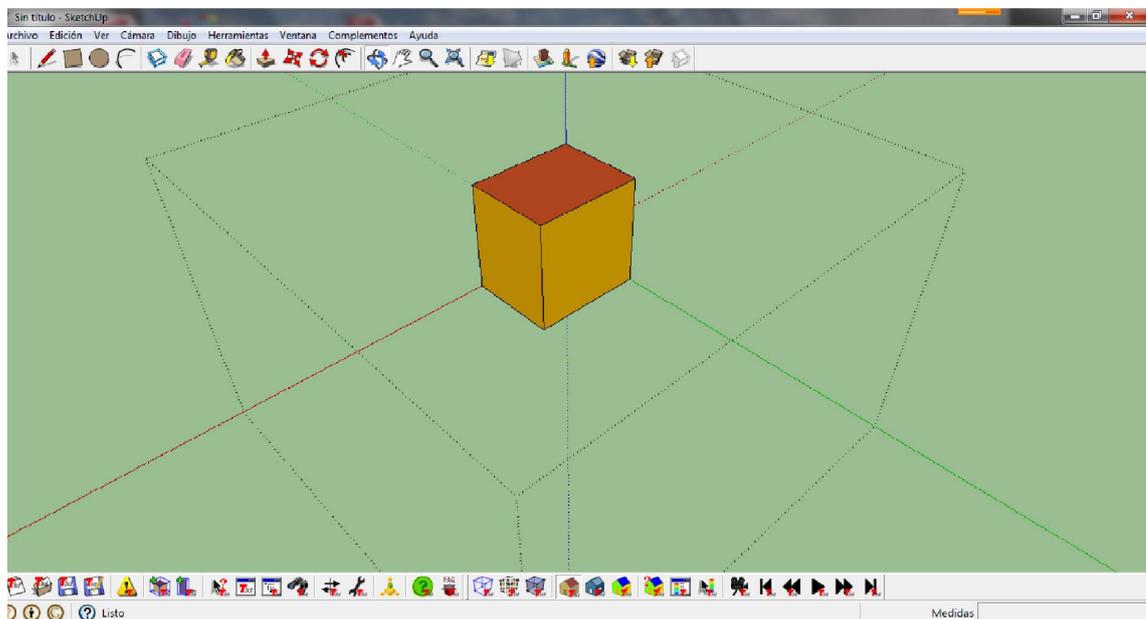


Figura 4.1 Google Sketchup

A continuación se abre Simulation Studio. Primero será necesario crear un archivo nuevo en 3D, orientarlo y abrir el documento de Google Sketchup. Como se muestra en la Figura 4.2 Simulation Studio, por pantalla aparece un esquema interconexiones entre las diferentes herramientas que permitirán realizar el resto de operaciones requeridas durante la simulación.

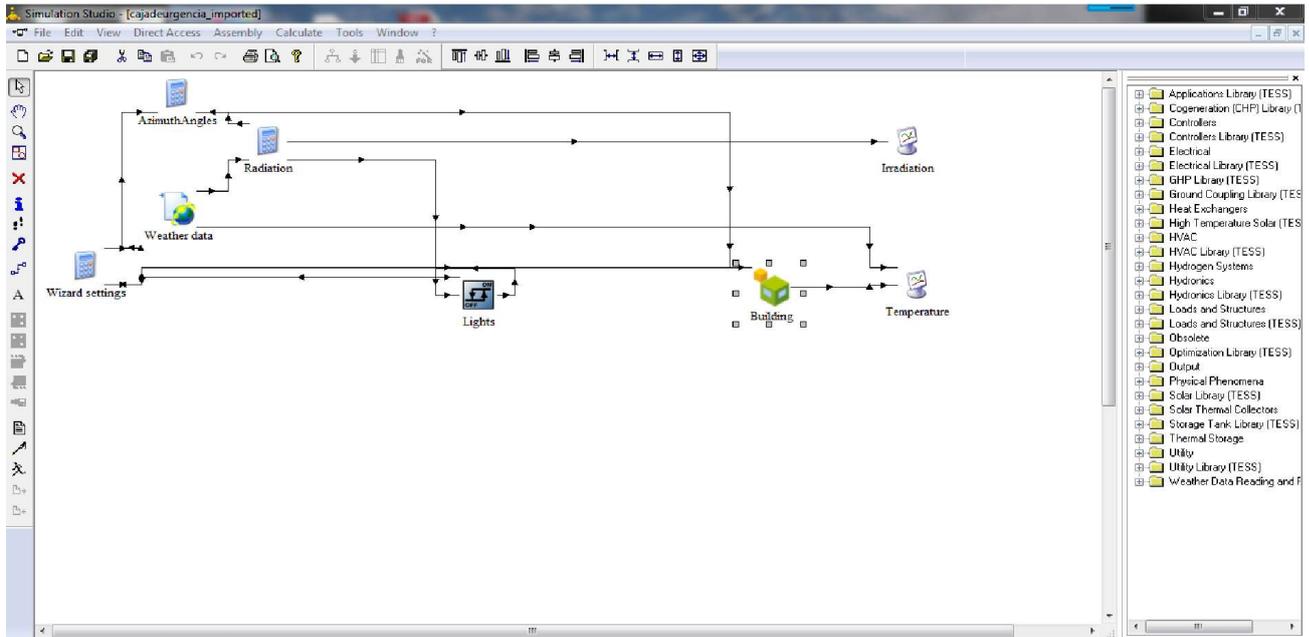


Figura 4.2 Simulation Studio

La primera herramienta a utilizar es TRNBuid, que en pantalla se muestra con el icono verde y el sobrenombre “Building”. Se selecciona con el botón derecho para acceder a “Edit Building”. La siguiente ventana que se muestra por pantalla es la Figura 4.3 TRNBuid. Si se selecciona con el botón derecho “Surfaces”, se abrirá una nueva ventana que permitirá modificar la composición de las paredes de la caja.

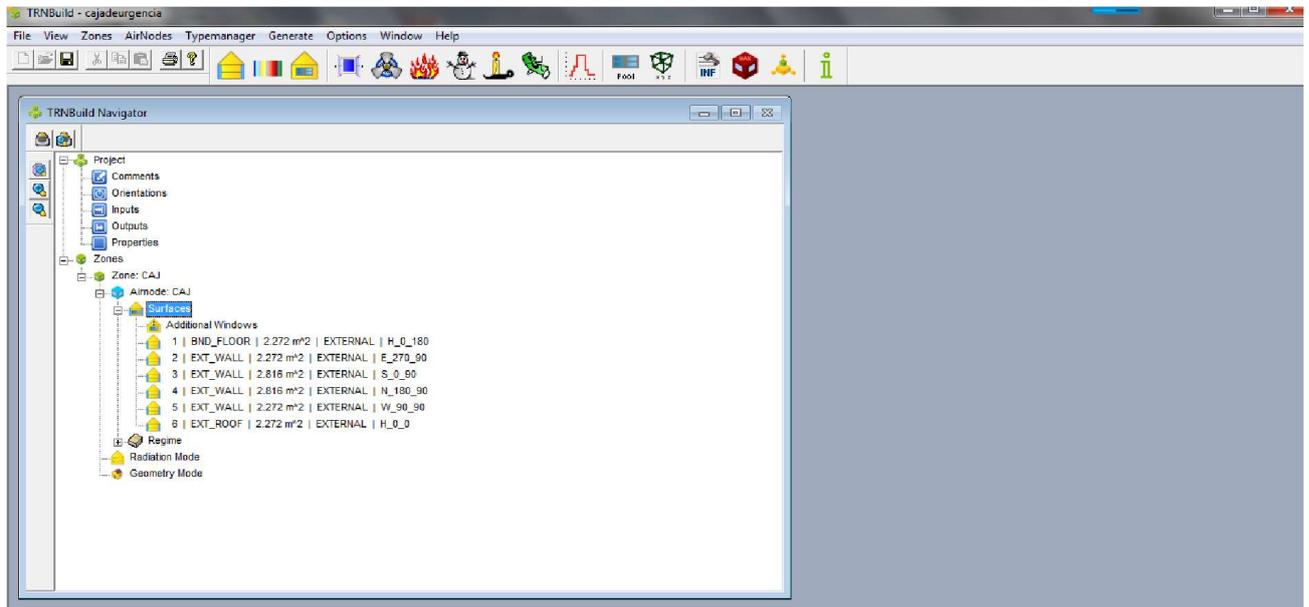


Figura 4.3 TRNBuid

La configuración de las paredes fue de: aluminio-aislante-aluminio; con 4mm de grosor en las capas de aluminio y 30 mm en las de aislante. A la hora de realizar esta operación se encontraron errores debido a los mínimos con los que está programada la herramienta. El primero fue con el aire, para resolverlo se decidió adjudicarle a la capacidad térmica un valor de 10 kJ/kg K. En segundo lugar, se encontró problemas al querer realizar la misma simulación (aluminio-aire-aluminio), pero esta vez con paredes ventiladas. Al multiplicar por dos la conductividad, la capacidad térmica pasa a tener un

valor de 20 kJ/kg K. También se encontraron errores con el aerogel; como solución se les dieron 60 mm de grosor, en lugar de los habituales; y 10 kJ/kg K de capacidad térmica dado que su composición interior es mayoritariamente de aire. En el caso de la pintura, Super Therm, en lugar de añadirla como un aislante; se ha introducido en los apartados de absortividad y emisividad del muro.

En la parte de Output de la Figura 4.3 TRNBuild, se seleccionará con el botón derecho. Se abrirá una nueva ventana. En ella se hará clic en el icono del más, para añadir nuevos “Output”, la caja y su temperatura en el interior. Todo ello permitirá extraer estos datos, más adelante.

Tras guardar estos parámetros, se vuelve a la ventana de Simulation Studio; en concreto a la herramienta marcada con el icono “Weather data”. Al hacer doble clic con el botón izquierdo aparecerá una nueva ventana; en la pestaña “External Files” se introduce la ubicación de los archivos meteorológicos descargados en Meteonorm.

Para descargar estos archivos, primero hay que abrir el programa Meteonorm y seleccionar el lugar de donde se quieren obtener los datos. La selección se puede realizar a través de una de las estaciones meteorológicas (Figura 4.4 Mapa Meteonorm), o bien a través de un punto GPS ordenado; si se introduce un punto GPS el programa realizará una interpolación de los datos obtenidos por estaciones meteorológicas más próximas.

En este estudio se han empleado las estaciones situadas en las inmediaciones de Mogadiscio (Somalia) como clima cálido, y Alert (Groenlandia) como clima frío. Ambas posiciones hacen referencia a climas extremos del planeta. La situación de Mogadiscio corresponde con una zona de alta presencia militar, en la que se realizan operaciones antipiratería y control de la circulación marítima. Por su parte la estación de Alert, corresponde a una zona que estudiada de manera anual por los científicos a bordo de los Buques Oceanográficos de la Armada. No se ha estudiado un tercer escenario que sería la zona media, ya que si el modelo cumple los requisitos en las zonas extremas también lo hará en una intermedia.

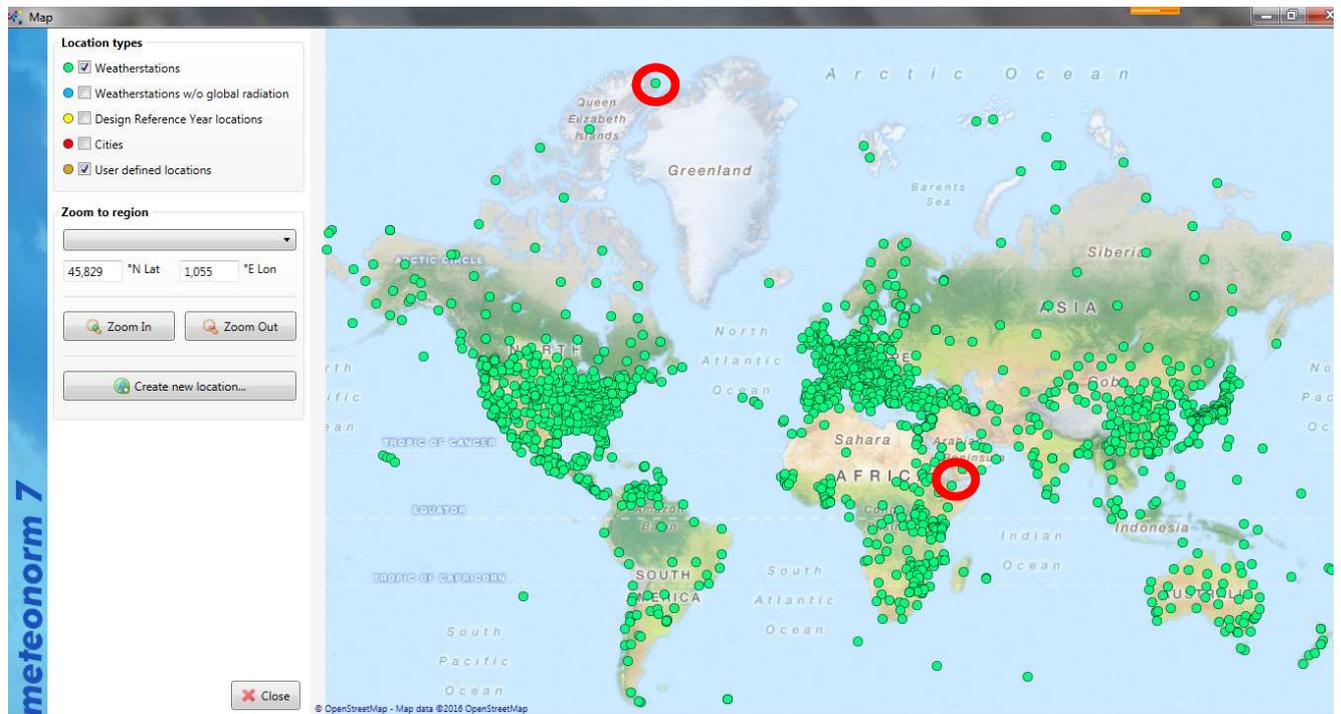


Figura 4.4 Mapa Meteonorm

A la hora de guardar los datos de Meteonorm, hay que mostrar atención en la dos pestañas: la de los “Output” y la de “Guardar”. Como se indica en la Figura 4.5 TMY2, en los “Output” hay que marcar el formato del documento; en este caso es el TMY2, para que el simulador reconozca los datos. En el momento de “Guardar” (Figura 4.6 Guardar archivo) los datos, se seleccionarán aquellos que estén en horas; para permitir un análisis más detallado.

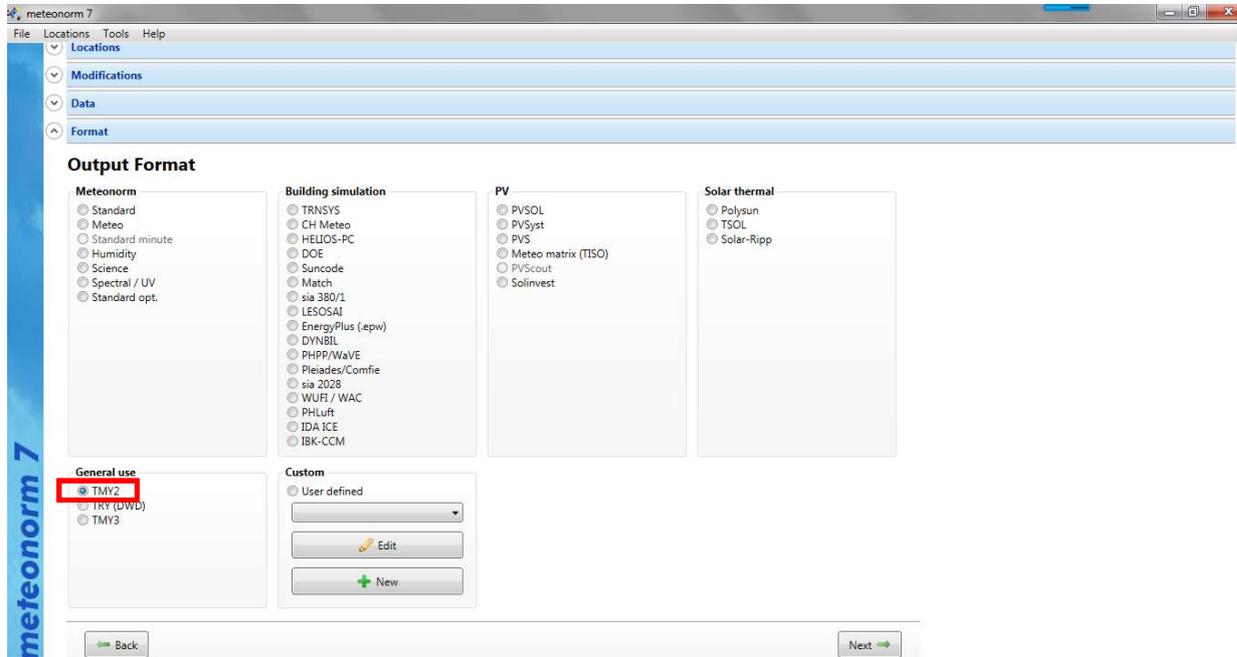


Figura 4.5 TMY2

Figura 4.6 Guardar archivo

Para poder crear una gráfica comparativa en Excel, es necesario guardar los datos de temperatura ambiente y temperatura en el interior de la caja, en otro archivo. Para ello, se sacará un nuevo icono de la parte izquierda de la ventana, ver la Figura 4.7 Guardar datos(Output > Online Plotter > Online Plotter With File > TRNSYS-Supplied Units). Éste icono se relacionará con “Building” y “Weather data” para extraer los datos de: temperatura ambiente, temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo, a un archivo .txt; y de éste último se exportarán al Excel.

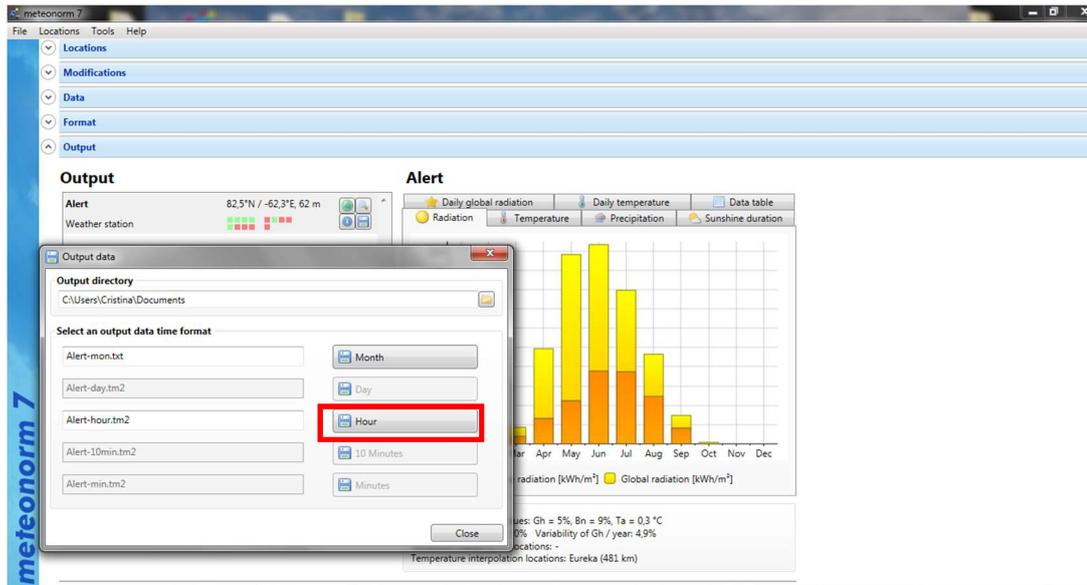


Figura 4.7 Guardar datos

Una vez configurados estos datos en el simulador, es necesario indicarle el periodo temporal considerado, es decir, en las 8760 horas anuales. Se realiza a través de la barra vertical situada a la izquierda; en el icono “Control cards”. Posteriormente para ejecutar la simulación se seleccionará el icono “Run” (en la misma barra). En pantalla se mostrará una gráfica con la temperatura ambiente (temperatura de bulbo seco¹¹) y la temperatura del interior de la caja; como la mostrada en la Figura 4.8 Simulación general.

