

**UNIVERSIDADE DA CORUÑA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS**

**TECNOLOGÍAS MARINAS**

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**“CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE  
UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO<sub>2</sub> Y FM200  
DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 t  
DE DESPLAZAMIENTO”**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**TFG / GTM / E-30-15**

**JUNIO - 2015**

**AUTOR: Daniel Sánchez Estévez**

**TUTORA: Rebeca Bouzón Otero**

# TRABAJO FIN DE GRADO

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

TECNOLOGÍAS MARINAS

631G02410 - TRABAJO FIN DE GRADO

Dña. REBECA BOUZÓN OTERO, en calidad de tutor principal, autorizo al alumno D. DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ, con DNI nº 44.085.323-G a la presentación del presente Trabajo de Fin de Grado titulado:

**“CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO<sub>2</sub> Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO”**

CONVOCATORIA: JUNIO - 2015

Fdo. La Tutora

Fdo. El Alumno

Rebeca Bouzón Otero

Daniel Sánchez Estévez

**“TÍTULO: CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO  
ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO<sub>2</sub> Y  
FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE  
18700 t DE DESPLAZAMIENTO”**

---

**ÍNDICE GENERAL**

---

## **ÍNDICE GENERAL**

### **MEMORIA**

1. MEMORIA	6
1.1 Objeto	6
1.2 Alcance del proyecto	6
1.3 Especificación del buque a proyectar	7
1.4 Reglamentación a cumplir	9
1.5 Análisis del tipo de buque y requerimientos principales	9
1.5.1 Definición y tipos de bulkcarriers	9
1.6 Seguridad contra incendios	12
1.6.1 Objetivos de la seguridad contra incendios	12
1.6.2 Naturaleza del fuego	13
1.6.3 Propagación del fuego	14
1.6.4 Clasificación del fuego	15
1.6.5 Principios de la extinción de incendios	16
1.6.6 Agentes extintores	18
1.6.6.1 Agua	18
1.6.6.2 Dióxido de Carbono, CO <sub>2</sub>	19
1.6.6.3 Espumas	20
1.6.6.3.1 Tipos de espuma	22
1.6.6.4 Polvos secos	25
1.6.6.4.1 Tipos de polvo seco	26
1.6.6.5 Extintores químicos húmedos	27

1.6.6.6 Halones	27
1.6.6.7 Sustitutos del Halón	28
1.6.6.7.1 Halocarbonos	28
1.6.6.7.2 Gases inertes	29
1.6.6.7.3 Dióxido de Carbono	30
1.6.6.7.4 Agua puerizada	30
1.6.6.7.5 Tabla resumen	31
1.7 Sistema de CO <sub>2</sub>	32
1.7.1 Sistema fijo de baja presión CO <sub>2</sub>	32
1.7.2 Sistema fijo de alta presión	33
1.7.3 Sistema de inundación total	36
1.7.4 Sistema de aplicación local	36
1.7.5 Componentes de un sistema de inundación total y alta presión	38
1.7.5.1 Espacio de almacenamiento del agente extintor, local del CO <sub>2</sub>	38
1.7.5.2 Botellas de CO <sub>2</sub>	40
1.7.5.3 Método de comprobación de nivel de llenado de las botellas	41
1.7.5.4 Anclaje de las botellas	43
1.7.5.5 Válvula de descarga	43
1.7.5.6 Métodos de activación	45
1.7.5.7 Válvula de venteo	46

1.7.5.8 Válvula de retención	47
1.7.5.9 Válvula de retención con salida a pilotaje	47
1.7.5.10 Válvula direccional	47
1.7.5.11 Tubería y soportes	48
1.7.5.12 Boquilla de descarga	49
1.7.5.13 Sistema de alarma	49
1.8 Sistema de FM 200	51
1.8.1 Propiedades del agente extintor	51
1.8.2 Componentes de un sistema supresor de incendios con FM200	52
1.8.2.1 Componentes de almacenamiento de FM-200	52
1.8.2.2 Componentes de distribución de FM-200	57
1.8.2.3 Accesorios	61
1.8.2.3.1 Accesorios para la conexión de descarga	61
1.8.2.3.2 Conjunto de presostato de supervisión de baja presión	62
1.8.2.3.3 Conjunto de manómetro	62
1.8.2.3.4 Actuador de válvula eléctrico	63
1.8.2.3.5 Actuador de válvula manual	64
1.8.2.4 Componentes de configuración esclava	65
1.8.2.4.1 Actuador de válvula neumático	66
1.8.2.4.2 Válvula de retención de venteo	66
1.8.2.4.3 Válvula de retención piloto	67

1.8.2.4.4 Adaptador NPT M	67
1.8.2.4.5 Te intermedio de la línea piloto	68
1.8.2.4.6 Te final de la línea piloto	68
1.8.2.4.7 Latiguillo	69
1.8.2.5 Componentes adicionales	69
1.8.2.5.1 Presostato de descarga	69
1.8.2.5.2 Válvula de retención del colector	70
1.8.3 Consideraciones de seguridad	70
1.9 Bibliografía	72

## **ANEXOS**

### **ANEXO I**

2. CÁLCULOS PARA UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO <sub>2</sub>	4
2.1 Espacios a proteger	4
2.1.2 Cálculo del volumen de espacios a proteger	4
2.1.2.1 Local Cámara de Máquinas	5
2.1.2.1.1 Cubierta Motor Principal	5
2.1.2.1.2 Cubierta Motores Auxiliares y Local Purificadoras	7
2.1.2.1.3 Cubierta Superior de Cámara de Máquinas	7
2.1.2.1.4 Volumen total de C. Máquinas	9
2.1.3 Aplicación del Código SSCI	9

2.1.4 Corrección del valor 40% $V_{TCM}$ según el Código SSCI	11
2.2 Cálculo de cantidad de agente extintor CO <sub>2</sub>	12
2.3 Determinación del número de botellas de agente extintor CO <sub>2</sub>	12
2.4 Dimensionamiento de tubería de descarga	15
2.5 Número, tipo y disposición de los difusores y tubería de descarga	17
2.6 Medios de control	21
2.7 Alarma	22
2.8 Bibliografía	24
<b><u>ANEXO II</u></b>	
3. CÁLCULOS PARA UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS FM-200	3
3.1 Espacios a proteger	3
3.1.2 Cálculo del volumen de espacios a proteger	3
3.1.2.1 Corrección del valor de volumen de espacios a proteger	4
3.2 Normativa aplicable	4
3.2.1 Resolución IMO 848 (1998) y Enmiendas (2008)	4
3.2.2 UNE-EN 15004-5:2009	6
3.3 Cantidad de agente extintor requerido	7
3.4 Determinación del número de botellas de agente extintor FM-200	8



3.5 Dimensionado de tubería de descarga	9
3.6 Número, tipo y disposición de los difusores y tubería de descarga	10
3.6.1 Disposición de tubería de descarga	14
3.7 Bibliografía	17