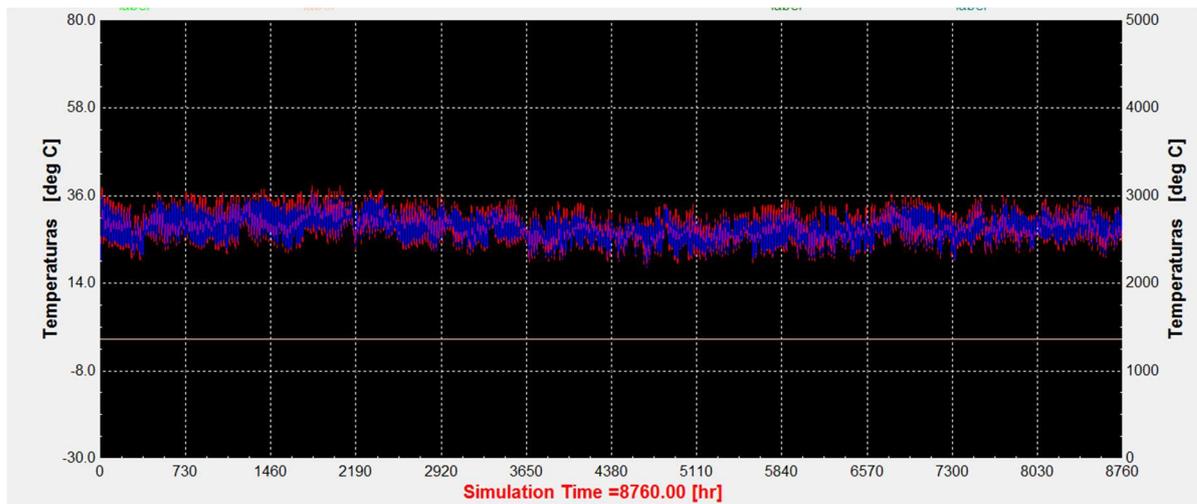


Figura 4.8 Simulación general

Con el ratón se podrán resaltar aquellas zonas de las que se quiera obtener una información más detallada; ver Figura 4.9 Parte específica de la simulación.

¹¹ Temperatura de bulbo seco: aquella que se mide con un termómetro convencional, cuyo bulbo se encuentra seco.

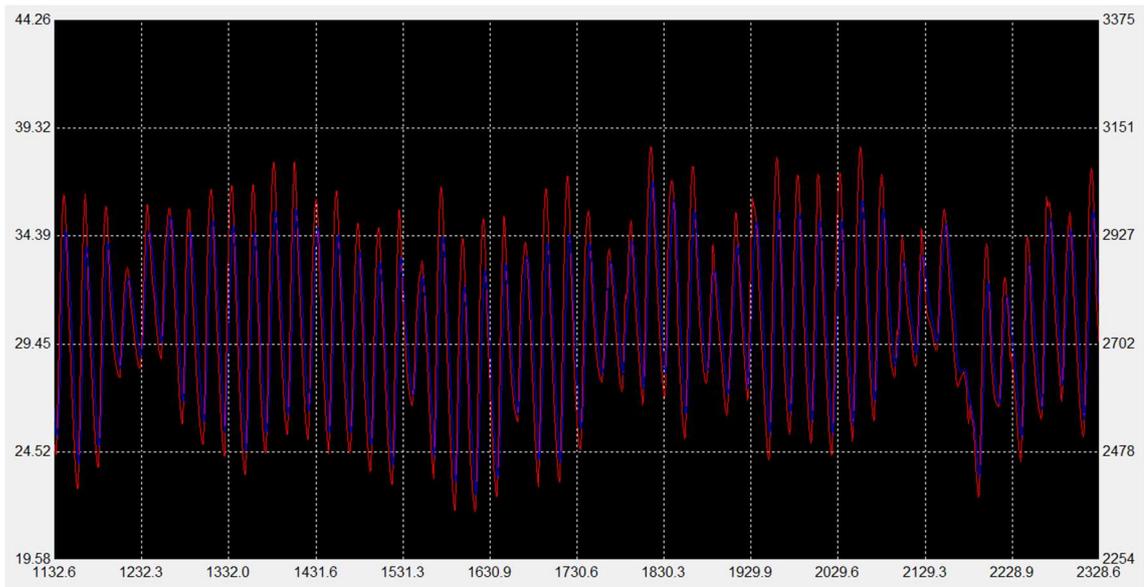


Figura 4.9 Parte específica de la simulación

Por último, todos los datos se han trasladado a un Excel para facilitar su comparación.

5 RESULTADOS / VALIDACIÓN / PRUEBA

5.1 Resultados obtenidos en TRNSYS

Se ha empleado TRNSYS como medio para visualizar y obtener datos de las soluciones planteadas. Ésta herramienta permite la visualización de los resultados mediante una gráfica; consiguiendo así corroborar a simple vista, lo que se adelantaba en el apartado 3.2.

Como se adelantó en el punto 4.2, la simulación consta de dos partes principales, una en zona cálida y otra en zona fría. En ambas se han empleado los mismos modelos de caja.

5.1.1 Mogadiscio

5.1.1.1 Caja con aire estanco como aislante

En primer lugar se presenta una visión general de la temperatura ambiente y la temperatura en el interior de la caja; teniendo como único elemento entre los parasoles y la caja, el aire (Figura 5.1 Comparación general con aire como aislante). La siguiente imagen, Figura 5.2 Comparación específica con aire como aislante, es un fragmento de la general; en ella se puede observar la temperatura máxima alcanzada 46,19°C.

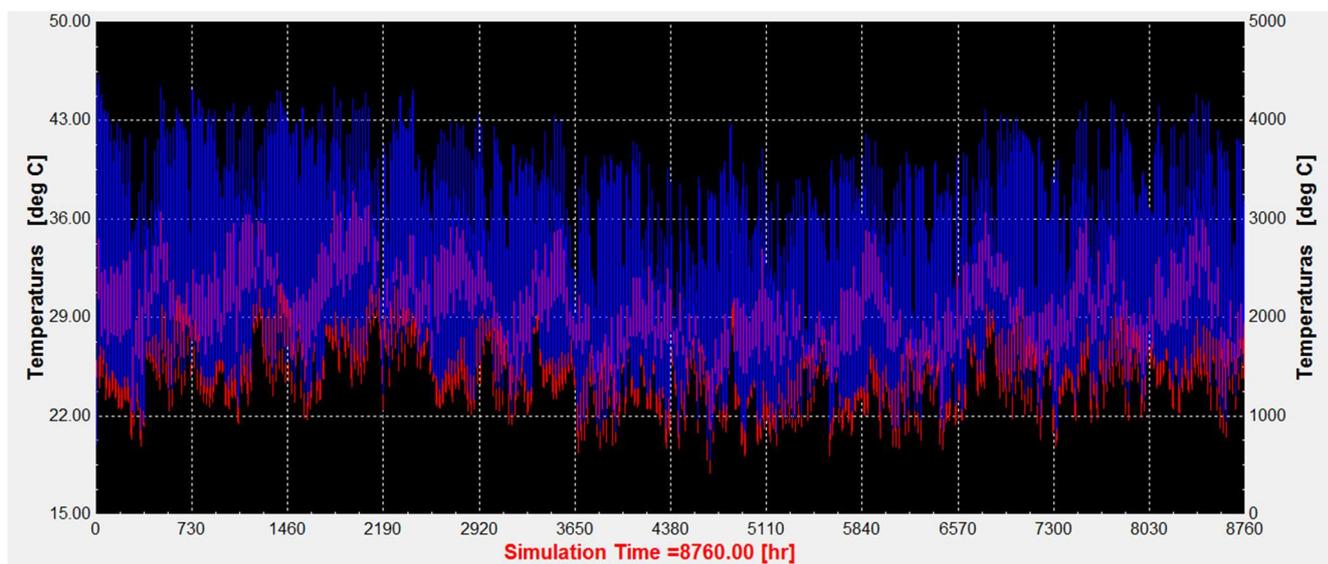


Figura 5.1 Comparación general con aire como aislante

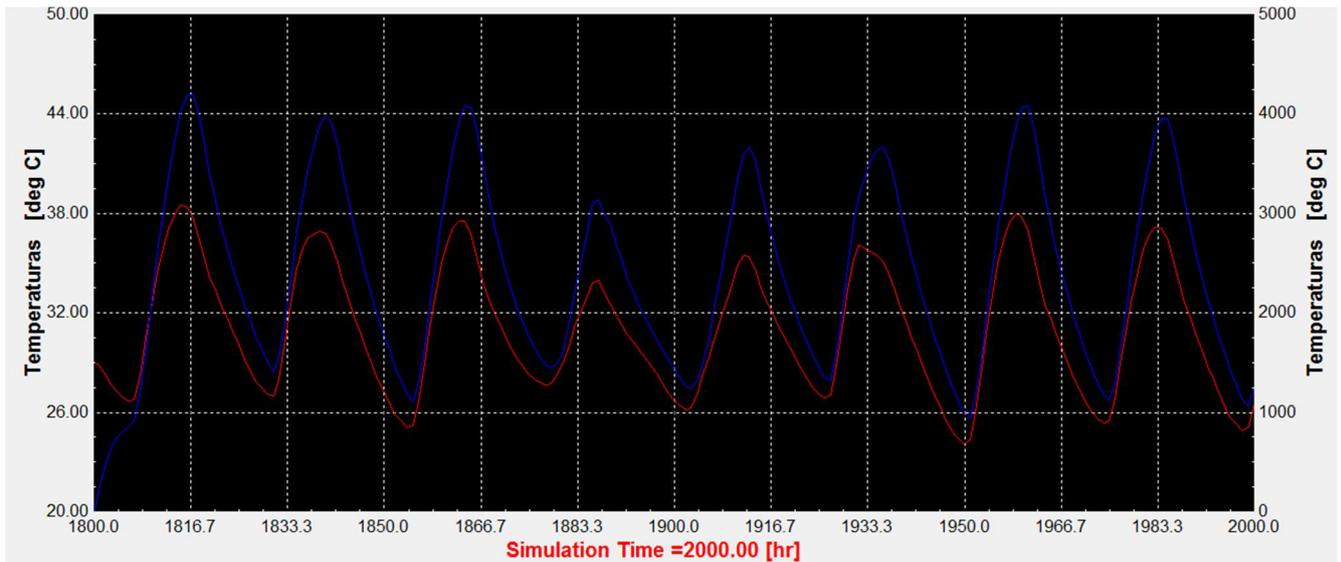


Figura 5.2 Comparación específica con aire como aislante

Tras los resultados obtenidos, se puede afirmar que la solución contemplada para resolver este problema, no es efectiva; y más que mejorar la situación, la empeora. Llegando a superar la temperatura exterior más de 6°C.

5.1.1.2 Caja con lana de vidrio como aislante

En esta parte de la simulación, se ha optado por utilizar la lana de vidrio como aislante; obteniendo inicialmente una vista general (Figura 5.3 Comparación general con lana de vidrio como aislante), seguido de una más concreta (Figura 5.4 Comparación específica con lana de vidrio como aislante).

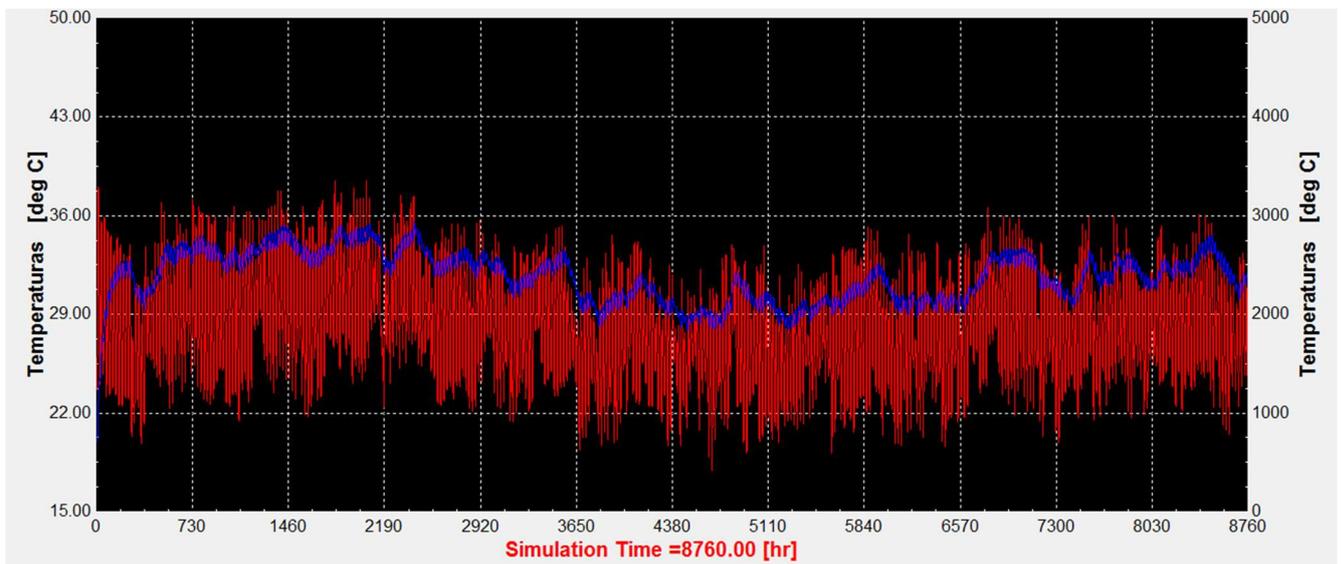


Figura 5.3 Comparación general con lana de vidrio como aislante

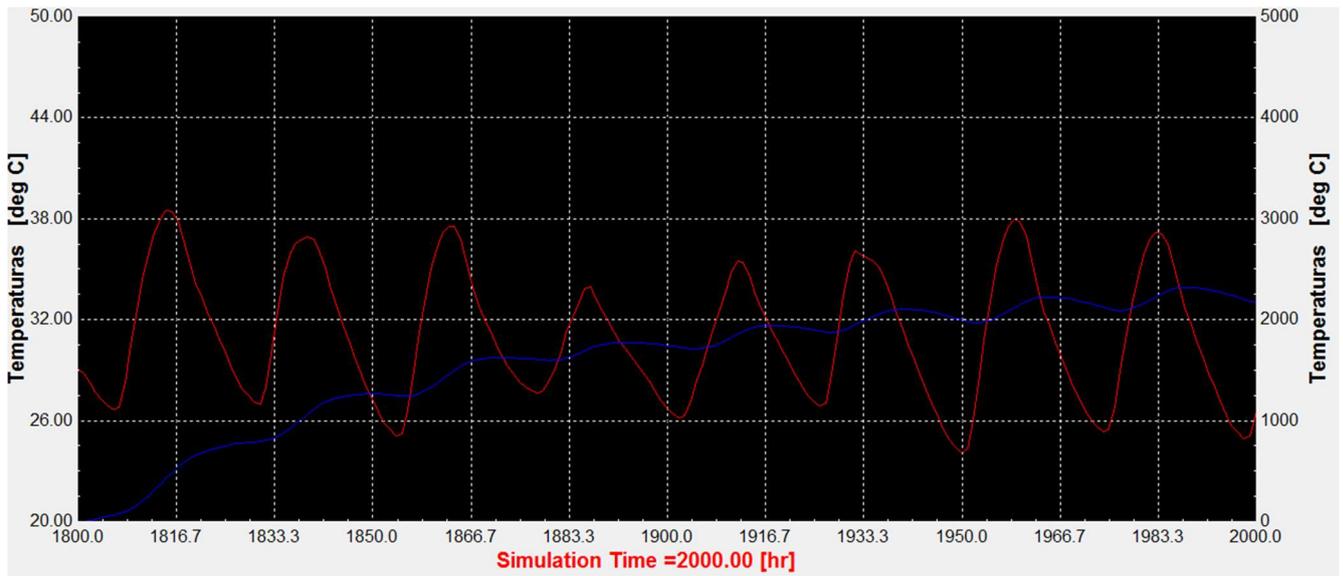


Figura 5.4 Comparación específica con lana de vidrio como aislante

Desde el comienzo se puede observar una mejora con respecto a la opción 5.1.1.1. No se aprecia una oscilación tan continua como antes.

5.1.1.3 Caja con aerogel como aislante

En la tercera secuencia, se han empleado 60mm de aerogel para aislar el interior de la caja de la radiación solar. Partiendo de una visión global (Figura 5.5 Comparación general con aerogel como aislante), para después hacer mayor hincapié en la zona de las temperaturas más altas (Figura 5.6 Comparación específica con aerogel como aislante).

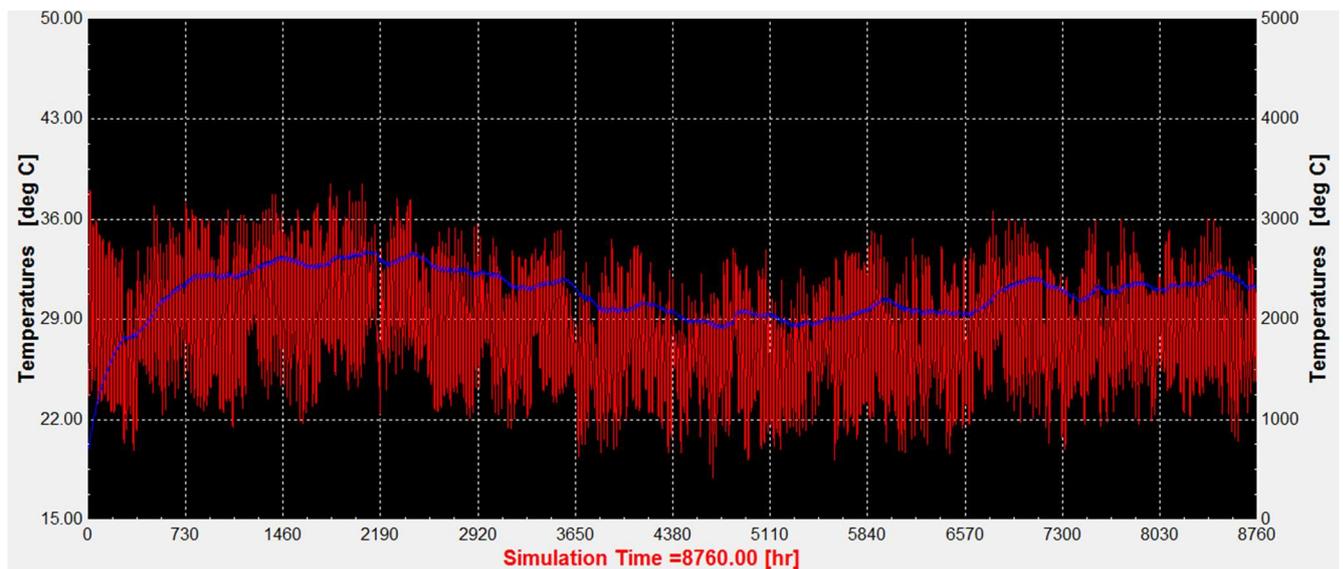


Figura 5.5 Comparación general con aerogel como aislante

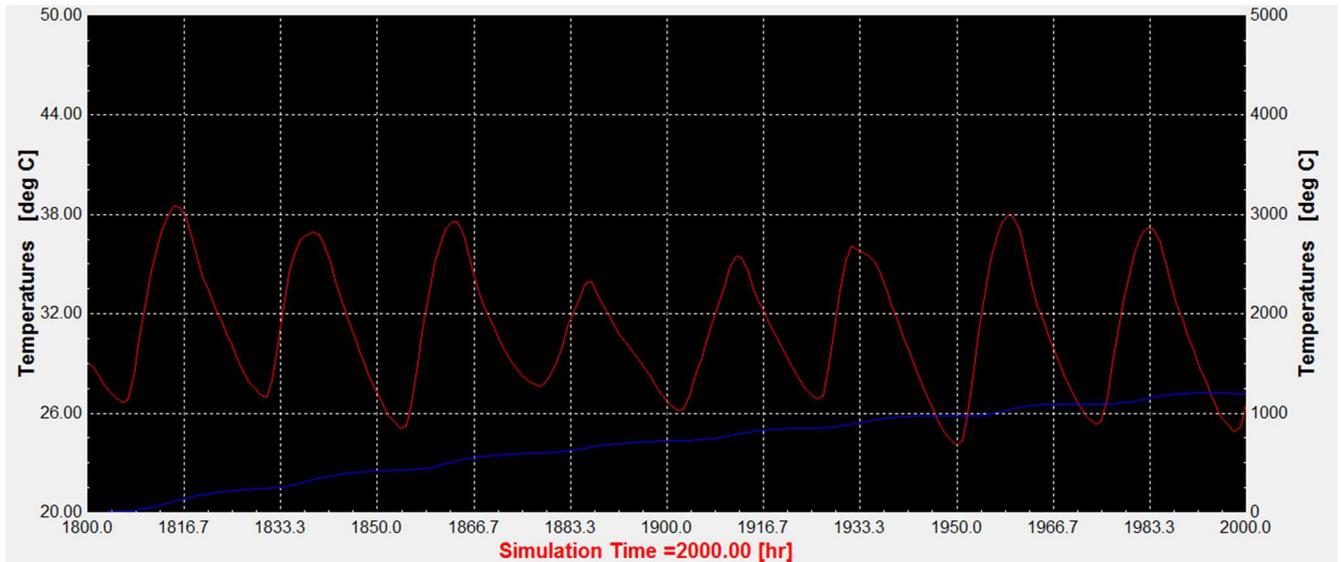


Figura 5.6 Comparación específica con aerogel como aislante

Con este material se empieza a observar una línea que comienza a ser prácticamente recta. Las variaciones de temperatura son suaves; y se prolongan a lo largo del tiempo.

5.1.1.4 Caja pintada con Super Therm

El cuarto material empleado para realizar en esta simulación, ha sido Super Therm. A diferencia de los anteriores casos se trata de una pintura, que ocupa un espesor de 0,25mm. Como en los anteriores casos se muestra una imagen general (Figura 5.7 Comparación general con Super Therm como aislante) y una concreta (Figura 5.8 Comparación específica con Super Therm como aislante).

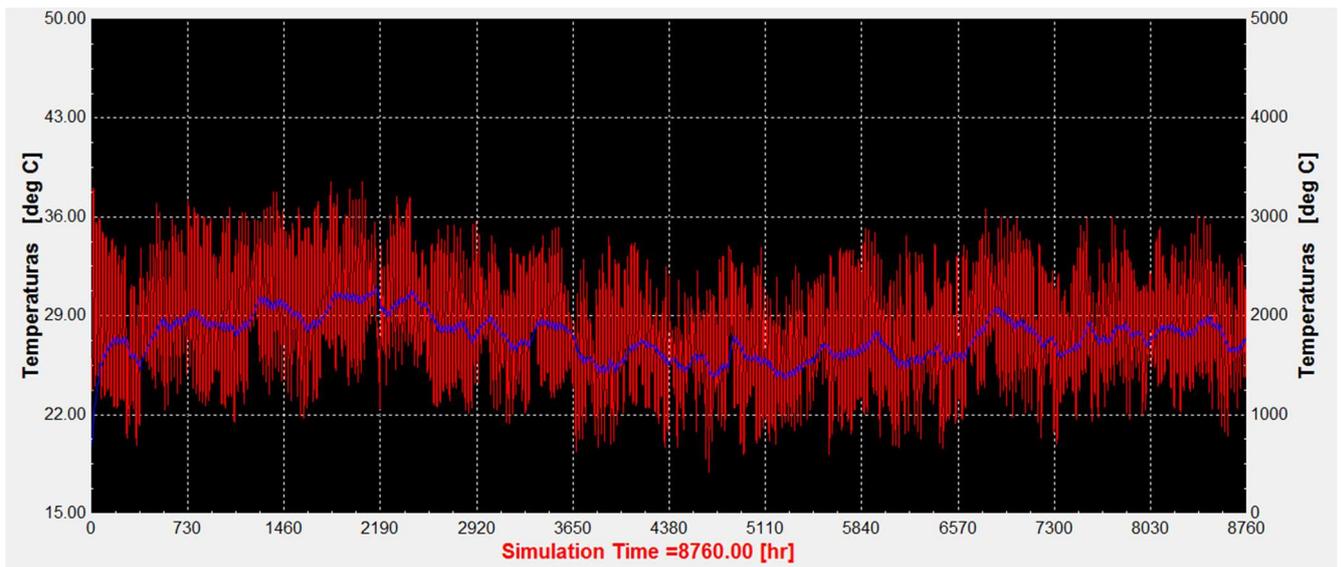


Figura 5.7 Comparación general con Super Therm como aislante

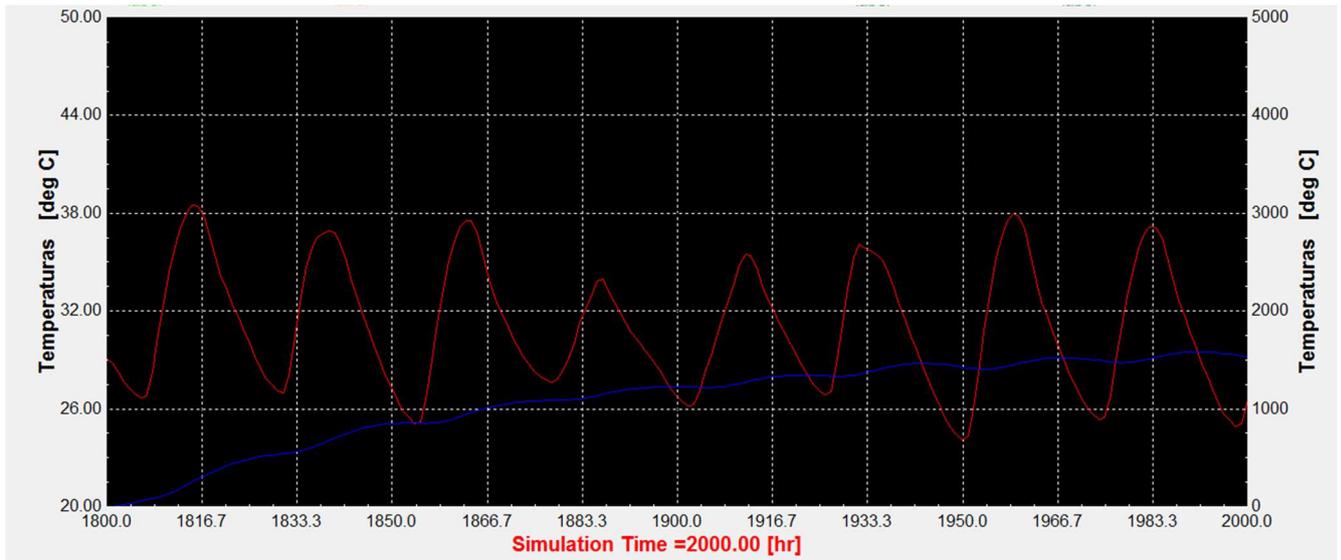


Figura 5.8 Comparación específica con Super Therm como aislante

Después de observar ambas imágenes, se aprecia en el primer golpe de vista, un gran cambio. El resultado no es sorprendente, ya que esta pintura lo que hace es minimizar la absortividad. Las características que se adelantaban en el punto 3.1.1.1.1, se cumplen.

5.1.1.5 Caja pintada con Super Therm y lana de vidrio como aislante

Tras haber analizado los elementos de manera aislada, se procede a hacerlo de manera conjunta. En primer lugar se examina el conjunto formado por la pintura y la lana de vidrio; de manera general en la primera imagen (Figura 5.9 Comparación general con Super Therm y Lana de vidrio como aislante) y de una manera más detallada en la segunda (Figura 5.10 Comparación específica con Super Therm y lana de vidrio como aislante).

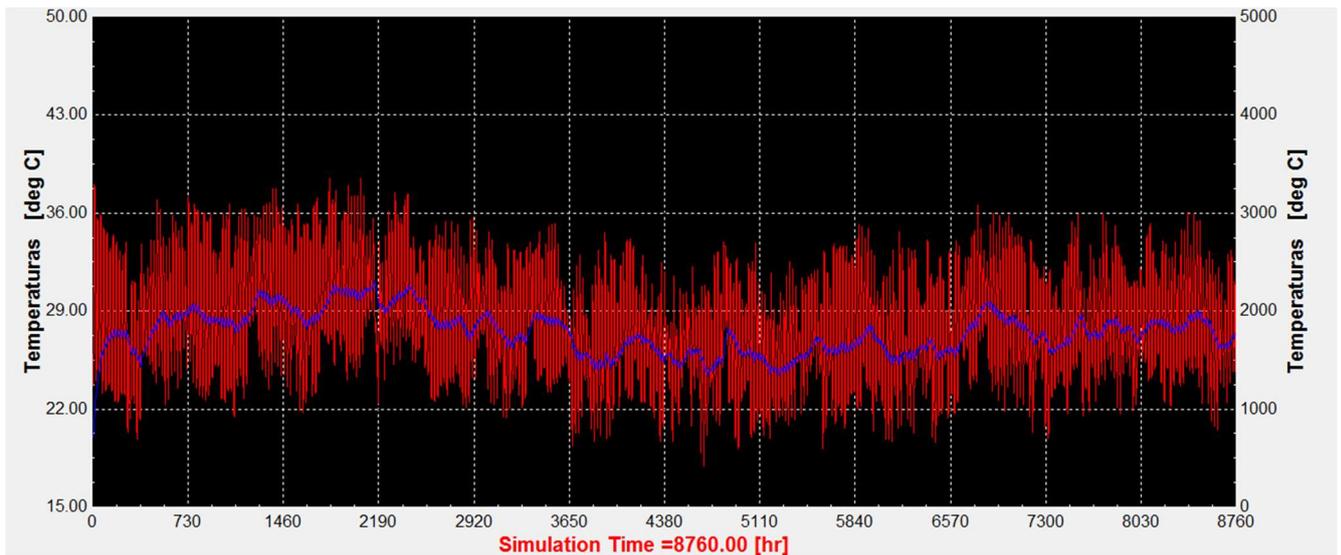


Figura 5.9 Comparación general con Super Therm y Lana de vidrio como aislante

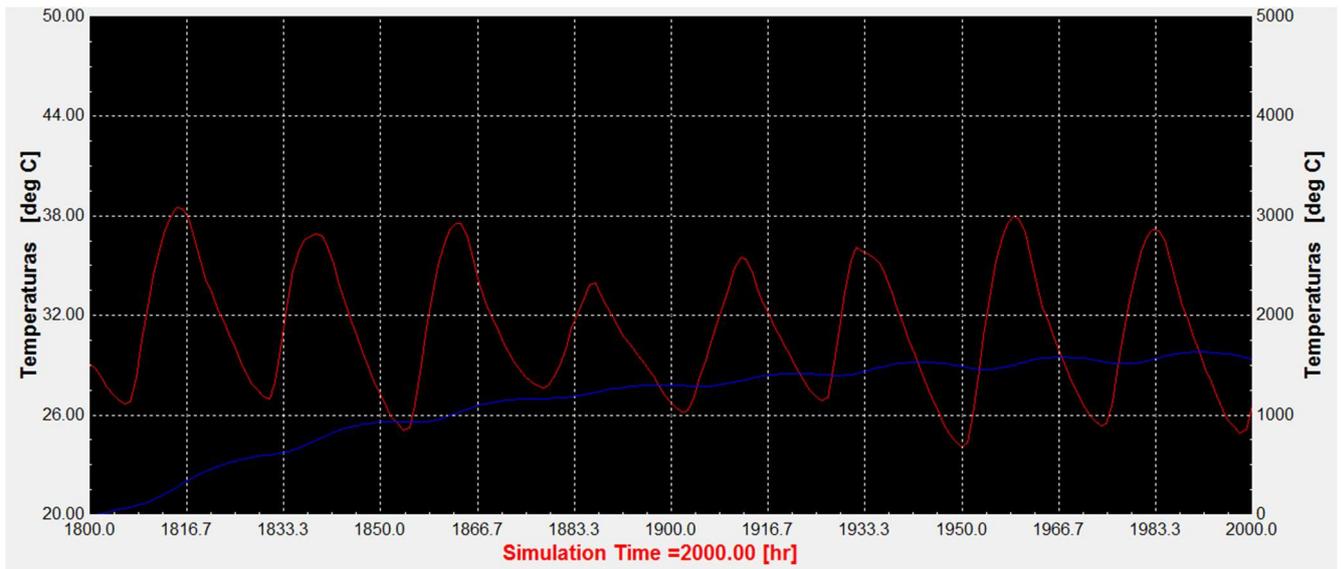


Figura 5.10 Comparación específica con Super Therm y lana de vidrio como aislante

Los resultados son buenos y cumplen con los requisitos que se piden, de no superar los 35°C. El defecto de este conjunto se encuentra en el momento en que las temperaturas bajan. Debido a la lana de vidrio, la caja tarda más en enfriarse; así cuando la temperatura se eleva, la caja se encuentra a una temperatura mayor que en el caso 5.1.1.4 lo que deriva en que aumente aún más.

5.1.1.6 Caja pintada con Super Therm y aerogel

El siguiente conjunto a analizar es el formado por Super Therm y aerogel. Dos elementos que por aislado mostraron unos resultados muy favorables. Los resultados se analizarán a través de una imagen genérica (Figura 5.11 Comparación general con Super Therm y aerogel como aislante), seguida de una imagen de la zona crítica debido a las altas temperaturas ambientales (Figura 5.12 Comparación específica con Super Therm y aerogel como aislante).

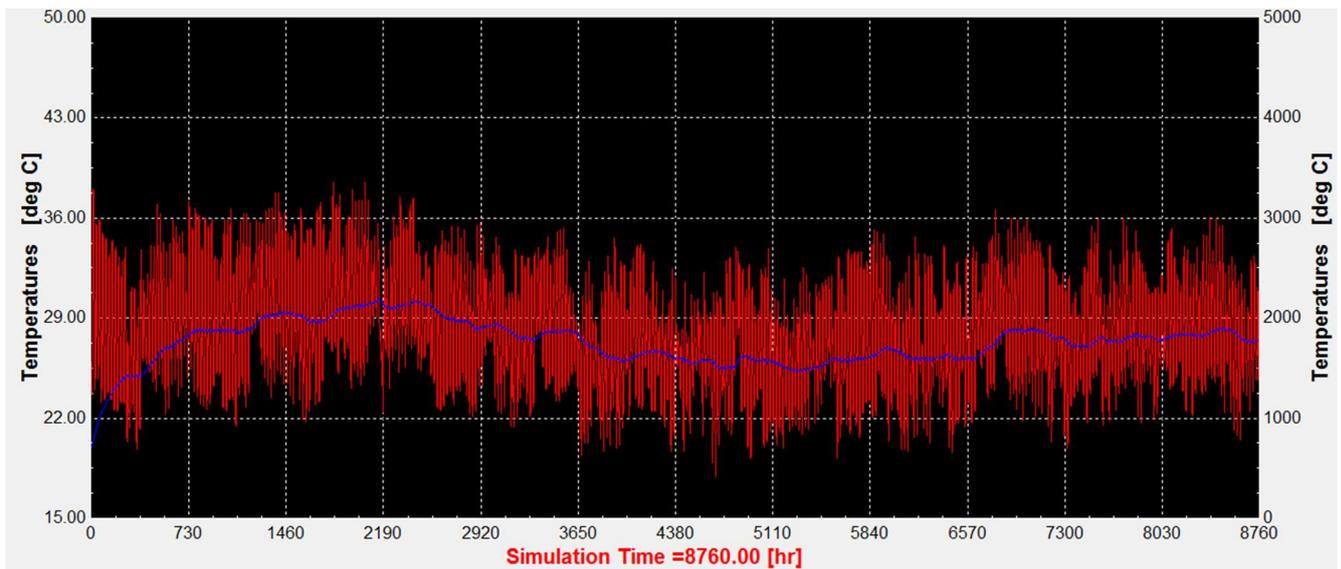


Figura 5.11 Comparación general con Super Therm y aerogel como aislante

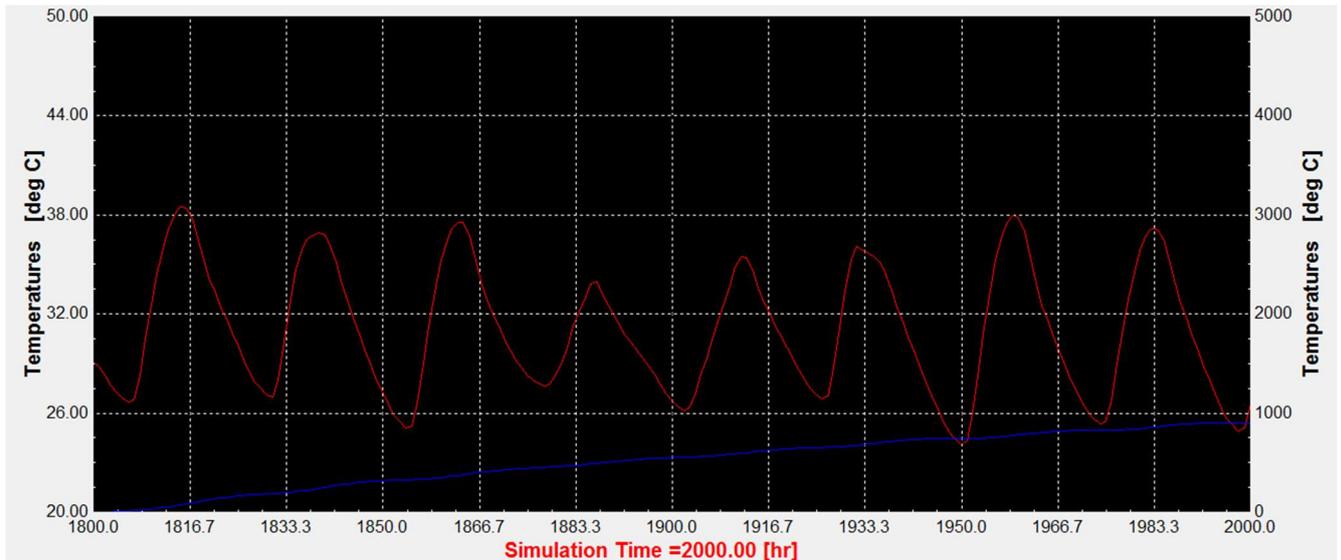


Figura 5.12 Comparación específica con Super Therm y aerogel como aislante

Dentro de la zona de Mogadiscio, este conjunto resulta el más adecuado, ya que con él se consiguen los mejores resultados. Finalmente se ha conseguido disminuir la absorptividad; y se ha empleado un aislante con una conductividad tan baja que el interior de la caja eleve su temperatura de forma muy lenta.