### **ANEXO III**

4. CONCLUSIONES	3
-----------------	---

### **BIBLIOGRAFÍA GENERAL**

### **PLANOS**

1. Disposición General del buque
2. Volumen de la cubierta de Motor Principal
3. Volumen de cubierta de Motores Auxiliares y Local de purificadoras
4. Volumen de cubierta Superior de Cámara de máquinas
5. Distribución general de tuberías del Sistema de CO<sub>2</sub>
6. Distribución de tuberías – Cubierta superior de Cámara de máquinas – Sistema CO<sub>2</sub>
7. Distribución de tuberías – Cubierta de Motores Auxiliares y Local de purificadoras – Sistema CO<sub>2</sub>
8. Distribución de tuberías – Cubierta de Motor Principal – Sistema CO<sub>2</sub>
9. Distribución general de tuberías del Sistema de FM200
10. Distribución de tuberías – Cubierta superior de Cámara de máquinas y Locales – Sistema FM200
11. Distribución de tuberías – Cubierta de Motores Auxiliares y Local de purificadoras – Sistema FM200
12. Distribución de tuberías – Cubierta de Motor Principal – Sistema FM200

**“TÍTULO: CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO  
ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO<sub>2</sub> Y  
FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE  
18700 t DE DESPLAZAMIENTO”**

---

**MEMORIA**

---



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS**

**FECHA: JUNIO 2015**

**AUTOR: EL ALUMNO**

**Fdo.: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ**

**ÍNDICE**

1 MEMORIA	6
1.1 Objeto	6
1.2 Alcance del proyecto	6
1.3 Especificación del buque a proyectar	7
1.4 Reglamentación a cumplir	9
1.5 Análisis del tipo de buque y requerimientos principales	9
1.5.1 Definición y tipos de bulkcarriers	9
1.6 Seguridad contra incendios	12
1.6.1 Objetivos de la seguridad contra incendios	12
1.6.2 Naturaleza del fuego	13
1.6.3 Propagación del fuego	14
1.6.4 Clasificación del fuego	15
1.6.5 Principios de la extinción de incendios	16
1.6.6 Agentes extintores	18
1.6.6.1 Agua	18
1.6.6.2 Dióxido de Carbono, CO <sub>2</sub>	19
1.6.6.3 Espumas	20
1.6.6.3.1 Tipos de espuma	22
1.6.6.4 Polvos secos	25
1.6.6.4.1 Tipos de polvo seco	26
1.6.6.5 Extintores químicos húmedos	27
1.6.6.6 Halones	27

1.6.6.7 Sustitutos del Halón	28
1.6.6.7.1 Halocarbonos	28
1.6.6.7.2 Gases inertes	29
1.6.6.7.3 Dióxido de Carbono	30
1.6.6.7.4 Agua puverizada	30
1.6.6.7.5 Tabla resumen	31
1.7 Sistema de CO <sub>2</sub>	32
1.7.1 Sistema fijo de baja presión CO <sub>2</sub>	32
1.7.2 Sistema fijo de alta presión	33
1.7.3 Sistema de inundación total	36
1.7.4 Sistema de aplicación local	36
1.7.5 Componentes de un sistema de inundación total y alta presión	38
1.7.5.1 Espacio de almacenamiento del agente extintor, local del CO <sub>2</sub>	38
1.7.5.2 Botellas de CO <sub>2</sub>	40
1.7.5.3 Método de comprobación de nivel de llenado de las botellas	41
1.7.5.4 Anclaje de las botellas	43
1.7.5.5 Válvula de descarga	43
1.7.5.6 Métodos de activación	45
1.7.5.7 Válvula de venteo	46
1.7.5.8 Válvula de retención	47

1.7.5.9 Válvula de retención con salida a pilotaje	47
1.7.5.10 Válvula direccional	47
1.7.5.11 Tubería y soportes	48
1.7.5.12 Boquilla de descarga	49
1.7.5.13 Sistema de alarma	49
1.8 Sistema de FM 200	51
1.8.1 Propiedades del agente extintor	51
1.8.2 Componentes de un sistema supresor de incendios con FM200	52
1.8.2.1 Componentes de almacenamiento de FM-200	52
1.8.2.2 Componentes de distribución de FM-200	57
1.8.2.3 Accesorios	61
1.8.2.3.1 Accesorios para la conexión de descarga	61
1.8.2.3.2 Conjunto de presostato de supervisión de baja presión	62
1.8.2.3.3 Conjunto de manómetro	62
1.8.2.3.4 Actuador de válvula eléctrico	63
1.8.2.3.5 Actuador de válvula manual	64
1.8.2.4 Componentes de configuración esclava	65
1.8.2.4.1 Actuador de válvula neumático	66
1.8.2.4.2 Válvula de retención de venteo	66
1.8.2.4.3 Válvula de retención piloto	67
1.8.2.4.4 Adaptador NPT M	67

---

1.8.2.4.5 Te intermedio de la línea piloto	68
1.8.2.4.6 Te final de la línea piloto	68
1.8.2.4.7 Latiguillo	69
1.8.2.5 Componentes adicionales	69
1.8.2.5.1 Presostato de descarga	69
1.8.2.5.2 Válvula de retención del colector	70
1.8.3 Consideraciones de seguridad	70
1.9 Bibliografía	72

## 1 MEMORIA

### 1.1 Objeto

En el siguiente proyecto se realizará el cálculo y estudio del sistema de contraincendios para la cámara de máquinas de un buque de carga general de 18.700 t de desplazamiento. Con las siguientes dimensiones:

DIMENSIONES	
Eslora Total	136,474 m
Eslora entre perpendiculares	128,5 m
Manga	21 m
Puntal	11,4 m
Calado	8,4 m
Peso Muerto	14.000 t

Tabla 1.1.1 – Dimensiones del buque

El buque del que realizaremos los correspondientes cálculos del sistema de contraincendios, así como el estudio de alternativas para sistemas en la cámara de máquinas del buque, es un buque en activo actualmente. Se trata del Arklow Meadow, buque de bandera irlandesa al que corresponden las especificaciones anteriores y al que haremos referencia a lo largo del presente proyecto.

### 1.2 Alcance del proyecto

Este proyecto se desarrolla siguiendo el esquema citado a continuación:

- Memoria
- Anexos
  - Anexo I: Cálculos para un sistema contraincendios de CO<sub>2</sub>
  - Anexo II: Alternativa al sistema CO<sub>2</sub> como agente extintor. Cálculos para un sistema contraincendios con FM-200.
  - Anexo III: Conclusiones
- Planos

### 1.3 Especificación del buque a proyectar

La especificación del buque será la siguiente:

- **Tipo de buque:** Buque de Carga General para cargas pesadas, con bodegas cubiertas. Habilitación y cámara de máquinas a popa, proa y popa de bulbo, timón suspendido.
- **Clasificación y Cota:** +100A1 +LMC,UMS, IWS AUT-UMS, General Cargo Ship, Heavy Cargo, Unrestricted Navigation.
- **Peso muerto:** 14.000 TPM
- **Propulsión:** MaK 6M 43C, 5.400 kW de 4T, con reductora y hélice Rolls Royce de paso variable.
- **Velocidad de servicio:** 14,5 nudos
- **Capacidades:** Capacidad de carga 18.110 m<sup>3</sup> en 4 bodegas, 5.480 t. Capacidad de combustible, 626 m<sup>3</sup>. Capacidad de diésel, 143 m<sup>3</sup>. Capacidad para agua fresca, 136 m<sup>3</sup>.
- **Habilitación:** 15 Camarotes individuales con baño privado, 2 Oficinas, 2 Salas de estar de día (oficiales y tripulación), 1 Sala de curas con cama, 1 Comedor con capacidad para 20 personas.
- **Maquinaria Auxiliar:** 2 Diesel generadores de emergencia Yanmar de 438 kW más 1 Diesel generador STX de 100 kW. 2 Diesel generadores Taiyo Electric de 350 kW más 1 Diesel generador de 100 kW. 1 Generador acoplado al eje del motor principal de 1000 kW.
- **Consumo:** 20 t de IFO 380 por cada 24 horas en la mar. 1 t de MDO por cada 24 horas en puerto.
- **Ventilación de espacios confinados:** 6 cambios por hora.