5.1.2 Alerta

5.1.2.1 Caja con aire estanco como aislante

Como en el anterior punto (5.1.1.1), primero se presenta una visión general de la temperatura ambiente y la temperatura en el interior de la caja; teniendo como único elemento entre los parasoles y la caja, el aire (Figura 5.13 Comparación general con aire como aislante). La siguiente imagen, Figura 5.14 Comparación específica con aire como aislante, es un fragmento de la general; en ella se puede observar la temperatura mínima alcanzada $-47,22^{\circ}\text{C}$.

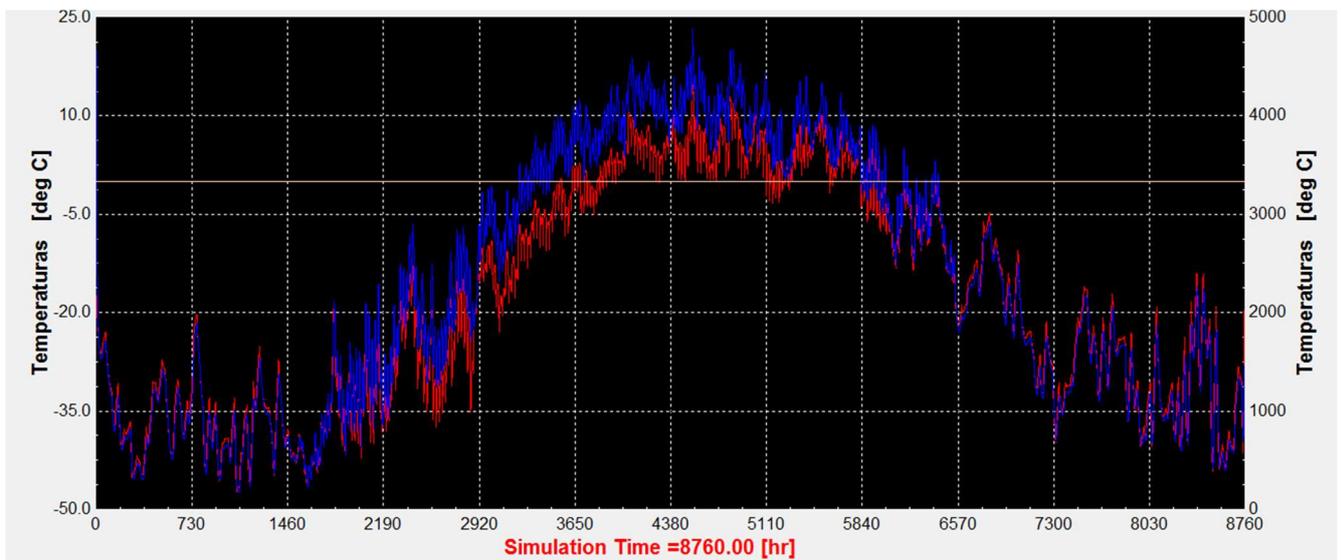


Figura 5.13 Comparación general con aire como aislante

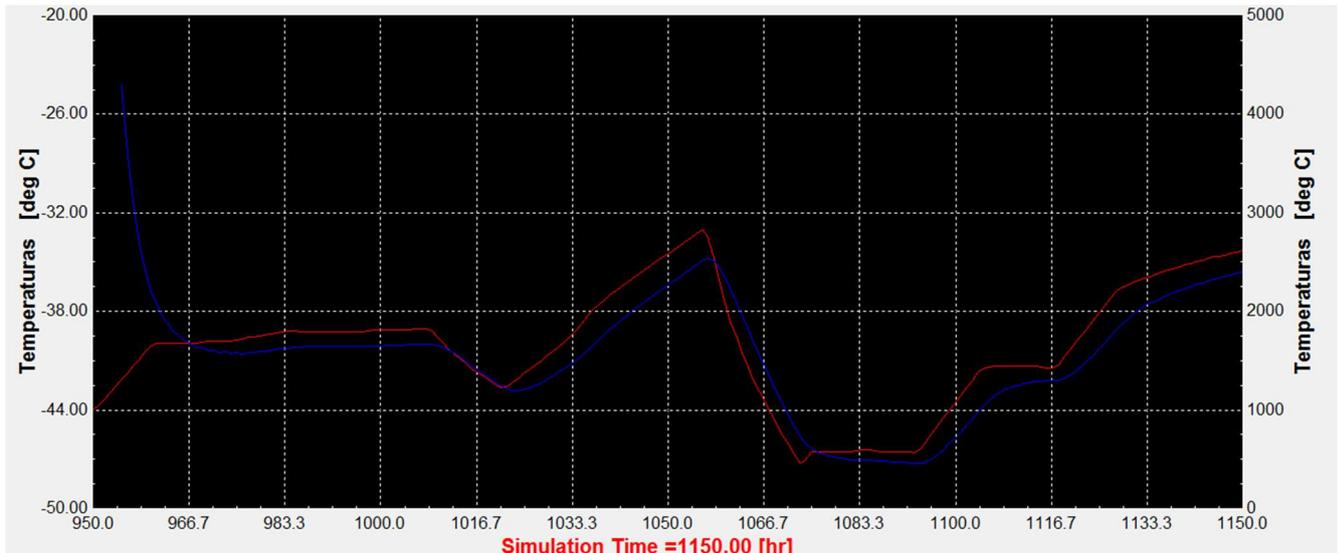


Figura 5.14 Comparación específica con aire como aislante

Al contrario de lo que pasaba en el anterior apartado (5.1.1), que la temperatura del interior de la caja se encuentre por encima de la temperatura ambiente, es favorable pero no suficiente; ya que la temperatura mínima que puede alcanzar esta munición es de 10°C.

5.1.2.2 Caja con lana de vidrio como aislante

En esta parte de la simulación, al igual que en el apartado 5.1.1.2, se ha optado por utilizar la lana de vidrio como aislante; obteniendo inicialmente una vista general (Figura 5.3 Comparación general con lana de vidrio como aislante), seguido de una más concreta (Figura 5.16 Comparación específica con lana de vidrio como aislante).

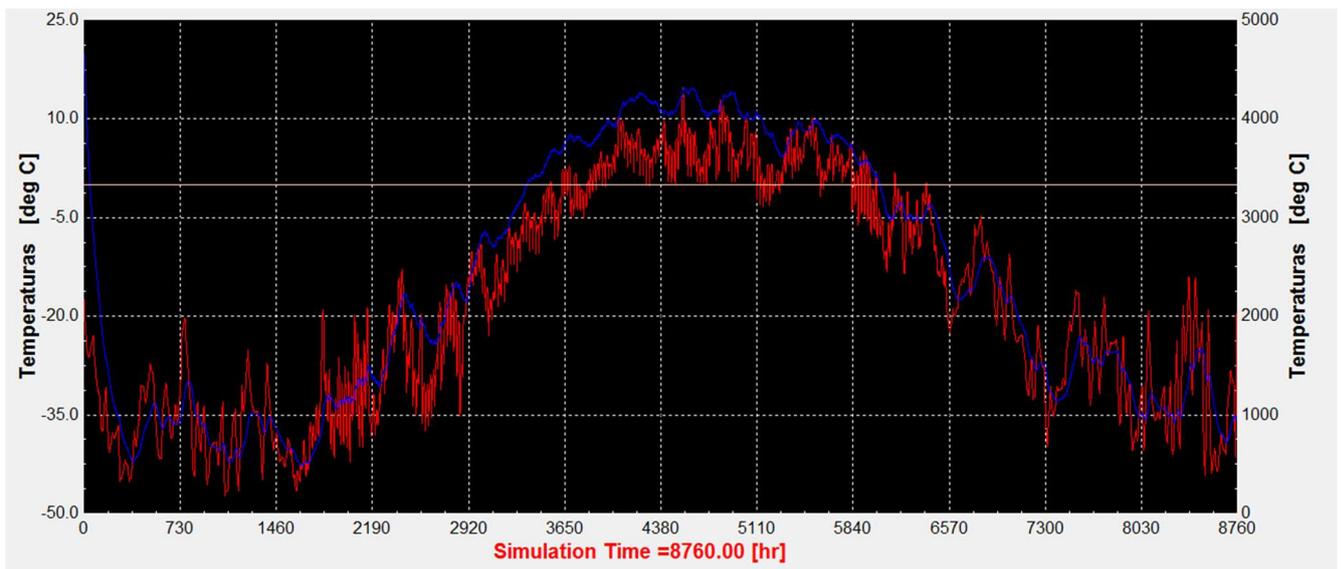


Figura 5.15 Comparación general con lana de vidrio como aislante

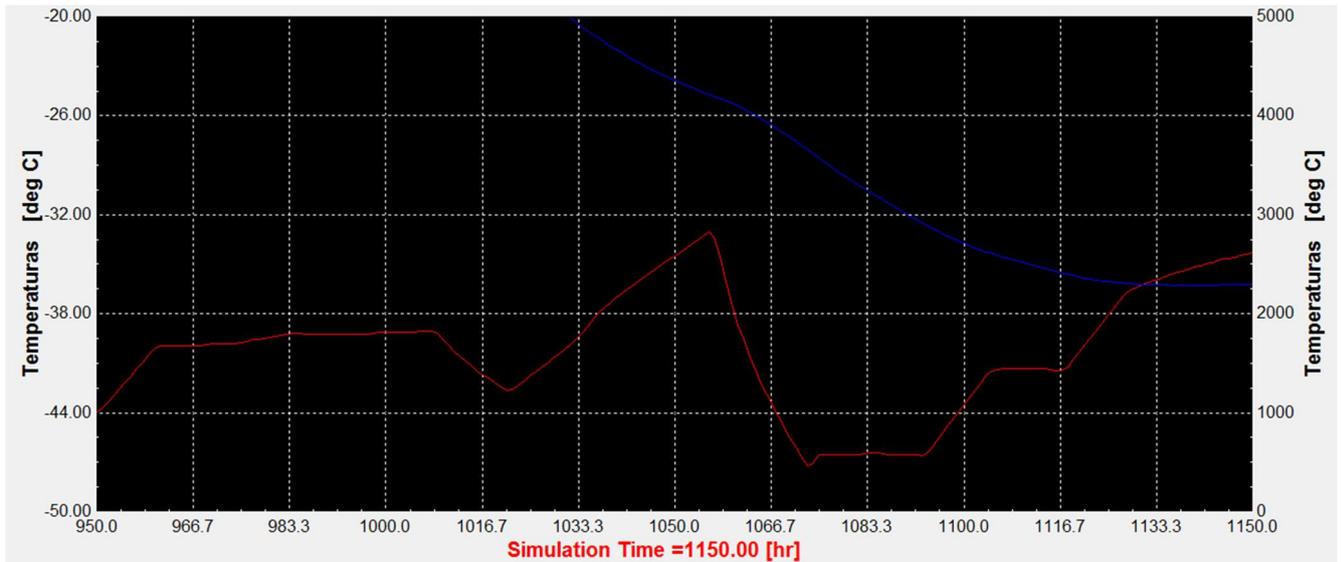


Figura 5.16 Comparación específica con lana de vidrio como aislante

Se empieza a observar una mayor uniformidad en las temperaturas, es decir, ya no existen variaciones bruscas de temperatura. A pesar de ello las temperaturas alcanzadas, se encuentran por debajo de la temperatura mínima.

5.1.2.3 Caja con aerogel como aislante

Siguiendo los mismos pasos que en apartado 5.1.1.3, se han empleado 60mm de aerogel para aislar el interior de la caja de la radiación solar. Partiendo de una visión global (Figura 5.17 Comparación general con aerogel como aislante), para después hacer mayor hincapié en la zona de las temperaturas más baja (Figura 5.18 Comparación específica con aerogel como aislante).

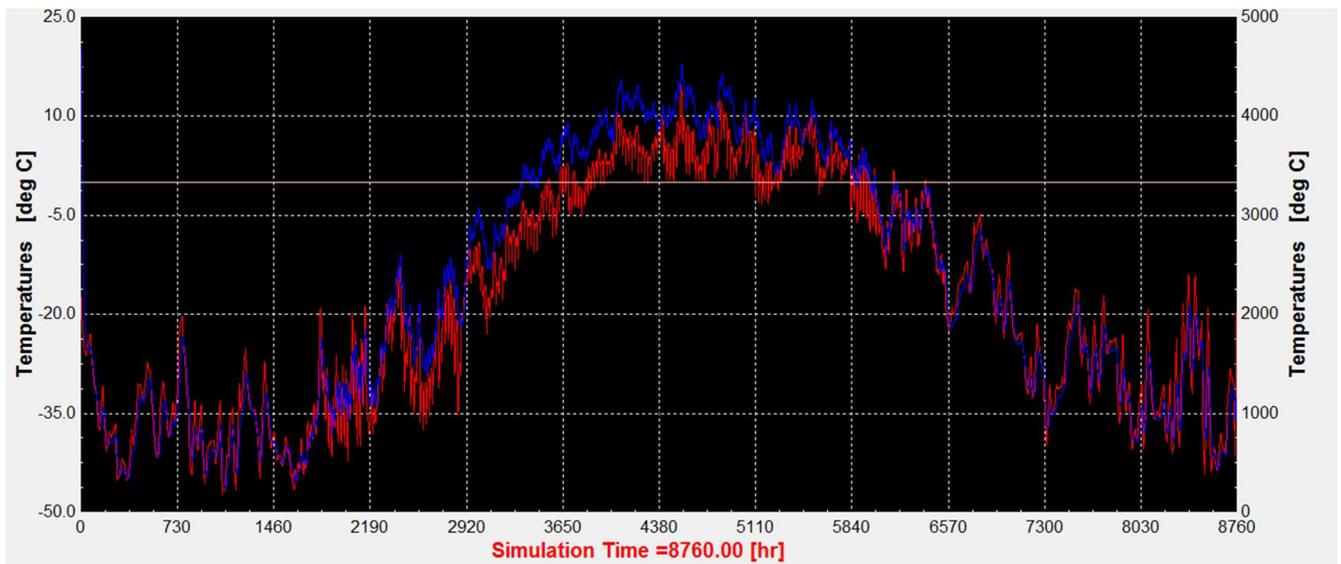


Figura 5.17 Comparación general con aerogel como aislante

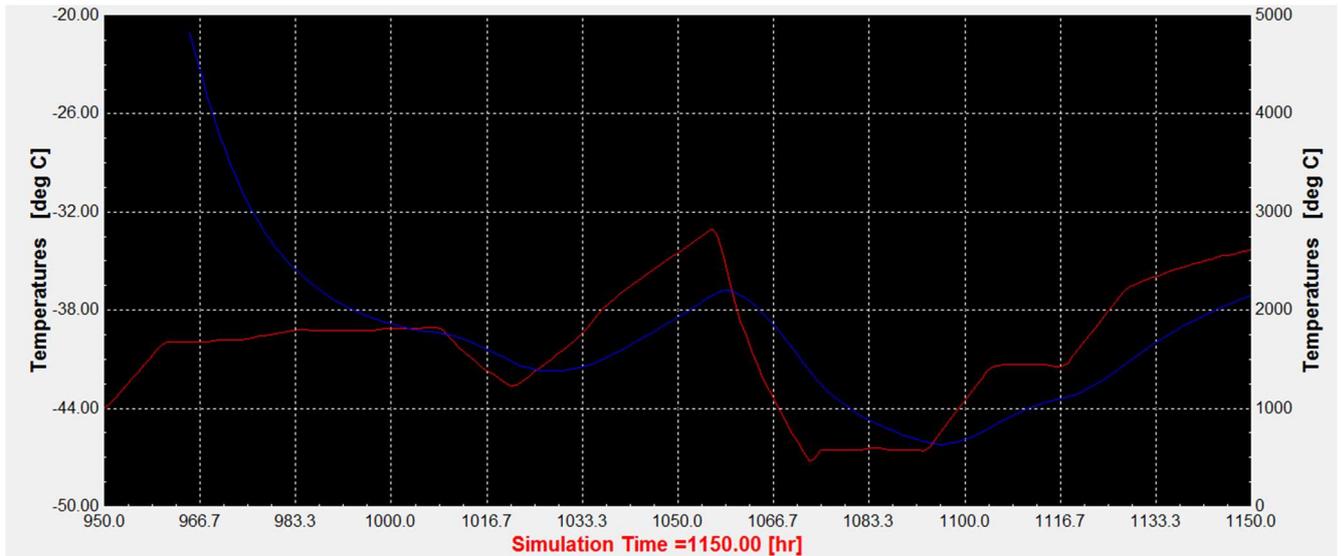


Figura 5.18 Comparación específica con aerogel como aislante

Como ocurrió en el punto 5.1.1.3, el aerogel impide que el calor radiado por el sol penetre al interior de la casa. A diferencia que en Mogadiscio, la zona de alerta es fría; lo que una privación de calor supone que las temperaturas se mantendrán bajo cero, pudiendo tener graves repercusiones en la munición.

5.1.2.4 Caja pintada con Super Therm

El cuarto material empleado para realizar la simulación de Alert, ha sido Super Therm. Como se recalca en el punto 5.1.1.4, la gran diferencia con el resto de casos anteriores, es que en éste se emplea una pintura. Como en los anteriores casos se muestra una imagen general (Figura 5.19 Comparación general con Super Therm como aislante) y una concreta (Figura 5.20 Comparación específica con Super Therm como aislante y Figura 5.8 Comparación específica con Super Therm como aislante).

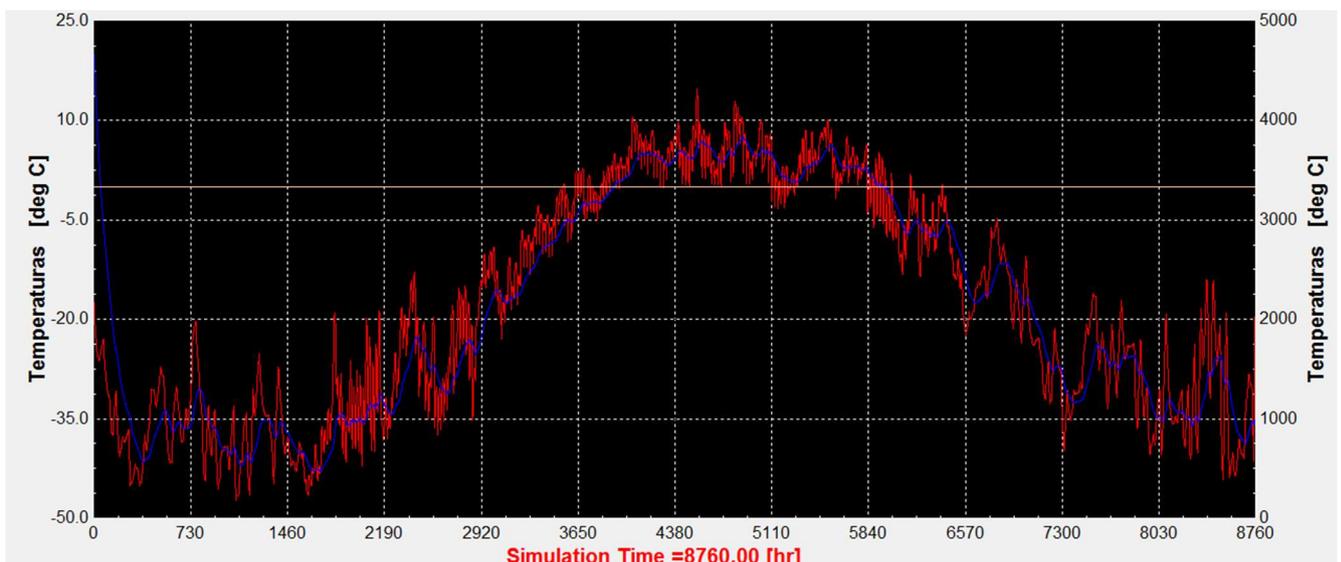


Figura 5.19 Comparación general con Super Therm como aislante

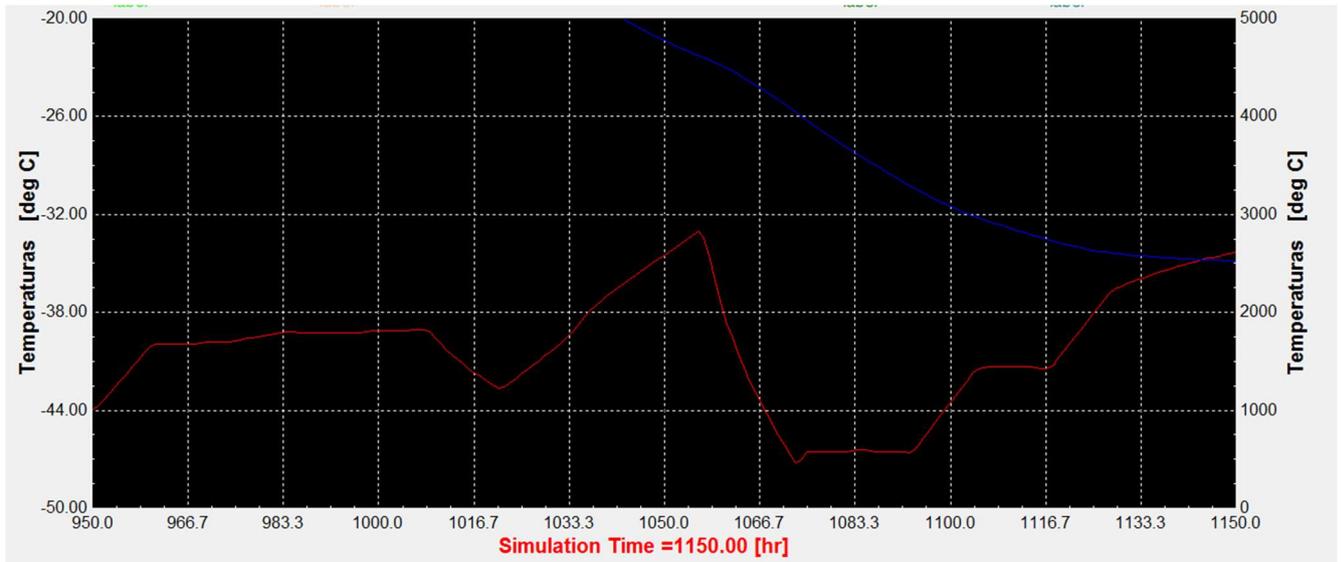


Figura 5.20 Comparación específica con Super Therm como aislante

Las mejoras que esta pintura aportaba en el punto 5.1.1.4, no ven su aplicación en éste apartado. En las imágenes se aprecia una bajada de temperaturas considerable. Teniendo en cuenta en el rango de temperaturas negativas en el que nos movemos, no es precisamente el resultado deseado.

5.1.2.5 Caja pintada con Super Therm y lana de vidrio como aislante

Al igual que en punto 5.1.1.5, se procede a analizar los elementos de manera conjunta. En primer lugar se examinan la pintura y la lana de vidrio, como un todo; de manera general en la primera imagen (Figura 5.9 Comparación general con Super Therm y Lana de vidrio como aislante) y de una manera más detallada en la segunda (Figura 5.22 Comparación específica con Super Therm y lana de vidrio como aislante).

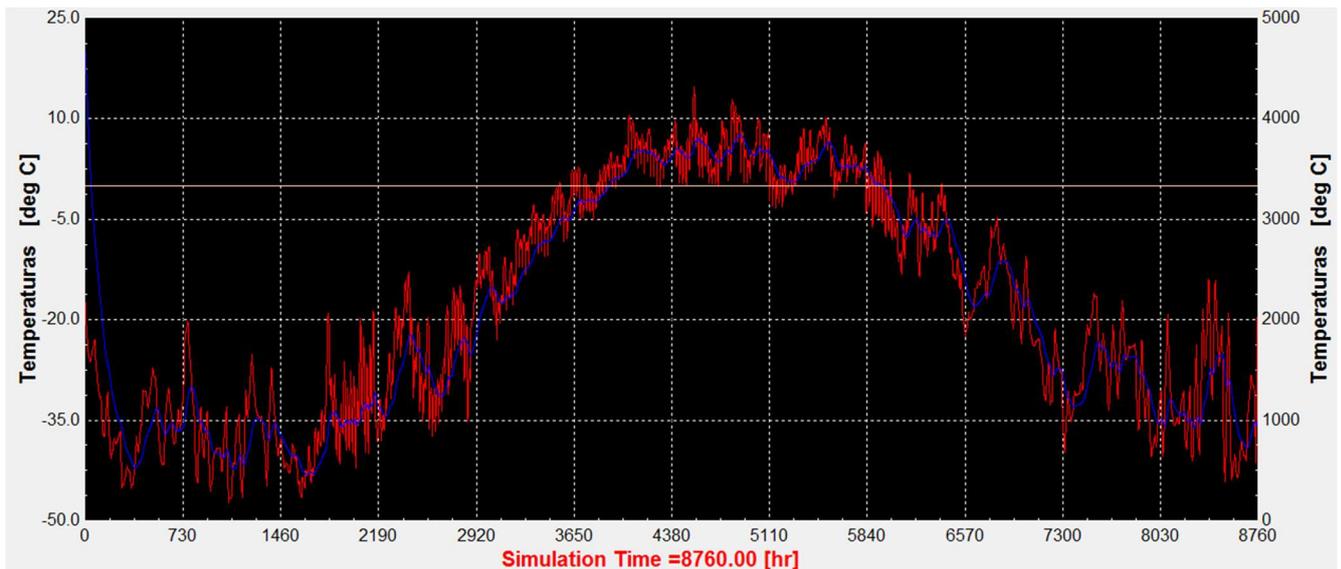


Figura 5.21 Comparación general con Super Therm y Lana de vidrio como aislante

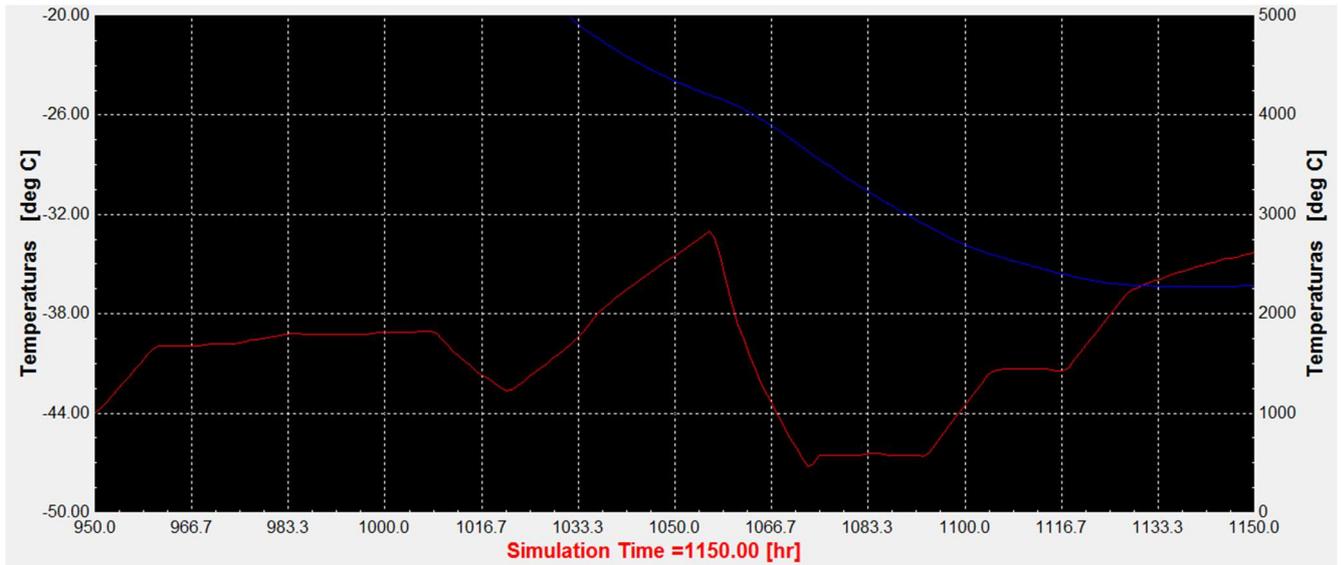


Figura 5.22 Comparación específica con Super Therm y lana de vidrio como aislante

Este primer conjunto de estudio, implica una mejora respecto al anterior punto (5.1.2.4). La lana de vidrio evita que el calor interno de la caja se disipe con facilidad ante la bajada de temperaturas. Pero sólo lo retarda no lo llega a impedir por completo, por ello esta solución no es válida para las zonas frías.

5.1.2.6 Caja pintada con Super Therm y aerogel

Como último caso analizado es el del conjunto formado por Super Therm y aerogel. Dos elementos que por aislado mostraron unos resultados muy favorables. Los resultados se analizarán a través de una imagen genérica (Figura 5.23 Comparación general con Super Therm y aerogel como aislante), seguida de una imagen de la zona crítica debido a las bajas temperaturas ambientales (Figura 5.24 Comparación específica con Super Therm y aerogel como aislante), en contraposición a lo que muestra el punto 5.1.1.6.

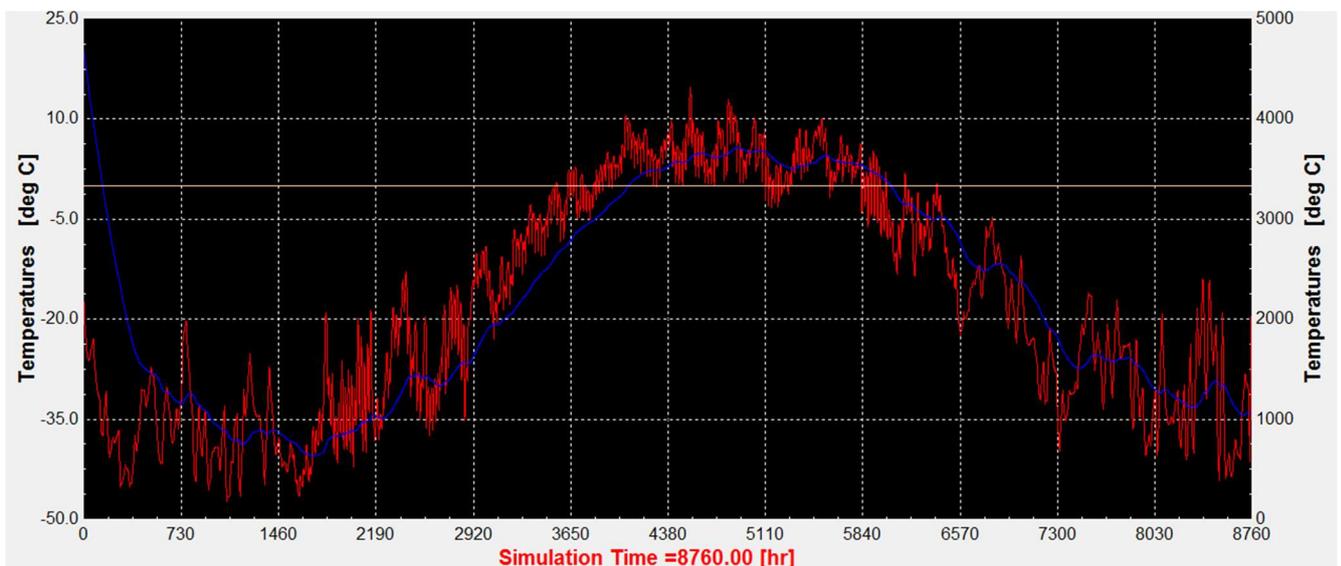


Figura 5.23 Comparación general con Super Therm y aerogel como aislante



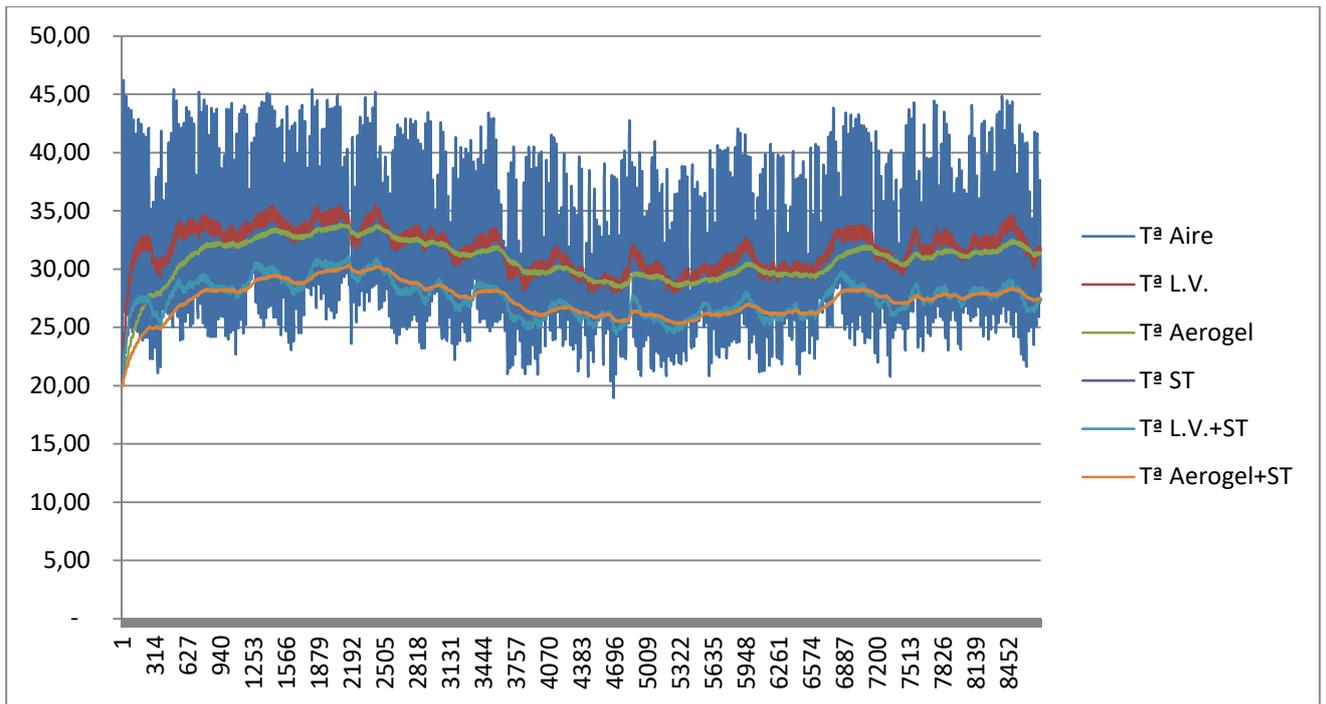
Figura 5.24 Comparación específica con Super Therm y aerogel como aislante

El rango de temperaturas que aporta este conjunto, es considerablemente bajo; tanto que en la Figura 5.24 Comparación específica con Super Therm y aerogel como aislante no se llega a apreciar la temperatura interior de la caja. De todos los modelos presentados, este es el que menos calor radiado deja pasar. Por ello no encuentra su aplicación en las zonas frías.

5.2 Resultados obtenidos en Excel

Una vez trasladados los datos de la simulación a Excel, se crearon unas gráficas para comparar el comportamiento de los aislantes ante diferentes medios (ver Gráficas 5-1 Comparación entre aislantes y Gráficas 5-2 Comparación entre aislantes). También se creó una tabla con las máximas y mínimas temperaturas alcanzadas por cada uno a lo largo de todo el año (ver Tabla 5-1 Comparativa de temperaturas en zonas cálidas y Tabla 5-2 Comparativa de temperaturas en zonas frías). Las máximas corresponden a Mogadiscio y las mínimas a Alert, porque son las temperaturas que más preocupan en cada zona climática. De éste modo se conoce la temperatura más cálida y la más fría que se podría alcanzar con dicho aislante.

5.2.1 Mogadiscio



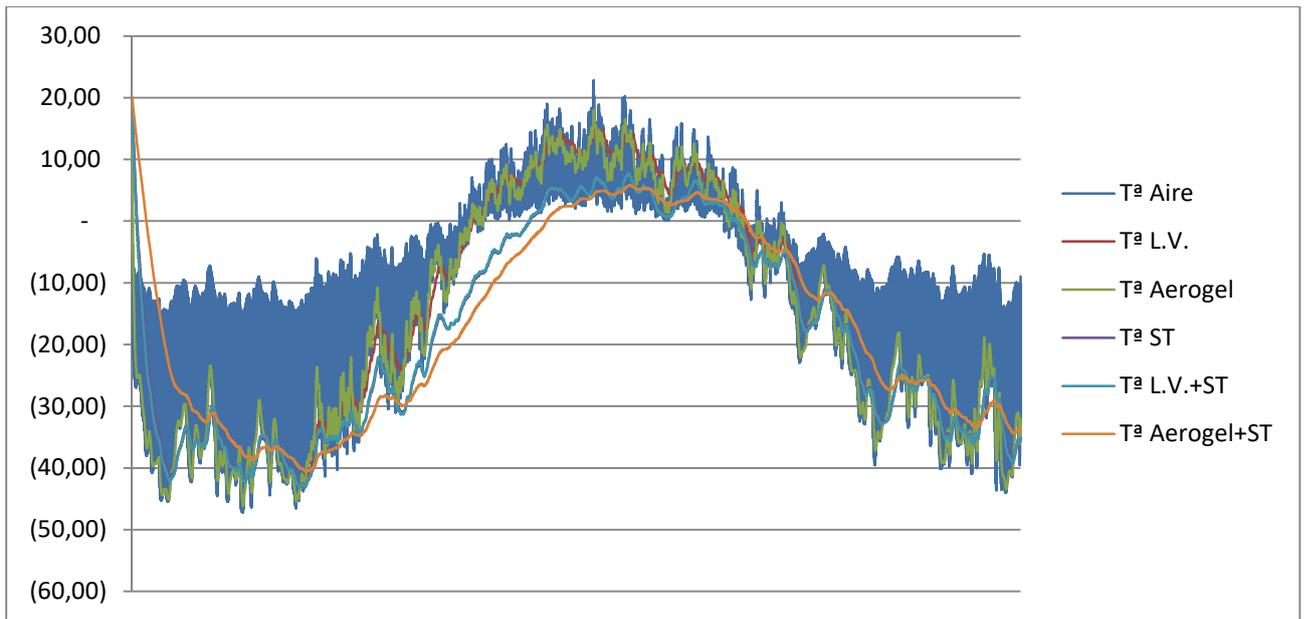
Gráficas 5-1 Comparación entre aislantes

Máx. Tª TOTAL (b.seco)	38,50
Máx. Tª Aire	46,19
Máx. Tª L.V.	35,56
Máx. Tª Aerogel	33,86
Máx. Tª ST	31,07
Máx. Tª L.V+ST	31,14
Máx. Tª Aerogel+ST	30,36

Tabla 5-1 Comparativa de temperaturas en zonas cálidas

La Tabla 5-1 Comparativa de temperaturas en zonas cálidas muestra a simple vista, una amplia mejora. Ninguna de las temperaturas alcanzadas en el interior de la caja con los aislantes térmicos propuestos, llega a superar la temperatura ambiente. El conjunto formado por el aerogel y la pintura, son la mejor opción, ya que demuestran una mejora en más de 8°C.