- **Equipamiento:** GMDSS (A3, fleet 77), echo sounder, 2 radars, gyro & magnetic compass, AP, VDR Navtex, 2 x GPS, AIS, LRIT ECDIS, 1 x 750 kW bowthruster.



Figura 1.3.1 – Arklow Meadow en el Puerto de San Cibrao



Figura 1.3.2 – Arklow Meadow

## 1.4 Reglamentación a cumplir

Los sistemas y equipamiento a los que hace referencia el presente trabajo, así como las normas de diseño de los mismos, vienen recogidos en las siguientes normas o reglamentos:

- NFPA 12 “Carbon Dioxide Extinguishing Systems”
- NFPA 2001 “Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems”
- IMO MSC/Circ.848
- SOLAS Capítulo II-2
- UNE-EN 15004-1:2009
- UNE-EN 15004-5:2009
- Bureau Veritas “Rules for the Classification of Steel Ships”, Part C – Machinery, Electricity, Automation and Fire Protection, Chapter 4

## 1.5 Análisis del tipo de buque y requerimientos principales

### 1.5.1 Definición y tipos de bulkcarriers

Son un tipo de buque que se dedican al transporte de cargas secas a granel, en sus más diferentes variedades como grano, trigo, soja, sal, minerales, por lo que también se les denomina graneleros. No obstante, estos buques pueden transportar ocasionalmente contenedores o cargas líquidas, siendo denominadas estos últimos OBO´S (Ore-Bulk-Oil)

Su tamaño varía desde las 10.000 hasta las 200.000 DWT y desde los 100 hasta los más de 270 m de eslora. Normalmente navegan a baja velocidad.

En el proyecto conceptual de la Disposición General existen factores casi constantes. De esta manera, la maquinaria propulsora, alojamientos y puente de gobierno es habitual que estén situados a popa del buque. Las cámaras de máquinas más cortas, logradas gracias los nuevos motores diésel, permiten disponer la carga suficiente a popa y evitar asientos de proa a plena carga.

Como ya hemos comentado, son fácilmente reconocibles por tener una cubierta corrida con varias escotillas (normalmente impares) que son abiertas para permitir el acceso a las bodegas de carga según sea el tipo de las mismas.

De esta manera existen escotillas de apertura hidráulica que se abaten, u otras de corredera que discurren por unas guías a ambos lados de la propia escotilla.

Sus bodegas disponen de una configuración de tanques laterales altos y bajos con mamparos inclinados que permiten la autoestiba de la carga. Un problema que se debe tener en consideración en este tipo de buques es el del corrimiento de la carga a granel dentro de las bodegas de los mismos, ya que su efecto es similar al de las superficies libres de tanques con líquidos, lo cual debe tenerse en cuenta cuando se proyecta el buque, prestando especial atención al número y disposición de las bodegas.

Los bulkcarriers de pequeño porte suelen disponer de medios propios de carga y descarga, principalmente grúas electrohidráulicas. Los de mayor porte prescinden de ellas y emplean grúas o medios de descarga presentes en puerto.

La propulsión en bulkcarriers inferiores a 7.000 DWT se garantiza mediante motores de revoluciones medias, mientras que en buques de un tonelaje de peso muerto superior se realiza mediante motores de 2 tiempos de bajas revoluciones.

Una clasificación habitual para los bulkcarriers en función del peso muerto es la siguiente (Tabla 1.5.2.1)

Clasificación de los bulkcarriers atendiendo al DWT			
Tipo	Eslora (m)	GT	DWT (ton)
Mini	100-130	5.000 – 14.000	10.000 – 23.000
Small-Handy	130-150		
Handymax	150-200	14.000 – 30.000	23.000 – 55.000
Panamax	200-230	30.000 – 45.000	55.000 – 80.000
Capesize	230-270	más de 45.000	más de 80.000
VL	270+		

Tabla 1.5.1.1 Clasificación de los bulkcarriers atendiendo a su DWT

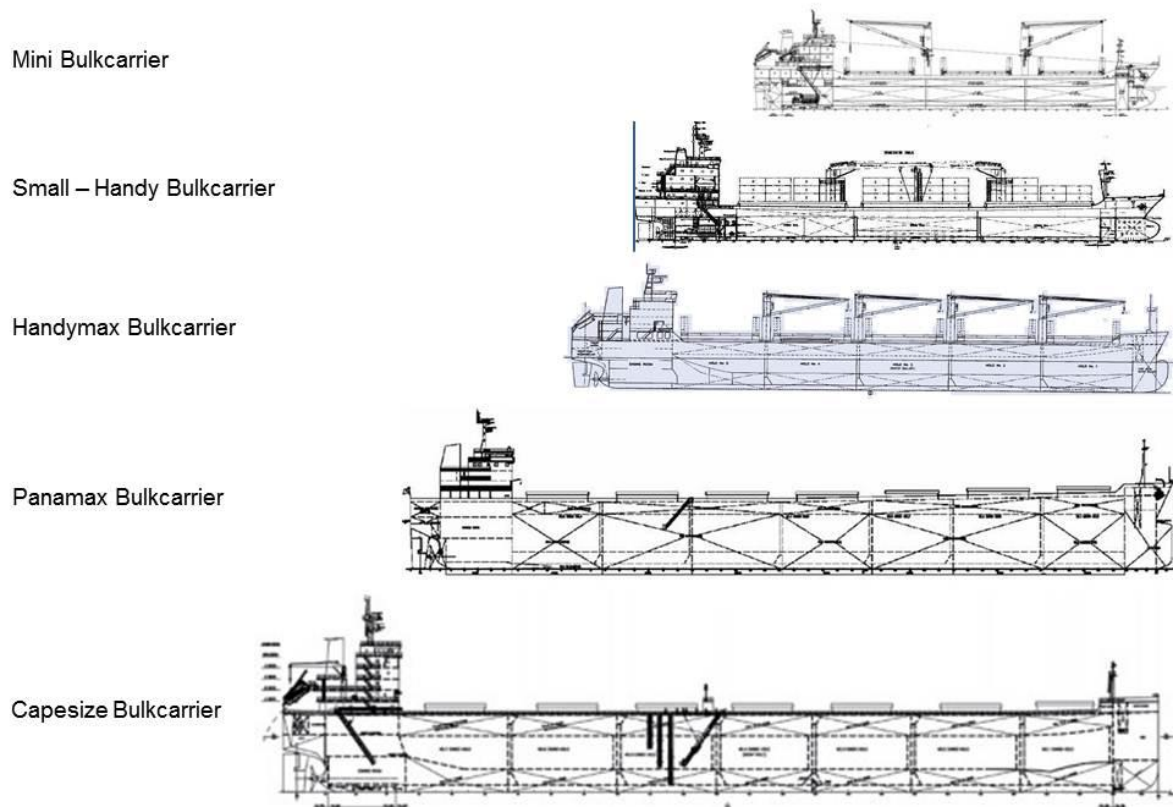


Figura 1.5.1.1 – Tipos de Bulkcarrier

Los graneleros tipo Panamax, y esto es extensivo para el resto de familias de buque, son aquellos de máximo tamaño que pueden pasar por el Canal de Panamá con unas limitaciones de calado (12 m) y manga (30,5 m), lo que equivale a 60/70.000 toneladas.

Este tipo de buques pueden transportar cereales, minerales (mineraleros) o mixto “Oil/bulk/ore carrier” que transporta carga seca y crudo. En el caso del transporte de cargas pesadas en sus bodegas, éstas estarán reforzadas adecuadamente para resistir golpes.

Los cementeros y alumineros son un tipo especial de bulkcarrier ya que son muy especializados. Suelen ser pequeños (6.000 DWT) y tienen medios propios de carga y descarga mediante tuberías por medios neumáticos (sistema de fluidificación).

## 1.6 Seguridad contra incendios

### 1.6.1 Objetivos de la seguridad contra incendios

Los objetivos de la seguridad contra incendios definidos por el Convenio SOLAS son:

1. Evitar que se produzcan incendios y explosiones
2. Reducir los peligros para la vida humana que puede presentar un incendio
3. Reducir el riesgo de que el incendio ocasione daños al buque, a su carga o al medio ambiente
4. Contener, controlar y eliminar el incendio y las explosiones en el compartimento de origen
5. Facilitar a los pasajeros y a la tripulación medios de evacuación adecuados y fácilmente accesibles

A fin de lograr los objetivos anteriores, el capítulo II-2 del Convenio SOLAS recoge las siguientes prescripciones funcionales, según correspondan:

1. División del buque en zonas verticales principales y zonas horizontales mediante mamparos límite que ofrecen protección térmica y estructural
2. Separación de los espacios de alojamiento del resto del buque mediante mamparos límite que ofrecen protección térmica y estructural.
3. Utilización restringida de materiales combustibles
4. Detección de cualquier incendio en la zona de origen
5. Protección de las vías de evacuación y de acceso para la lucha contra incendios
6. Disponibilidad inmediata de los medios de extinción de incendios
7. Reducción al mínimo de la posibilidad de ignición de los vapores de las cargas inflamables

## 1.6.2 Naturaleza del fuego

El fuego es resultado de una rápida oxidación a elevadas temperaturas acompañada de la evolución de productos gaseosos calentados y la emisión de la radiación visible e invisible. Una llama puede o no ser visible. La oxidación normalmente se produce de forma de película de óxido sobre el metal y otros materiales; en la combustión que genera fuego, dicha oxidación se produce de manera extremadamente rápida.

Tradicionalmente se ha usado el “triángulo del fuego”, que representa gráficamente al combustible, al calor y al oxígeno, para simbolizar las condiciones necesarias simultáneamente para que se origine un fuego, que no puede iniciarse si al triángulo le falta cualquiera de los lados.

Una vez iniciado el fuego, entra en acción un cuarto componente: una compleja reacción química en cadena. Para entendernos, esta reacción puede imaginarse como el pegamento que evita que los otros tres componentes se separen. Por ello, el símbolo más utilizado hoy en día es el “tetraedro” (una pirámide de cuatro caras).

Un fuego no puede comenzar si está ausente uno de los lados del triángulo combustible – oxígeno – calor.

Un fuego no puede continuar si se elimina un componente del tetraedro combustible – oxígeno – calor – reacción química en cadena.

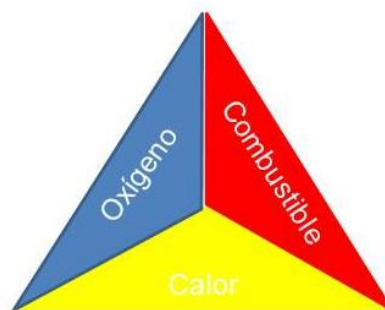


Figura 1.6.2.1 – Triángulo del fuego



Figura 1.6.2.2 – Tetraedro del fuego

Combustible: Puede ser un elemento sólido, líquido o gaseoso que emite vapores inflamables al ser calentado. Algunos ejemplos serían papel, madera, cartón, pintura, aceites, acetileno, etc...

Oxígeno: Normalmente, el oxígeno se encuentra en el aire en cantidad suficiente para mantener un fuego.

Calor: Para que se produzca la ignición, se requiere alcanzar una temperatura crítica; pero una vez que el fuego ha comenzado, suele bastar con el propio calor generado. El calor puede aplicarse de manera deliberada o accidental. Por ejemplo: radiadores muy próximos a muebles, cortinas o papel; enchufes sobrecargados; o documentos cubriendo los PC en la oficina.

Reacción química en cadena: Serie de reacciones sucedidas en secuencia. Una vez iniciado el fuego, solo puede mantenerse si la reacción en cadena sostenida de forma natural no encuentra nada que la interrumpa.

La extinción del fuego se logra eliminando uno o más elementos de su tetraedro.

### 1.6.3 Propagación del fuego

El calor, como el fuego, se puede propagar de cuatro maneras distintas:

1. Conducción: Es la transferencia directa del calor, por ejemplo, el calor propagado a lo largo o a través, del acero al descubierto (vigas, planchas de la cubierta, mamparos).

2. Convección: Propagación del calor a través de gases, líquidos o aire caliente que circula por huecos de escaleras o ascensores, conductos de ventilación, etc...
3. Radiación: Transmisión de energía (calorífica) sin la intervención de un medio (p. ej. El calor y a luz irradiados por el Sol hasta la Tierra). La ignición se puede producir cuando un material se encuentra muy próximo a una fuente de radiación de calor, como, por ejemplo, un radiador eléctrico u otro aparato de calefacción.
4. Combustión directa: Se produce cuando los materiales combustibles emiten el vapor suficiente para que la combustión continúe tras entrar en contacto directo con la llama, por ejemplo, un colchón que entra en contacto con un cigarrillo encendido.

El fuego en un compartimento puede propagarse mediante una o varias de las maneras citadas, y hacerlo en cualquier dirección salvo que sea frenado mediante el enfriamiento de sus alrededores u otros métodos. El fuego también se puede propagar a través de las instalaciones de aire acondicionado y calefacción, falsos techos y conductos.

#### 1.6.4 Clasificación del fuego

Al enfrentarse a un fuego es importante reconocer su tipo, ya que el tratamiento adecuado para un tipo de fuego puede aumentar más el peligro si se aplica en otro. La clasificación aquí indicada se corresponde con la norma ISO 3941 y es la que prevalece en los países de Europa y otros como Australia, aunque se debe saber que otros, incluidos los EEUU, tienen sus propios criterios a la hora de clasificar los fuegos.