5.2.2 Alert



Gráficas 5-2 Comparación entre aislantes

Mín. Tª TOTAL (b.seco)	-	47,22
Mín. Tª Aire	-	47,22
Mín. Tª L.V.	-	42,61
Mín. Tª Aerogel	-	46,17
Mín. Tª ST	-	42,82
Mín. Tª L.V+ST	-	43,06
Mín. Tª AEROGEL+ST	-	40,52

Tabla 5-2 Comparativa de temperaturas en zonas frías

Una vez obtenidos datos en formato Excel, se puede observar que las soluciones propuestas no son siempre las más acertadas. Se ha podido observar que en las zonas cálidas el problema quedaba solventado; sin embargo en las zonas frías el problema sigue presente. Todos los elementos propuestos superan de manera más que apreciable, la temperatura mínima establecida.

6 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

6.1 Conclusiones

Según el punto 5 Resultados obtenidos, se puede observar que tanto la medida actual como la que se pretende implantar no son suficientes; incluso en algunas ocasiones se llega a superar la temperatura ambiente. En cambio con la aplicación de un aislante, con el grosor del propio espacio del que se dispone en la actualidad, bastaría para evitar. El gran cambio, se obtiene al aplicar una capa de pintura aislante como Super Therm.

Lo que realmente afecta a la refrigeración de estas cajas es la cantidad de radiación que reciben y la manera en que éstas la absorben. Así, una pintura de muy poco espesor pero con muy poca absorptividad, obtendrá mejores resultados que otra de mayor espesor y con peor absorptividad.

Es por ello, que se han encontrado mejores resultados al aplicar la pintura que sólo incluyendo un aislante.

En el caso en que se utilizaron ambos materiales los resultados fueron prácticamente similares, que al aplicar únicamente la pintura. De hecho puede resultar contraproducente, ya que en la simulación compuesta las temperaturas obtenidas llegan a ser superiores hasta en tres décimas de grado centígrado. Esto se debe a que la lana de vidrio retiene calor entre sus fibras. Cuando se produce una bajada de temperaturas la caja encuentra un elemento que le impide enfriarse a la velocidad que lo haría si éste no existiese.

Se ha podido observar que en las zonas frías la situación más desfavorable es la contraria que en las cálidas, como es de esperar; ya que con los métodos aplicados en las zonas cálidas se pretende privar a la caja de calor. Al disminuir la absorptividad de las paredes exteriores se reduce la cantidad de calor cedido a la caja. En cambio esta reducción no evita que el exterior absorba calor del interior, y con ello disminuya la temperatura interna. Como fuente de calor externo, que evite esta disminución, se propone añadir una resistencia.

Como conclusión se podrá afirmar la mejor manera de aislar las cajas de urgencia ante la radiación del sol, es mediante el uso de la pintura Super Therm. Siempre apoyado por una pintura anticorrosión que le otorgue una mayor durabilidad ante un medio tan agresivo. También se podría implementar el uso de unos sensores de humedad y de calor, en el interior de estas cajas. Resulta una comprobación más fácil, eficiente y directa. Además permite conocer en todo momento la temperatura en el interior, aportando un mayor grado de seguridad a estos recipientes. Su instalación dentro del sistema operativo del buque es sencilla; dado que ya cuenta con una parte dedicada a la monitorización de las diferentes temperaturas en diversas instalaciones a lo largo del buque.

Para aquellos ambientes que estén por debajo de los 10°C, se propone añadir una resistencia; cuyo accionamiento esté ligado a los sensores anteriormente mencionados.

Todo esto sirve para buques que ya estén contruidos; para aquellos que sean de nueva construcción existe otra posibilidad más simple y económica. Extender una línea de agua, procedente del pañol de chaff, hasta llegar a la caja de urgencia. A través de esta línea refrigerar la caja en su nueva posición; como se muestra en la Figura 6.1 Cambio a la disposición de las cajas de urgencia.

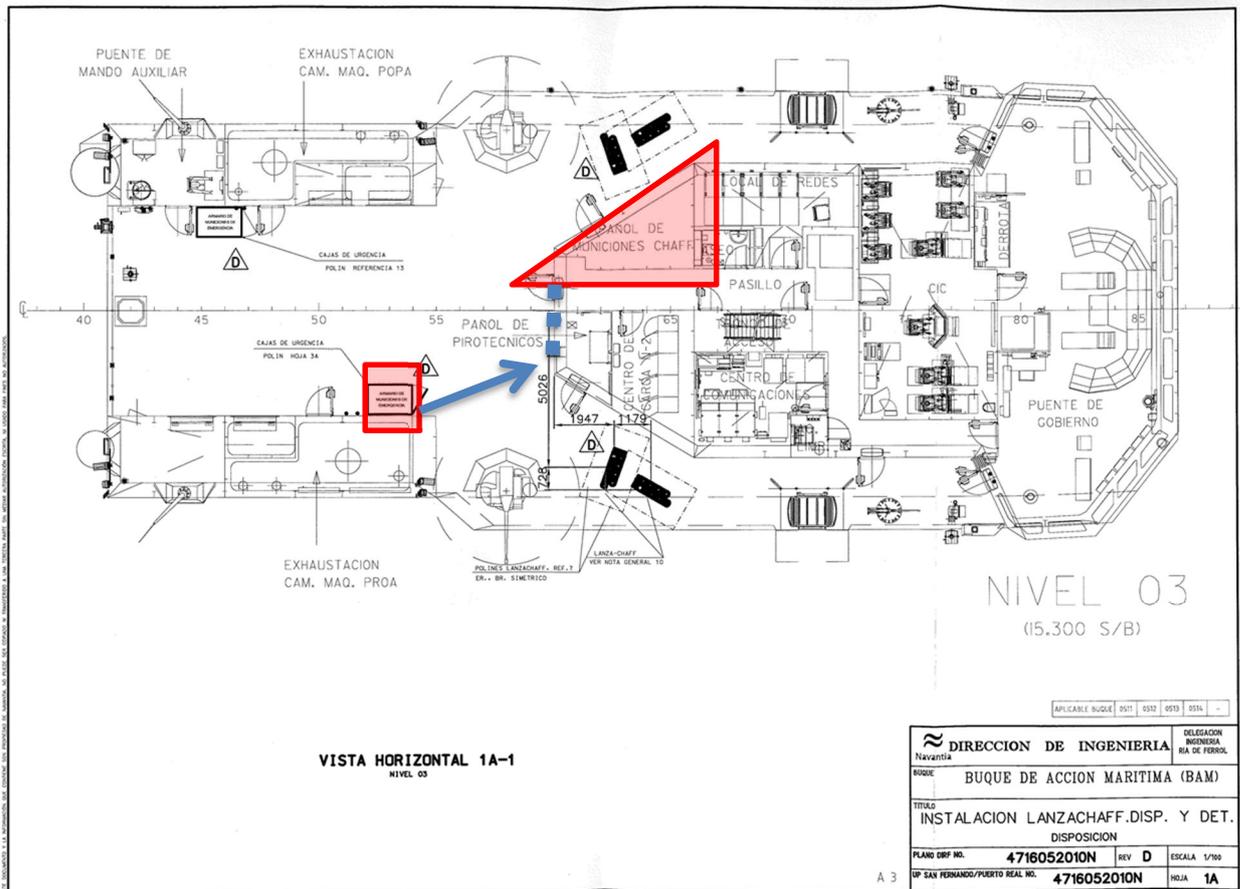


Figura 6.1 Cambio a la disposición de las cajas de urgencia

6.2 Líneas futuras

Como líneas futuras se proponen dos ideas claramente diferenciadas.

La primera es la continuación sobre este camino, en el análisis de las nuevas zonas de acción de los buques de la Armada que están surgiendo en nuestros tiempos. Comprobando si las propuestas presentes en el apartado Conclusiones, son válidas para estas nuevas zonas.

En la segunda, se propone investigar sobre una refrigeración con un intercambiador de calor. Realizar los cálculos necesarios para hallar el caudal requerido para controlar la temperatura del interior en cada momento. Así como, dimensionar éste nuevo sistema para cada modelo de caja; preferiblemente aquellas que alberguen los chaff.

Como tercer proyecto de investigación, se propone la creación del sistema eléctrico de automatización con sensores. La creación del sistema necesario para que cuando un sensor detecte una temperatura menor de 10°C en el exterior, accione la resistencia. Así como el cálculo de la intensidad a la que ésta tiene que radiar, para que no afecte a la vida del chaff ni a su accionamiento.

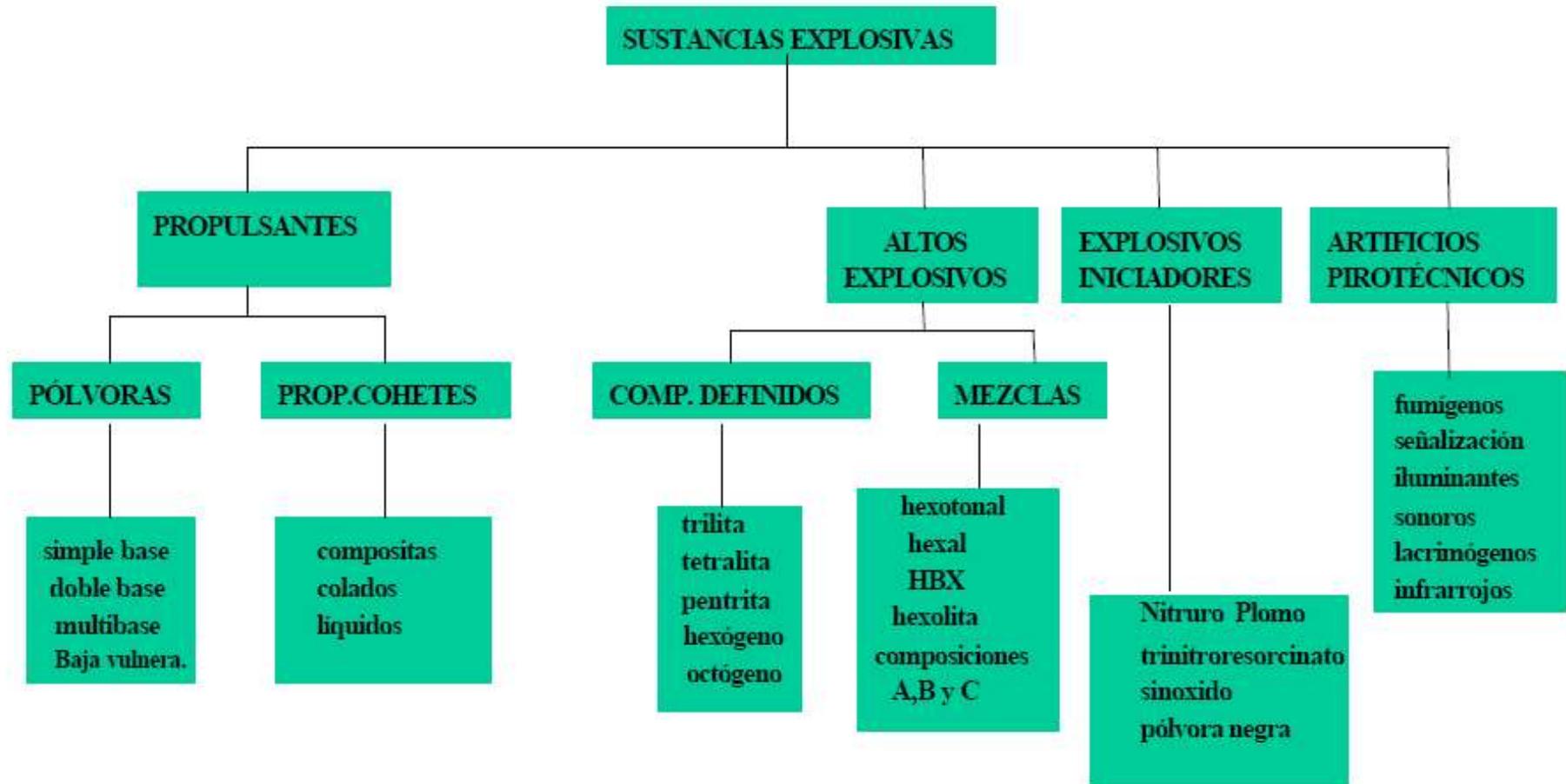
7 BIBLIOGRAFÍA

Este apartado está integrado por las diferentes fuentes empleadas a lo largo del estudio y desarrollo del proyecto.

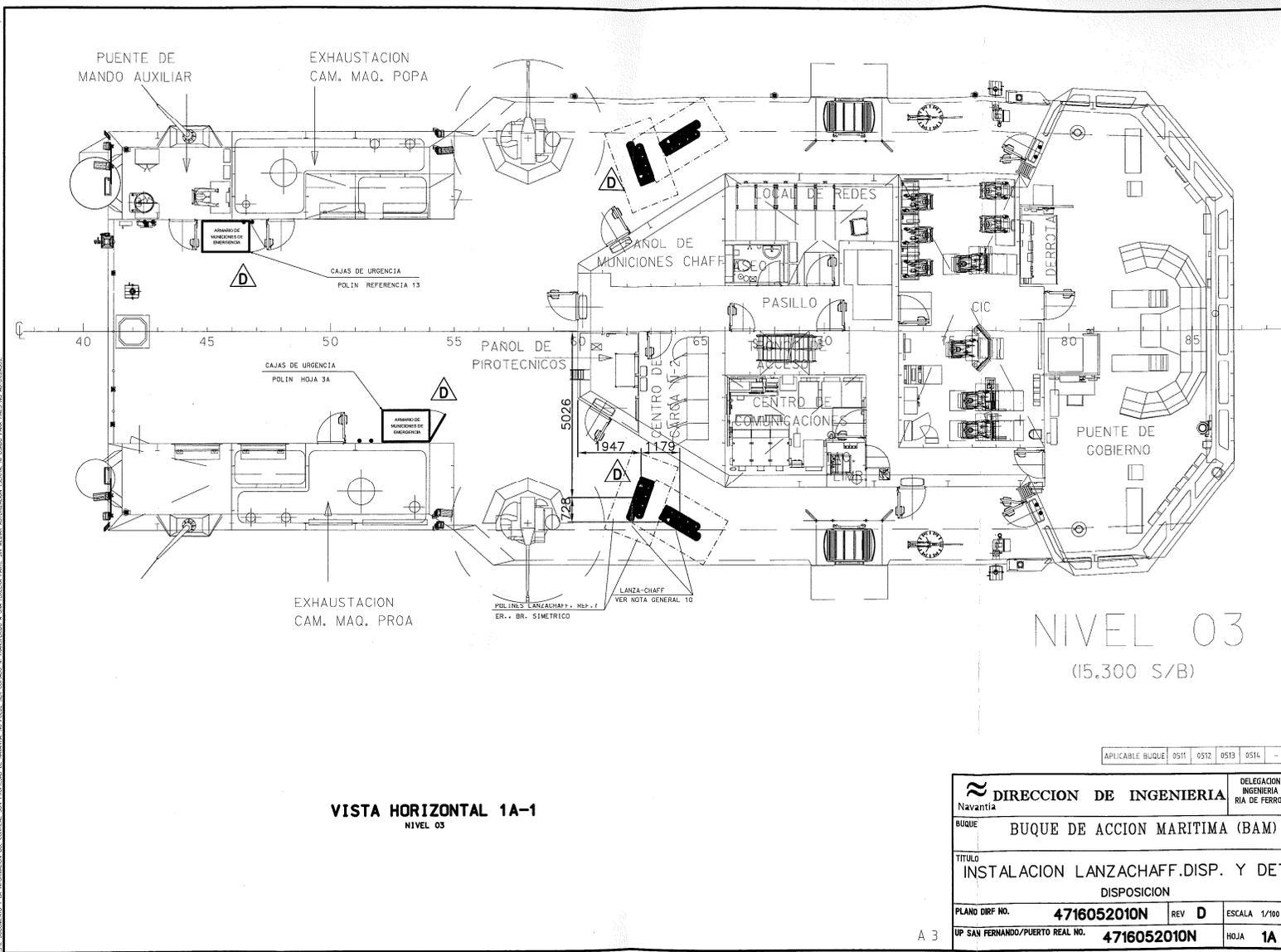
- [1] Las FAS.
- [2] Desconocido, «Manual del Armario Mk Mod.1».
- [3] La Armada, Reglamento de pólvoras, explosivos y municiones para buques, fuerzas y dependencias, 2002.
- [4] Escuela Naval Militar, Artillería Naval (PUB. 331), 1985.
- [5] Escuela Naval Militar, «Apuntes de la asignatura de Táctica».
- [6] Y. A.Çengel, «Transferencia de calor y masa,» de *Un enfoque práctico*, México, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, 2007.
- [7] Armada, «Armada,» [En línea]. Available: <http://www.armada.mde.es/>. [Último acceso: 28 Enero 2016].
- [8] NAVANTIA, *Planos B.A.M.*, Ferrol.
- [9] Generalitat Valenciana, «Cuadernos de rehabilitación».
- [10] ISOVER, «ISOVER,» [En línea]. Available: www.isover.es. [Último acceso: 1 FEBRERO 2016].
- [11] wikipedia, «wikipedia,» [En línea]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Aerogel>. [Último acceso: 24 Enero 2016].
- [12] KAEFER, «KAEFER,» [En línea]. Available: http://www.cl.kaefer.com/Espuma_Elastomrica.html. [Último acceso: 2 Marzo 2016].
- [13] «AEROGEL.ORG,» [En línea]. Available: <http://www.aerogel.org/>. [Último acceso: 24 Febrero 2016].
- [14] aerogeltech, «youtube,» 13 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=5sw1tNeJ0Rw>. [Último acceso: 21 Febrero 2016].
- [15] Nanocapa Technologies – Superior Products España, «Catálogo térmico SPSpain,» 2016.
- [16] nanocapa, «ENVIROPEEL».
- [17] Nanocapa Technologies – Superior Products España, «Catálogo corrosión SPSpain,» 2016.
- [18] Jiangyin Bondtape, «Bondtape,» [En línea]. Available: <http://www.bondtape.es/3-dfr-101b-foil.html>. [Último acceso: 26 Enero 2016].
- [19] Laboratory of Heat Transfer and Environmental Engineering, Department of Mechanical Engineering,, «State of the art in thermal insulation materials and,» 20 Mayo 2004. [En

- línea]. Available: www.sciencedirect.com. [Último acceso: 8 Febrero 2016].
- [20] «Web de La Moncloa,» [En línea]. Available: <http://www.lamoncloa.gob.es>. [Último acceso: 13 enero 2015].
- [21] J. Rodríguez y V. Fernández, *Cómo redactar el estado del arte de un trabajo*, Editorial Genios, 2010.
- [22] P. Martínez y A. García, *Cómo escribir una buena memoria de TFG*, Publicaciones del 2000, 2013.
- [23] A. Pérez, *Cómo escribir una bibliografía*, Nuevas publicaciones.
- [24] Las FAS, *Manual de Interejércitos de Almacenamiento de Municiones y Explosivos para las Fuerzas Armadas Españolas*.
- [25] [En línea]. Available: <http://termodinamica-2011.blogspot.com.es/p/enunciado-de-clausius.html>. [Último acceso: 10 Enero 2016].

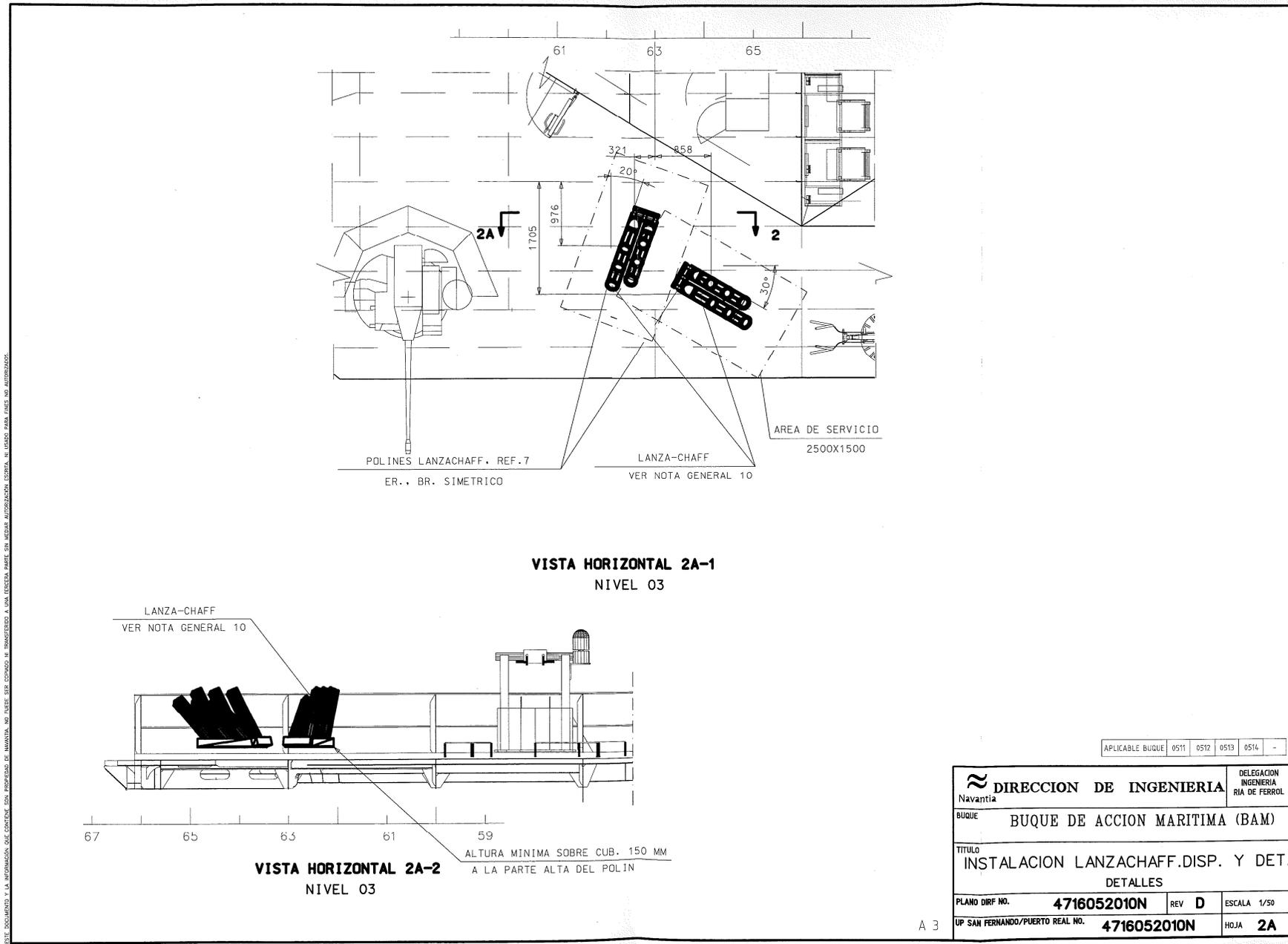
ANEXO I: SUSTANCIAS EXPLOSIVAS



ANEXO II: PLANOS DE LOS B.A.M.

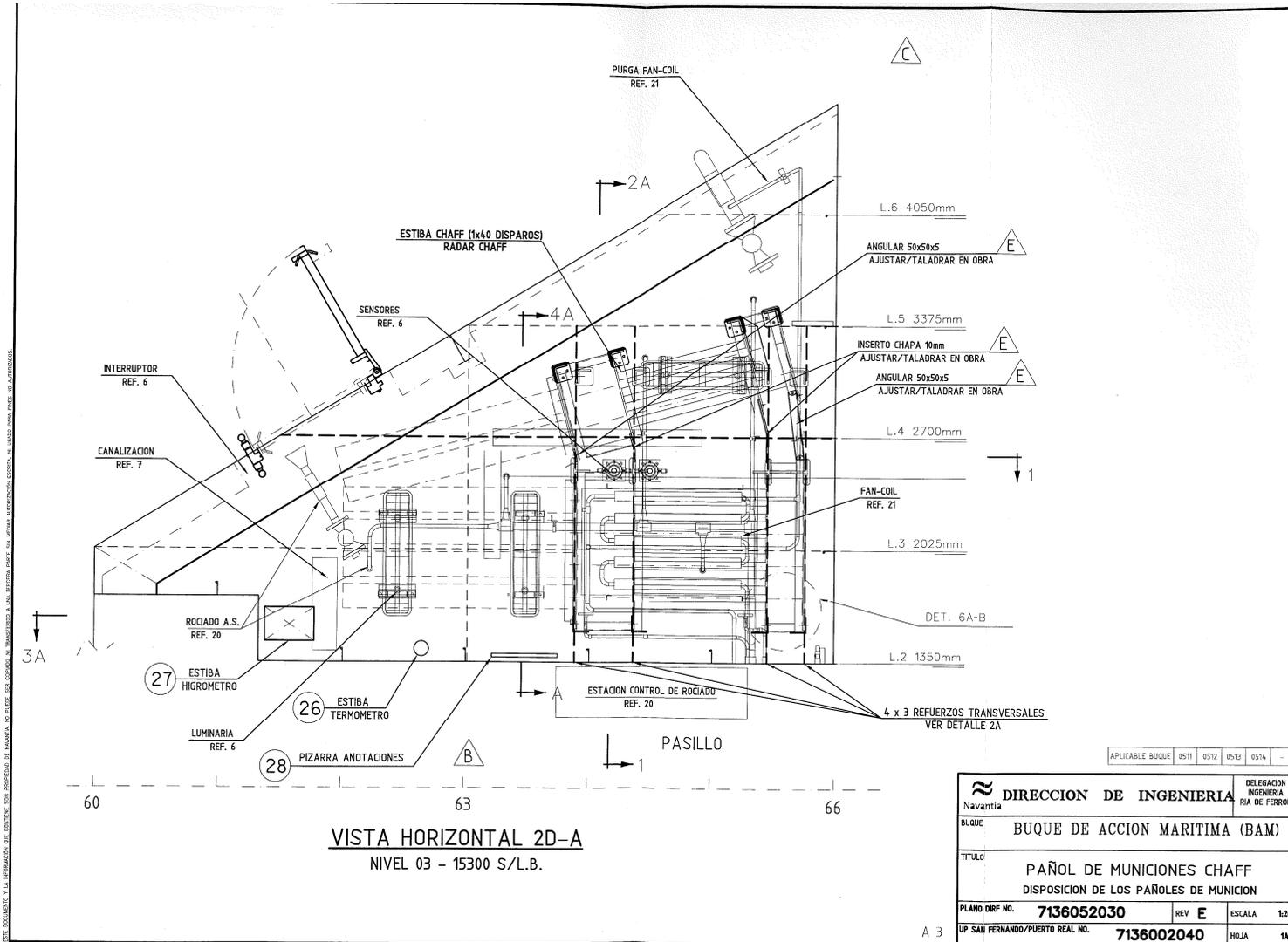


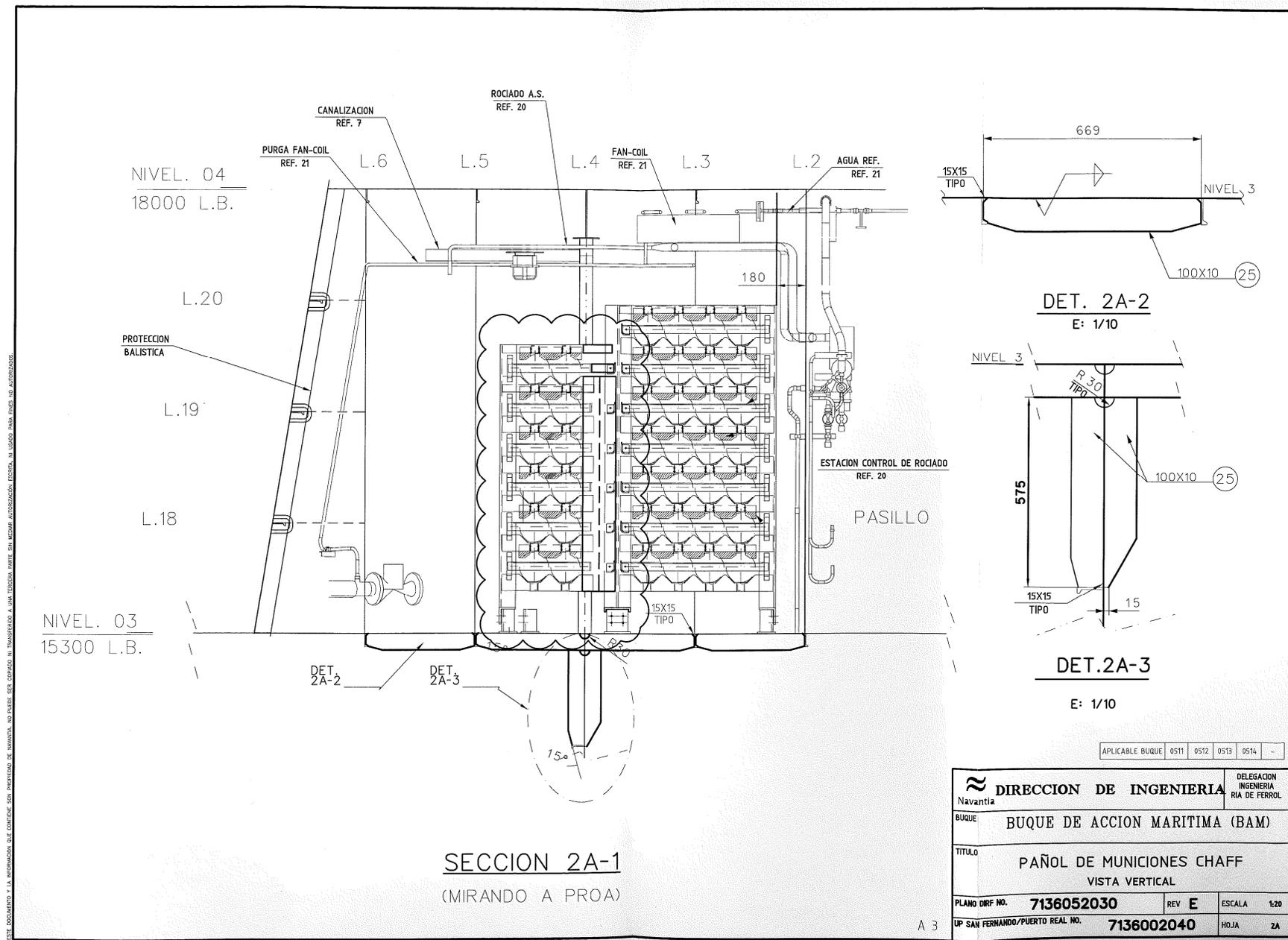
ESTE DOCUMENTO Y LA INFORMACION QUE CONTIENE SON PROPIEDAD DE NAVANTIA. NO DEBE SER COPIADO, NI TRANSMITIDO, A UN TERCERO NI PUBLICADO EN NINGUN MODO. PARA MAS INFORMACION, CONTACTAR CON NAVANTIA.

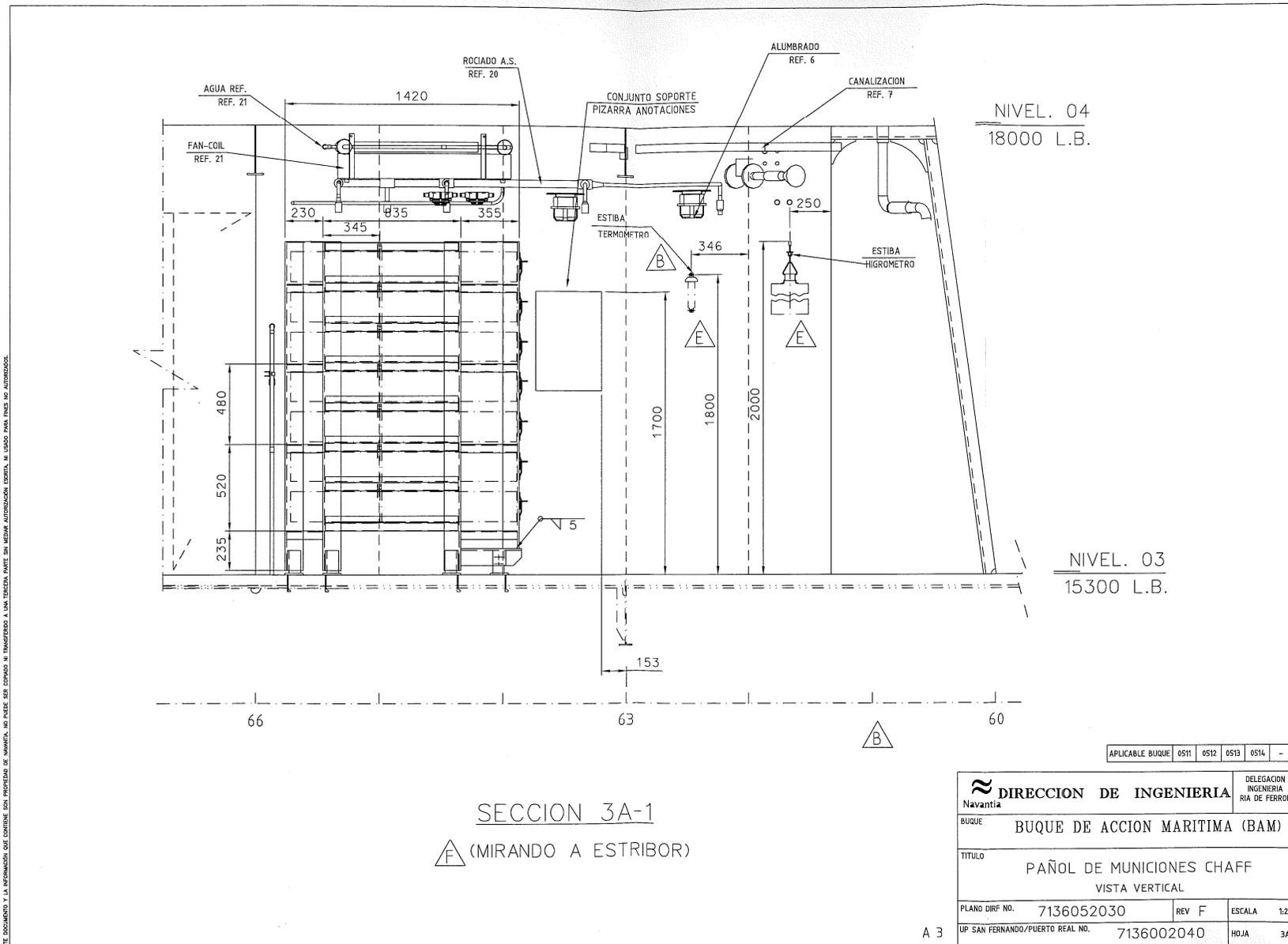


A 3

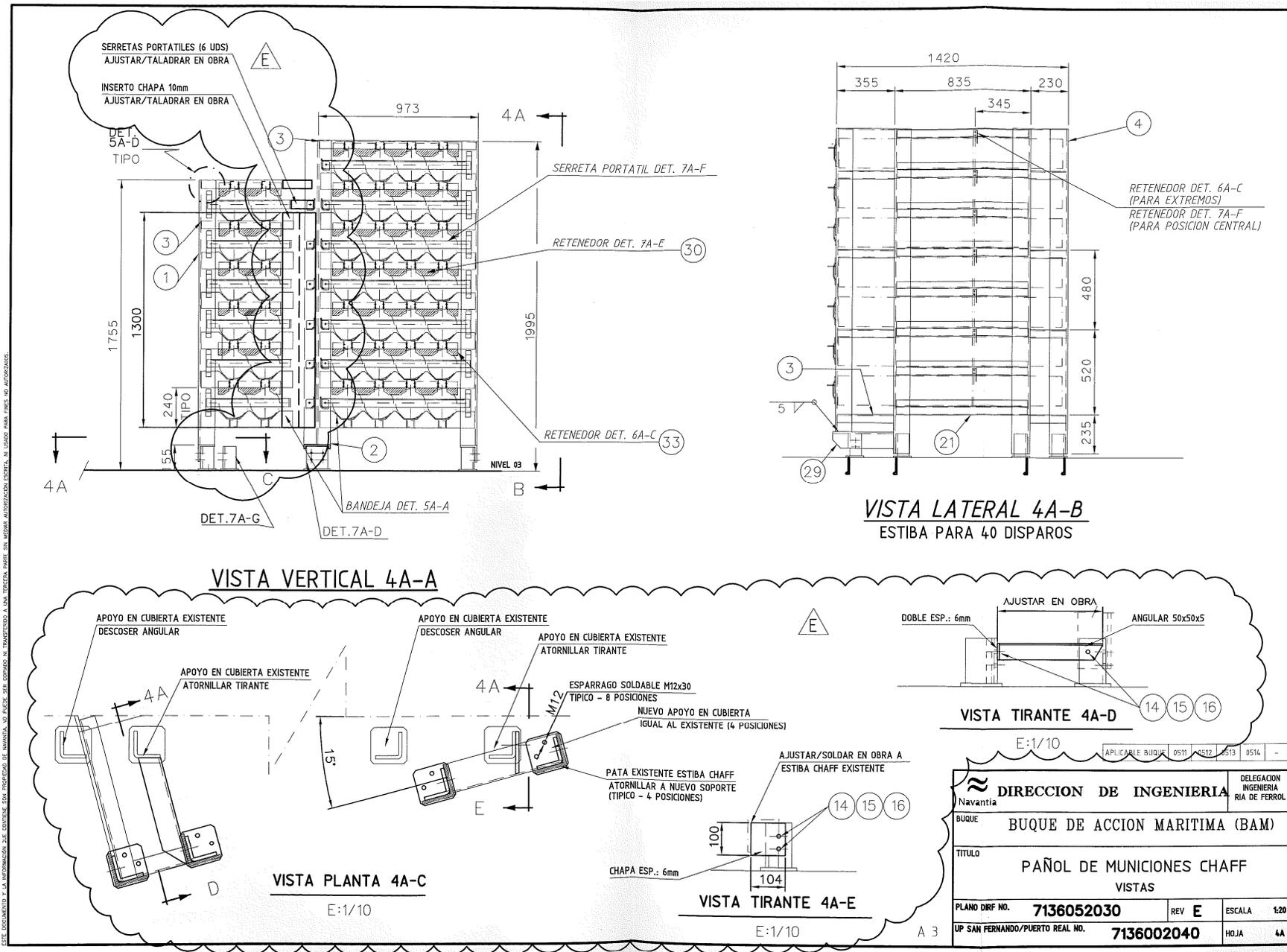
CONTROL DE TEMPERATURA DE FORMA NO INVASIVA MEDIANTE EL ESTUDIO Y CÁLCULO TERMODINÁMICO DE LAS CAJAS DE URGENCIA DE BUQUES DE LA ARMADA ESPAÑOLA