**Clase A:** Fuegos con materiales sólidos, generalmente orgánicos. Por ejemplo tela, madera, papel, muebles, plásticos, cuerdas, etc.

**Clase B:** Fuegos con líquidos inflamables o sólidos licuables. Estos pueden subdividirse en aquellos que se mezclan con agua (miscibles), como el alcohol, y aquellos que no son miscibles, como el petróleo, aceites, disolventes, ceras y pinturas.



**Clase C:** Fuegos con gases o gases licuados. Por ejemplo metano, propano, butano, acetileno, etc.

**Clase D:** Fuegos con metales o polvos metálicos. Por ejemplo aluminio, magnesio, sodio, etc.

**Clase F:** Fuegos con aceites de cocción a altas temperaturas (más de 360°C) en cocinas de buques, cocinas industriales, restaurantes, etc. Debido a sus altas temperaturas de autoinflamación son difíciles de apagar mediante los extintores convencionales, ya que estos no enfrían lo suficiente.

**Clase E (Fuego eléctrico, no clasificado):** La electricidad en si misma no arde. El llamado fuego eléctrico pertenecerá a las clases A, B, C, D o F indicadas, con el riesgo adicional generado por la presencia de la corriente eléctrica. Una vez que se hayan aislado los circuitos eléctricos en cuestión, el fuego se tratará como corresponda según su clase.



Figura 1.6.4.1 – Señalización según tipo de fuego

### 1.6.5 Principios de la extinción

Un fuego no puede comenzar o continuar si uno o más componentes del tetraedro “combustible – oxígeno – calor – reacción química en cadena” está ausente. Se deduce así que la eliminación de uno o más de estos elementos extinguirá el fuego.

Eliminación: Al eliminar el combustible de un fuego la combustión no puede continuar. Para ello pueden cerrarse válvulas de combustible, retirarse combustibles de la zona o incluso dejar que el fuego arda hasta que ya no quede combustible.



Figura 1.6.5.1 – Eliminación del combustible

**Sofocación:** Se consigue reduciendo el oxígeno (aire) que rodea el fuego. El  $\text{CO}_2$ , la espuma, la arena, las mantas ignífugas, el vapor, etc., producen este efecto.



Figura 1.6.5.2 – Sofocación del incendio

**Enfriamiento:** Normalmente se logra usando agua para reducir por debajo de su punto de inflamación la temperatura de la sustancia que arde. Un eficaz enfriamiento del entorno evitará que un incendio se propague más allá de ciertos límites.



Figura 1.6.5.3 – Enfriamiento del fuego

Inhibición: Se trata de un efecto anticatalítico que rompe la reacción química en cadena que mantiene el fuego. Los halones y los polvos secos extinguen de esta manera.



Figura 1.6.5.4 – Inhibición del incendio

## 1.6.6 Agentes extintores

### 1.6.6.1 Agua

El agua es ante todo un agente refrigerante, con la ventaja añadida de que, cuando se produce una cantidad de vapor suficiente, el oxígeno también se ve desplazado. Es ideal para enfriar muchos combustibles y, si se aplica finamente pulverizada, su capacidad para absorber el calor aumenta considerablemente. Cuando se aplica de manera extremadamente fina (nebulización) puede ser incluso adecuada para combatir los incendios en charcos de líquidos. Ello se debe a que las gotas de la neblina producida tienen la propiedad de absorber grandes cantidades de calor; el vapor resultante proporciona cierta inertización local; las finísimas gotas que caen no hacen salpicar el líquido; y las gotas suspendidas en el aire reducen, por atenuación, la transferencia de calor irradiada entre las llamas y los gases calientes y otras fuentes de combustible.

#### Ventajas:

- Siempre disponible en el mar
- Gran capacidad de absorción del calor
- Versátil: a chorro para penetrar y pulverizada para enfriar grandes áreas o enfriar los alrededores

- Químicamente estable, no se deteriora

#### Desventajas

- El posible efecto adverso sobre la estabilidad del buque
- Los fuegos en líquidos pueden propagarse con el uso de agua
- Inadecuada en fuegos con electricidad o si hay cables con tensión próximos
- Reacciona con ciertas sustancias, produciendo vapores tóxicos
- Algunas cargas aumentan de peso
- Puede dañar la mercancía
- En climas fríos se hiela

Sus aplicaciones son variadas. Algunos extintores para pequeños fuegos de clase A emplean agua, siendo además el agente utilizado en las mangueras contra incendios normales del buque. Tanto en los rociadores de las áreas de alojamiento como los sistemas de diluvio de las cubiertas para vehículos, los sistemas de rociadores de las cubiertas de los buques gaseros y los sistemas de nebulización de agua de los espacios de máquinas emplean ésta como agente extintor en diferentes formas.

#### **1.6.6.2 Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub>**

Agente que ahoga el fuego al desplazar el aire (junto a su contenido en oxígeno). El dióxido de carbono es un gas incoloro, inodoro y no electroconductor

#### Ventajas

- Inerte
- No electroconductor
- Relativamente barato
- Disponible inmediatamente por lo general
- No daña la carga
- No genera gases tóxicos o explosivos en contacto con la mayoría de las sustancias

- No se deteriora durante su almacenaje
- Tecnología probada
- Eficaz en fuegos asentados profundamente

#### Desventajas

- Disponibilidad limitada en el buque
- Sin efecto refrigerante
- Riesgo de asfixia
- No se puede usar bajo control automático en espacios tripulados
- Se almacena bajo presión en forma líquida, por lo que requiere de pesadas botellas.
- Algunas cargas aumentan de peso
- Peligroso si se emplea con algunos productos químicos
- Su descarga puede generar suficiente electricidad estática como para producir una chispa y la ignición de cualquier gas inflamable presente

Entre sus aplicaciones encontramos algunos extintores portátiles para fuegos reducidos de clase A y B, que emplean CO<sub>2</sub>. Los sistemas fijos pueden proporcionar una inundación total en zonas tales como los espacios de máquinas, las cámaras de bombas y las bodegas de carga.

#### **1.6.6.3 Espumas**

La espuma contraincendios está formada por un conjunto estable de pequeñas burbujas resultantes de la mezcla de agua, aire y un agente espumante. Su firmeza hace permite cerrar herméticamente superficies horizontales al formar una capa o manto muy estable que ofrece una buena protección contra la reignición. Evita que los gases escapen, con lo que impide la ignición del fuego por encima del manto de espuma. Es capaz de mantenerse a pesar del viento o las corrientes de aire, del calor o del ataque de las llamas. Además, el manto de espuma tiene la capacidad de volver a cerrarse tras una

incursión. Las espumas contraincendios retienen estas cualidades durante periodos relativamente largos. Al estar basadas en agua, cuentan con cierta capacidad refrigerante, pero no deben emplearse sobre material eléctrico. Existen restricciones de temperatura ambiental máxima y mínima para su almacenaje y su vida útil es limitada, al deteriorarse a lo largo del tiempo.

Las espumas se clasifican principalmente por su relación de expansión:

Baja Expansión:

- Volumen de hasta 20 veces la cantidad de agua usada
- Chorro de largo alcance
- Para protección de tanques, sobre ellos o bajo su superficie
- Alto efecto refrigerante incluso en superficies verticales

Expansión media:

- Expansión de 20 a 200 veces
- Chorro de alcance limitado
- Capas de hasta 3 m
- Capaz de abrirse camino hacia delante

Alta expansión:

- Expansión de 200 a 1000 veces
- Permite llenar rápidamente grandes espacios
- Capas de hasta 30 metros
- Capaz de abrirse camino hacia delante
- Control eficaz de pulverización en áreas delimitadas

Los sistemas fijos de inundación por espuma para espacios de máquinas pueden usar alta expansión, pero lo de las cubiertas y los sistemas portátiles marinos utilizan baja expansión, con un ratio entre siete y ocho veces el volumen de agua suministrado. El ratio máximo de expansión permitido para un sistema marino de cubierta es de doce veces.

Los concentrados de espuma son agentes espumantes líquidos. Durante el uso, se diluyen con agua en una proporción del 1% al 6%, según el tipo de

concentrado y el riesgo a combatir. Después, la solución de agua y concentrado de espuma se airea y deja expandir conforme sea necesario. Al utilizar material portátil para la formación de espuma, el concentrado se suele verter en el sistema directamente desde bidones de 25 litros.

#### 1.6.6.3.1 Tipos de espuma

Los concentrados de espuma se dividen en dos categorías básicas, proteicas y sintéticas, que a su vez se subdividen en los tipos principales enumerados a continuación:

Espumas proteicas: Se componen principalmente de proteínas animales y vegetales descompuestas, aditivos estabilizantes e inhibidores para controlar la viscosidad y evitar la congelación, la corrosión del material y la descomposición bacteriana

- Ventajas:
- Económicas
  - Buena resistencia a la reignición
  - Buena retención del agua
  - Buena estabilidad
  - Alta resistencia al calor

- Desventajas:
- Se pueden degradar al congelarse y descongelarse
  - Relativamente lentas al expandirse en superficies líquidas

#### A. Espuma fluoroproteica

Similar a la espuma proteica, pero incorpora tensioactivos fluorados sintéticos (un tensioactivo reduce la tensión superficial de un líquido) que proporcionan mejor rendimiento en un mayor número de riesgos. Fluye mejor que la espuma proteica, sofoca las llamas más rápidamente y tiene mayor resistencia a la reignición.

- Ventajas:
- Más económica que las AFFF
  - Muy fluida sobre combustibles

- Más resistente a la reignición
- Más hermeticidad (supresión de gases)
- Buena retención del agua
- No le afecta la congelación/descongelación
- Puede protegerse con anticongelante
- Biodegradable y no tóxica

Desventajas: - Más cara que las espumas proteicas normales

- Vida útil de almacenaje inferior a la de las espumas sintéticas

#### B. Espuma filmógena fluoroproteica (FFFP)

Es una espuma proteica con tensioactivos añadidos. Sus propiedades son similares a las de la AFFF, pero con una capacidad de sofocación superior y una mejor resistencia a la reignición.

Espumas sintéticas: Las espumas sintéticas derivan de los hidrocarburos y normalmente contienen fluorocarbonos.

- Ventajas:
- Fluyen más libremente que las espumas proteicas
  - Usan menos concentrado

Desventajas: - Más caras

- Menor resistencia a la reignición
- Cierta tendencia a mezclarse con el combustible

#### A. Espuma filmógena acuosa (AFFF)

Además de no dejar entrar el aire ni el oxígeno, la AFFF forma una película acuosa en la superficie del combustible que es capaz de eliminar la evolución de sus gases. En ocasiones se hace referencia a la AFFF como agua ligera.



- Ventajas:
- Buena hermeticidad frente a los gases
  - Rápida expansión sobre superficies de combustible
  - Rápida sofocación de las llamas
  - Buena viscosidad a bajas temperaturas
  - El líquido desagua a gran velocidad y flota en forma de película sobre el combustible
  - Su velocidad y eficacia la hacen especialmente adecuada en incendios por vertido de combustible de gran extensión
  - Puede protegerse con anticongelante
  - Permite boquillas no aspirantes
  - Puede almacenarse ya mezclada
  - Generalmente compatible con agentes extintores químicos secos
  - Mejor penetración que las espumas anteriores de clase A
  - Adecuada para extintores portátiles y sistemas fijos

Desventajas: -No proporciona supresión de gases a largo plazo

- No tiene una buena resistencia química
- Su efectividad puede verse afectada por la congelación y descongelación

#### B. Espuma resistente al alcohol

Utilizada sobre líquidos que se disuelven en el agua, como alcoholes y cetonas. Estos materiales, y otros combustibles, disuelven y destruyen las espumas normales, con lo que las hacen ineficaces. La espuma resistente al alcohol puede ser de base proteica o sintética, e incluye aditivos que forman una membrana insoluble entre el combustible y la espuma. EL Código CIQ de los

buques quimiqueros especifica Iso tipos de espuma adecuados para diferentes sustancias químicas.

- Ventajas:
- Sirve para incendios de hidrocarburos
  - Rápida sofocación de las llamas
  - Buena resistencia a la reignición

Desventajas: - No adecuada para mezclarse previamente

#### Aplicaciones de la espuma

La espuma se emplea en algunos extintores portátiles para pequeños fuegos de clase B. Los sistemas fijos de baja expansión se utilizan para proteger las cubiertas de los buques petroleros y quimiqueros. Los sistemas de espuma de alta expansión se utilizan en ocasiones para la inundación total de los espacios de máquinas, las cámaras de bombas y las cubiertas para vehículos.

#### **1.6.6.4 Polvos secos**

Generalmente el polvo seco, o polvo químico seco, está formado por bicarbonato potásico o bicarbonato sódico con varios aditivos que mejoran su fluidez, su compatibilidad con la espuma, su resistencia al agua y su vida útil de almacenaje. Otros tipos de polvo incluyen el fosfato monoamónico y el cloruro potásico. Los polvos secos extinguen el fuego básicamente por inhibición (interrupción de la reacción química en cadena), con lo que apagan las llamas muy rápidamente. Sin embargo, al no tener ningún efecto refrigerante, el riesgo de reignición permanece. Algunos polvos también tienen un efecto sofocante. El polvo seco es muy eficaz en fuegos tridimensionales, pero en todo caso debe aplicarse por encima de una tasa crítica mínima. Este agente puede dañar el material eléctrico.

#### 1.6.6.4.1 Tipos de polvo seco

Los extintores de polvo se describen a menudo según la clase de fuego para la que están diseñados. El polvo BC funciona bien tan solo con líquidos y gases, mientras que el polvo ABC es también adecuado para enfrentarse a fuegos en materiales sólidos.

Polvo BC: Adecuado para fuegos de líquidos y gases. A menudo está formado por bicarbonato sódico, o alternativamente carbonato potásico, más eficaz pero también más costoso.