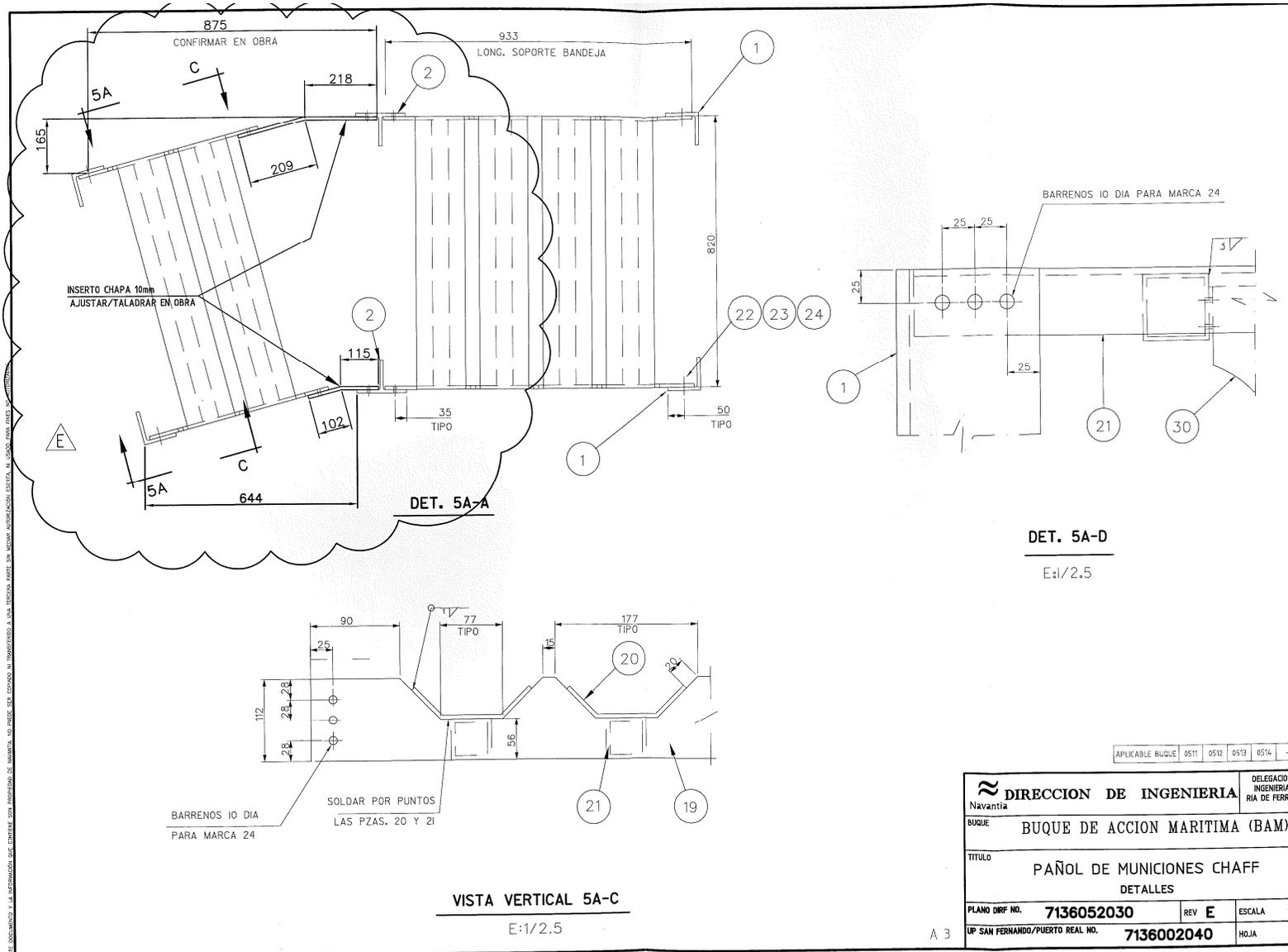


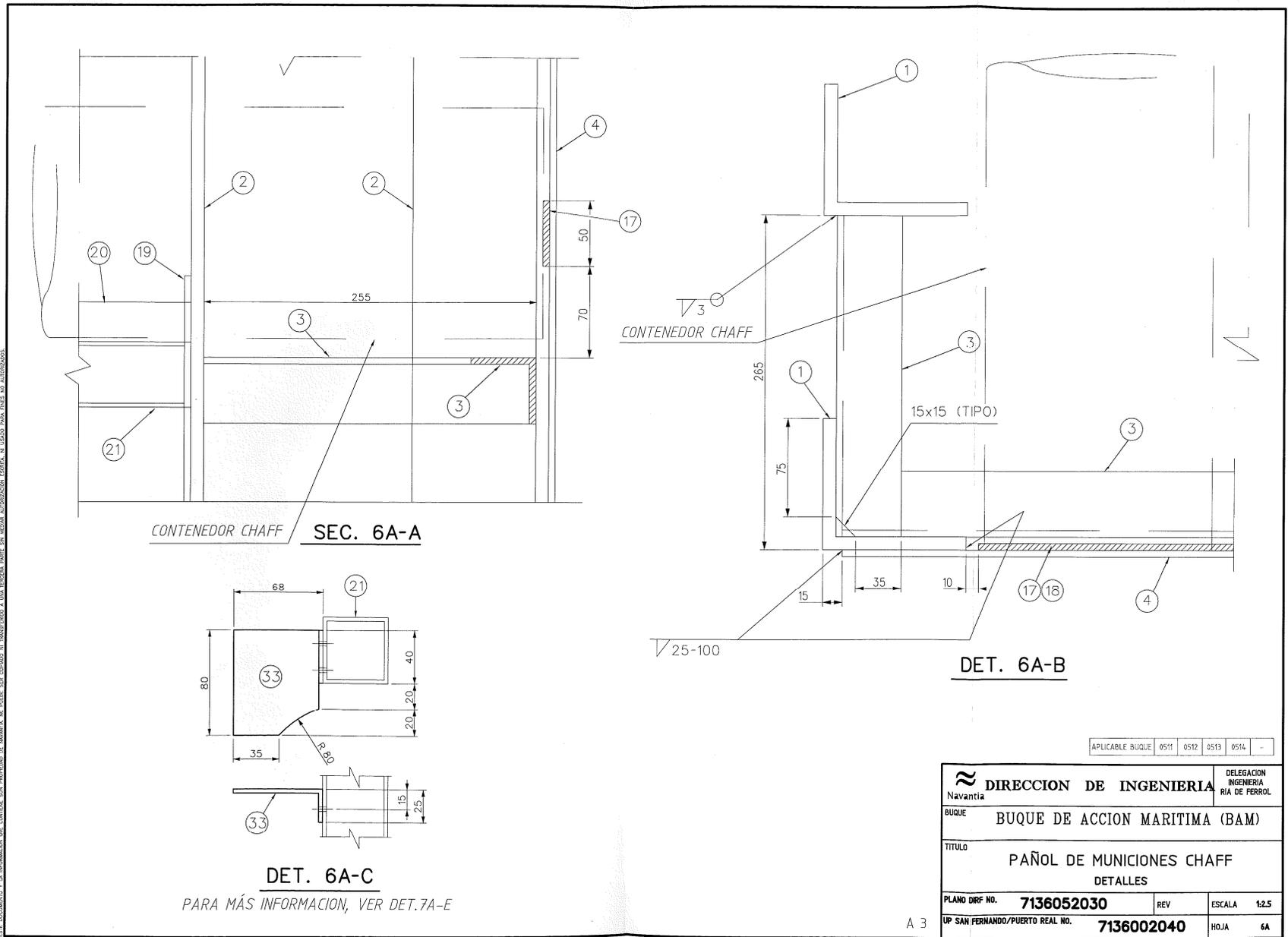


ESTE DOCUMENTO Y LA INFORMACION QUE CONTIENE SON PROPIEDAD DE NAVANTIA. NO PUEDE SER COPIADO, NI TRANSMITIDO A UNO TERCERO, NI PUBLICADO, NI REPRODUCIDO, NI DISTRIBUIDO, NI USADO PARA FINES NO AUTORIZADAS.



CONTROL DE TEMPERATURA DE FORMA NO INVASIVA MEDIANTE EL ESTUDIO Y CÁLCULO TERMODINÁMICO DE LAS CAJAS DE URGENCIA DE BUQUES DE LA ARMADA ESPAÑOLA





ANEXO III: TABLA EUROCLASES

EUROCLASES. Reacción al fuego de los materiales de construcción

Clasificación para paredes y techos según norma UNE-EN 13501-1

Clase	Interpretación
A1	No combustible. Sin contribución al fuego.
A2	No combustible. Sin contribución al fuego.
B	Combustible. Contribución muy limitada al fuego.
C	Combustible. Contribución limitada al fuego.
D	Combustible. Contribución media al fuego.
E	Combustible. Contribución alta al fuego.
F	Sin clasificar. Sin comportamiento determinado.

Indicadores adicionales de opacidad de humo.

Clase	Interpretación
s1	Producción baja de humos.
s2	Producción media de humos.
s3	Producción alta de humos.

Indicadores adicionales de caída de gotas / partículas

Clase	Interpretación
d0	No se producen gotas / partículas.
d1	Caída de gotas / partículas no inflamadas.
d2	Caída de gotas / partículas inflamadas.

Tabla 0-1 Tabla euroclases

ANEXO V: HOJA DE CÁLCULOS

Datos:

$$L_{\text{ext}} = 1.678 \text{ m}$$

$$L_{\text{int}} = 1.362 \text{ m}$$

$$N^{\circ} \text{chaff} = 7 \times 5 = 35 \text{ chaff}$$

$$B_{\text{ext}} = 1.354 \text{ m}$$

$$B_{\text{int}} = 0.894 \text{ m}$$

$$D_{\text{chaff}} = 0.035 \times 5 = 0.175 \text{ m}$$

$$h_{\text{ext}} = 1.678 \text{ m}$$

$$h_{\text{int}} = 1.368 \text{ m}$$

$$L_{\text{chaff}} = 1.362 \text{ m}$$

$$\text{Espesor chapa} = 0.008 \text{ m}$$

$$\text{Espacio entre placas} = 0.15 \text{ m}$$

Cálculos:

1. VOLUMEN INTERIOR TOTAL:

$$VT = L_{\text{int}} \times B_{\text{int}} \times h_i \quad 1.362 \times 0.894 \times 1.362 = 1.658 \text{ m}^3$$

2. VOLUMEN DE CHAFF:

$$V_{\text{chaff}} = \pi \times \frac{D_{\text{chaff}}^2}{4} \times L_{\text{chaff}} = \pi \times \frac{0.175^2}{4} \times 1.362 = 0.033 \text{ m}^3$$

$$VT_{\text{chaff}} = N^{\circ} \text{chaff} \times V_{\text{chaff}} = 35 \times 0.033 = 1.155 \text{ m}^3$$

3. VOLUMEN AIRE INTERIOR:

$$V_{\text{aire int}} = VT - VT_{\text{chaff}} \quad 1.658 - 1.155 = 0.503 \text{ m}^3$$

4. PORCENTAJE DE VOLUMEN:

$$\% \text{ Aire} = \frac{V_{\text{aire int}}}{VT} \times 100 = \frac{0.503}{1.658} \times 100 = 30.34 \%$$

$$\% \text{ Chaff} = 100 - \% \text{ Aire} \quad 100 - 30.34 = 69.66 \%$$

5. CAPACIDAD TÉRMICA DEL CHAFF (cálculo realizado para 25°C):

$$C_{\text{chaff}} = C_p \text{ Al } \rho \text{ Al } V_{\text{chaf}} \quad 903 \times 2702 \times 1.155 = 2818091.43 \frac{\text{J}}{\text{K}} = 2.82 \frac{\text{GJ}}{\text{K}}$$

6. CAPACIDAD TÉRMICA DEL AIRE (cálculo realizado para 25°C)¹²:

$$C_{\text{aire}} = C_p \rho V_{\text{aire}} = 1005 \times 1.18 \times 0.503 = 598 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

7. CAPACIDAD TÉRMICA TOTAL:

$$CT = C_{\text{chaff}} + C_{\text{aire}} \quad 2818091.43 + 598 = 2818689.43 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

¹² Ver Anexo VII: Gráfica densidad

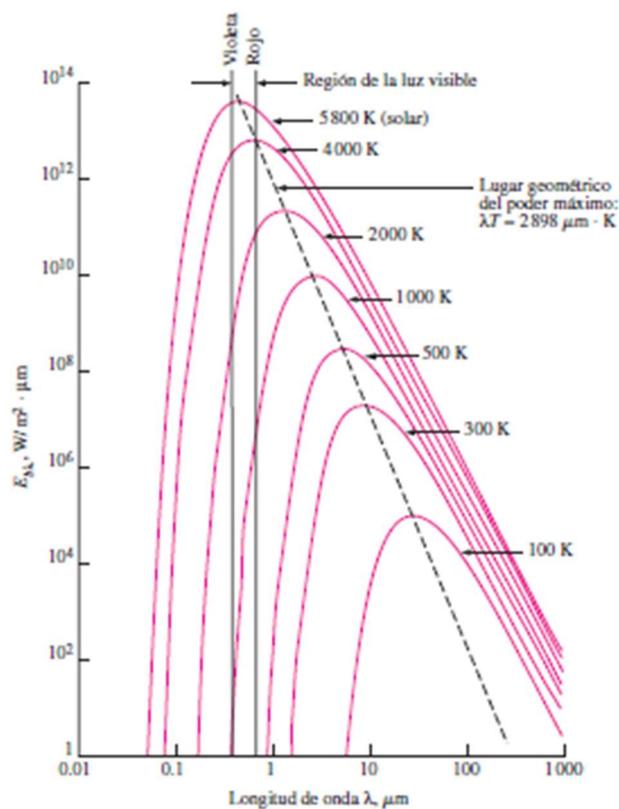
ANEXO VI: CUERPOS NEGRO

Un cuerpo negro es un cuerpo perfecto, capaz de emitir y absorber de manera ideal. Absorbe toda la energía que es radiada en su superficie, sin importar la temperatura o la longitud de onda. Además, es capaz de emitir toda esa energía de manera uniforme en todas las direcciones del espacio.

Esta energía de radiación emitida, fue expresada por Joseph Stephan en 1879, a través de:

$$Eb(T) = \sigma T^4 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

donde $\sigma=5.670 \times 10^{-8}$ (W/m²), T es la temperatura absoluta expresada en K. Fue verificada teóricamente por Ludwig Boltzman; de ahí que esta ecuación se conozca como ley de Stephan-Boltzman. Queda reflejada en área encerrada bajo la función, que dependerá principalmente de la longitud de onda y de la temperatura (Gráficas 0-1 Emisividad de un cuerpo negro según la longitud de onda):



Gráficas 0-1 Emisividad de un cuerpo negro según la longitud de onda

Es necesario aclarar, que lo que se conoce coloquialmente como superficie negra es aquella que absorbe toda la luz del espectro visible (contenido dentro de la radiación). En cambio a lo que se refiere este documento como cuerpo negro, es aquel que absorbe toda la energía con que es radiado (radiación UV, radiación visible¹³ y radiación IR).

El cuerpo negro, carece de energía reflejada y transmitida, porque toda ella es energía absorbida.

¹³ Radiación visible desde el punto de vista humano; ya que si nos trasladamos a ciertos animales, pueden ver más allá de la zona denominada visible. Como el caso de las serpientes de cascabel que pueden ver en el espectro de IR; mientras que las abejas pueden ver en el espectro UV.

$$G = G_{abs} + G_{ref} + G_{tr} = G_{abs} \text{ (W/m}^2\text{)}$$

La radiación absorbida por un cuerpo negro se calcula a través de:

$$G_{abs} = \alpha G = \alpha \sigma T^4 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

La radiación emitida se calcula a partir de:

$$E_{emitida} = \varepsilon \sigma T^4 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

Como se observa la Radiación absorbida es igual a la emitida:

$$G_{abs} = \alpha \sigma T^4 = \varepsilon \sigma T^4 = E_{emitida}$$

$$(\sigma=1; \varepsilon=1)$$

$$G_{abs} = E_{emitida}$$

Todo esto implica que la emisividad espectral:

$$\varepsilon_{\lambda, \theta}(\lambda, \theta, \Phi, T) = \frac{I_{\lambda, e}(\lambda, \theta, \Phi, T)}{I_{b\lambda}(\lambda, T)}$$

es 1, ya que la radiación emitida en ambos lados es la misma.

ANEXO VII: GRÁFICA DENSIDAD

Partiendo de la Ley Ideal del Gas:

$$P V = n R T$$

Ecuación 0-1 Ley de los gases ideales

$$n = \frac{P V}{R T}$$

n , número de moléculas

R , constante del gas

y sabiendo que la densidad se calcula, como:

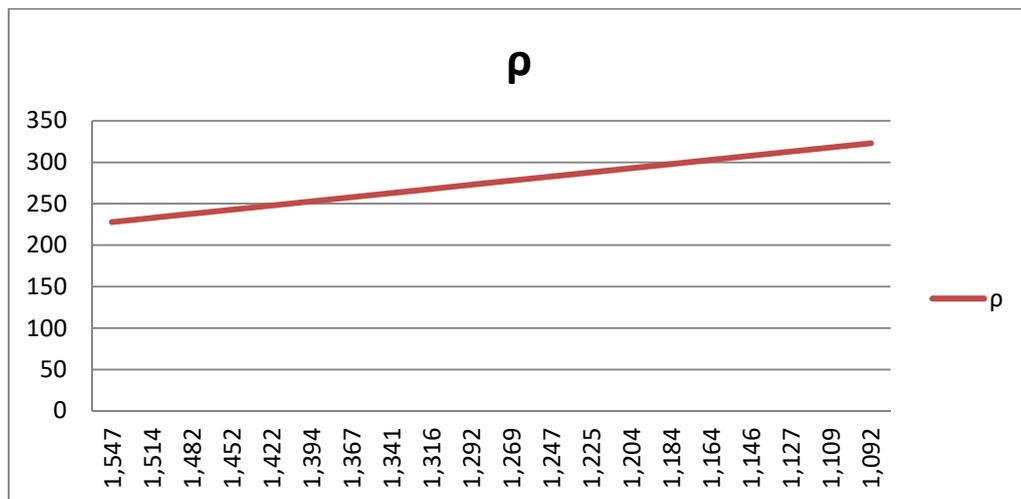
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n}{V}$$

Ecuación 0-2 Densidad

se podrá decir que:

$$\rho = \frac{n}{V} = \frac{1}{V} \frac{P V}{R T} = \frac{P}{R T}$$

Si se aplica esta fórmula para obtener las diferentes densidades del aire en el mundo, para un rango de temperaturas que parte desde los -45°C hasta los 50°C ; se obtiene la siguiente gráfica:



Gráficas 0-1 Densidad del aire