Polvo BC Monnex: El Monnex es un polvo contra incendios extremadamente eficaz, ya que sus partículas son lo bastante grandes como para ser lanzadas, pero al calentarse con el fuego explotan en partículas más pequeñas. De esta manera se aumenta la superficie que interactúa químicamente con el fuego y se logra una reducción muy rápida de las llamas.

Polvo ABC: Normalmente está formado por fosfato monoamónico, un buen agente extintor multiusos contra fuegos de clase A, B y C. El polvo se funde sobre el material ardiendo y forma un revestimiento que no deja entrar el oxígeno. Sin embargo, al no poseer efecto refrigerante, el combustible puede seguir ardiendo sin llama una vez apagado el fuego, con el consiguiente riesgo de reignición. Además, su residuo puede dañar los componentes eléctricos.

Polvo para fuegos metálicos: Los fuegos producidos por metales inflamables de la clase D requieren de extintores especiales, pero no todos los polvos son adecuados para todos los metales, y algunos de ellos pueden agravar la situación si se aplican al metal incorrecto. Los extintores de cloruro sódico pueden emplearse en fuegos de clase D con magnesio, potasio, sodio, uranio, aluminio en polvo y virutas, donde el agente extintor se seca formando una cobertura que no deja entrar el aire. Los extintores en polvo de cobre o grafito son adecuados para fuegos con litio. Otros agentes para fuegos de clase D son el bicarbonato sódico y el carbonato sódico. Para enfrentarse a fuegos metálicos es necesario contar con agentes extintores especializados y una formación especializada en su uso.

Aplicaciones: El polvo seco se emplea en algunos extintores portátiles para pequeños fuegos de clase B y C, o de clase A, B y C, en función del tipo de polvo. Los sistemas fijos de polvo seco se instalan para proteger las cubiertas de los buques gaseros y en algunos quimiqueros.

#### **1.6.6.5 Extintores químicos húmedos**

Los extintores químicos húmedos están especialmente diseñados para enfrentarse a fuegos de clase F, con aceites de cocción y grasas que arden a muy altas temperaturas (340°C), y con los que sería peligroso usar la mayoría de extintores normales. El agente químico húmedo primero apaga la llama y luego reacciona con la grasa o el aceite ardiendo para crear una gruesa capa de una espuma jabonosa que sofoca el fuego, previene la reignición y al mismo tiempo actúa como refrigerante. Los extintores químicos húmedos también pueden ser utilizados con fuegos de clase A.

#### **1.6.6.6 Halones**

El efecto extintor anticatalítico (inhibición) del halón consiste en romper la reacción química en cadena, sin la cual el fuego no puede mantenerse. El apagado de las llamas es rápido, y para algunos el halón es el agente gaseoso contraincendios más eficaz que se ha desarrollado nunca, aunque no tiene mucho impacto en fuegos asentados a gran profundidad. Se cree que el halón es de efecto perjudicial para el medio ambiente, por lo que la OMI ha prohibido nuevas instalaciones de halón desde 1994. La retirada de los sistemas existentes es competencia de las autoridades responsables del Estado de abanderamiento del buque. En la UE, una directiva prohibió el rellenado de los extintores y las botellas de halón finalizado diciembre de 2002, y los miembros de la UE deberían haber reemplazado sus sistemas de halón por alternativas adecuadas antes del fin de 2003.

### 1.6.6.7 Sustitutos del halón

La investigación ha dado lugar a varias alternativas para el halón. Sin embargo, son menos eficaces y requieren mayor volumen. La sustitución de un sistema de inundación total por halón casi siempre obliga a una extensa reforma y a dedicar mayor espacio de almacenaje para el gas (frecuentemente el doble o el triple).

Las alternativas para el halón, a grandes rasgos, se pueden distinguir en tres categorías: halocarbonos, gases inertes y sistemas de agua pulverizada. Existen muchos gases halocarbonos e inertes, enumerándose a continuación algunos de ellos:

#### 1.6.6.7.1 Halocarbonos

Son compuestos de carbono y halógenos:

FM200: Gas limpio, no conductor, que extingue por inhibición. En cuanto a la concentración de agente extintor requerida, es el que más se acerca al halón 1301, aunque con un 7-9% no es tan baja como la de aquel. Su descarga y acción extintora son veloces, menos de diez segundos. Adecuado para emplear con material sensible (p. ej., aparatos eléctricos y electrónicos). No deja residuo y se puede usar con seguridad en áreas ocupadas. El FM200 ha sido aceptado por muchos como el agente extintor más adecuado para sustituir al halón 1301.

Como sus ventajas podemos destacar: Rápido apagado de llama, mínima reducción de oxígeno, puede emplearse en áreas donde haya personas, no conduce la electricidad, no deja residuo, se almacena bajo presión

Algunas de sus desventajas son: Algunos productos de descomposición, caro.

FM13: Propiedades similares a las de FM200. Funciona bien a bajas temperaturas (-40°C), se puede usar en compartimentos con techos muy altos y es el más seguro de todos los agentes limpios, permitiendo concentraciones de hasta un 30%.

NOVEC 1230: De nuevo, con propiedades similares al FM200. La extinción requiere concentraciones de alrededor de un 6% y tiene un tiempo de descarga inferior a diez segundos.

Entre sus ventajas encontramos: Fluido a temperatura ambiente, extinción rápido, puede usarse en áreas donde haya personas, tiene el margen de seguridad más alto de todos los agentes limpios, no conduce la electricidad, no deja residuo, no corrosivo.

Destacamos como principal desventaja su precio, que es elevado.

#### **1.6.6.7.2 Gases Inertes**

La extinción se logra al desplazar al oxígeno atmosférico. Los gases inertes requieren grandes volúmenes de almacenamiento, y su tiempo de extinción es superior a un minuto. De todos los gases inertes, el CO<sub>2</sub> es el único adecuado para los extintores portátiles. Debido al efecto producido por la reducción del oxígeno en un espacio inundado con gas inerte, existe preocupación acerca del peligro sobre las personas que se encuentren en este espacio. Los fabricantes afirman que estas podrán seguir respirando normalmente y dispondrán de suficiente tiempo para salir, siempre que los materiales afectados por el fuego no emitan productos dañinos en descomposición. Sin embargo, esto no es aplicable al dióxido de carbono, que es tóxico y asfixiante, por lo que no debe liberarse en un espacio en el que haya personas.

Sus ventajas son: Mezcla de gases existentes en la naturaleza, no se produce disgregación de agentes, no conduce la electricidad.

Entre sus desventajas destacamos: Extinción más lenta que los halocarbonos, almacenamiento a alta presión en un espacio muy voluminoso y pesado.

Inergén: Mezcla de Nitrógeno, Argón y Dióxido de Carbono, que son gases atmosféricos inertes. No es tóxico. Se usa en concentraciones del 40-50% para reducir la concentración de oxígeno hasta el punto en que la combustión ya no se puede mantener.

Argonite: Mezcla de Argón y Nitrógeno. Normalmente diseñado para concentraciones de un 40%, que reducirán el nivel de oxígeno atmosférico hasta un 12,5% en 60 segundos. En zonas ocupadas, el personal puede seguir respirando con seguridad a ese nivel durante periodos breves.

#### **1.6.6.7.3 Dióxido de carbono**

El dióxido de carbono se viene empleando como agente extintor durante muchos años. Está diseñado para inundar en concentraciones de un 30-45%, con un tiempo de descarga de hasta dos minutos. No debe ser liberado en compartimentos ocupados.

#### **1.6.6.7.4 Agua pulverizada**

Estos sistemas son similares a los de rociadores, pero concebidos para producir unas gotas de agua muy finas que extinguen el fuego gracias a su capacidad para absorber grandes cantidades de calor. Existen varios sistemas distintos para expulsar agua pulverizada en el compartimento, o sobre el material en peligro.

Como ventajas: Rápida sofocación de las llamas, puede emplearse en áreas en las que haya personas.

Como desventajas: El agua puede producir desperfectos, no adecuado con riesgos eléctricos o trabajos de soldadura, no adecuado con riesgos que reacciones de forma violenta con el agua.

## 1.6.6.7.5 Tabla resumen

	FM200	NOVEC 1230	Gas inerte	CO2	Nebulización de agua
Concentración de inundación (típica)	9%	6%	40-50%	30-40%	
Almacenamiento requerido (siendo el halón = 1)	2	2	5	3	5
Tiempo de descarga (segundos)	10	10	60	Fuego en superficie, 60. Mucho más para fuegos profundos	600 – 1200
Apagado de las llamas (segundos)	10	10	La mitad en 20, todas en 60	La mitad en 20, todas en 61	Variable
Método de extinción	Enfriamiento y cierta inhibición química	Enfriamiento	Reducción de Oxígeno	Reducción de Oxígeno	Enfriamiento
Riesgo para los ocupantes en la concentración necesaria para la extinción	No	No	No	Si	No
Evacuar antes de descargar	Si	Si	Si	Si	Si
Liberación automática en zonas localizadas de riesgo (con autorización de la administración)	Si	Si	Si	No	Si
Reducción de la visibilidad durante la descarga	Si	Si	No	Si	Si
Precio	Alto	Muy alto	Bajo	Bajo	Bajo

Tabla 1.6.6.7.5.1 – Tabla resumen de los sustitutos del halón



## 1.7 Sistema de CO<sub>2</sub>

Las instalaciones fijas de dióxido de carbono se pueden clasificar de la siguiente manera:

- A. Sistema de almacenamiento:
  - a. Sistema fijo de baja presión
  - b. Sistema fijo de alta presión
- B. Método de aplicación
  - a. Sistema de inundación total
  - b. Sistema de aplicación local

### 1.7.1 Sistema fijo de baja presión CO<sub>2</sub>

En este tipo de instalaciones, el CO<sub>2</sub> se almacena en estado líquido a baja presión gracias a una refrigeración continua.

Para su almacenamiento se emplea un recipiente con aislamiento térmico, siendo el CO<sub>2</sub> refrigerado mediante la circulación de un líquido frigorígeno a -18°C, siendo de esta forma condensado y almacenado a una presión de 21 kg/cm<sup>2</sup>.

Debido al alto coste del sistema, éste es empleado solamente cuando se necesita almacenar grandes cantidades de CO<sub>2</sub>.

#### Argotec® Low Pressure System Components

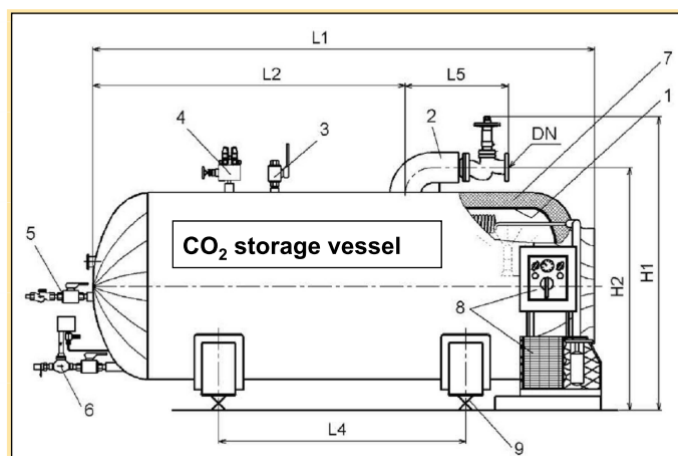


Figura 1.7.1.1 – Almacenamiento de CO<sub>2</sub> a baja presión

## Argotec® Low Pressure System with CO<sub>2</sub>

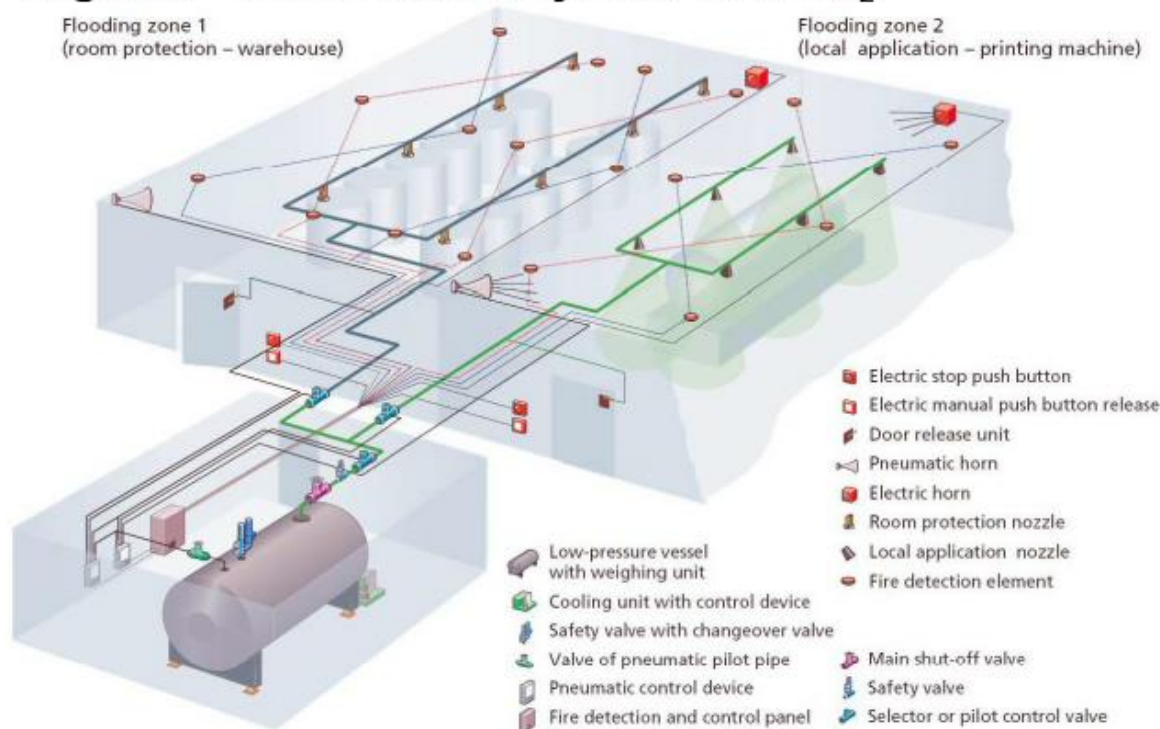


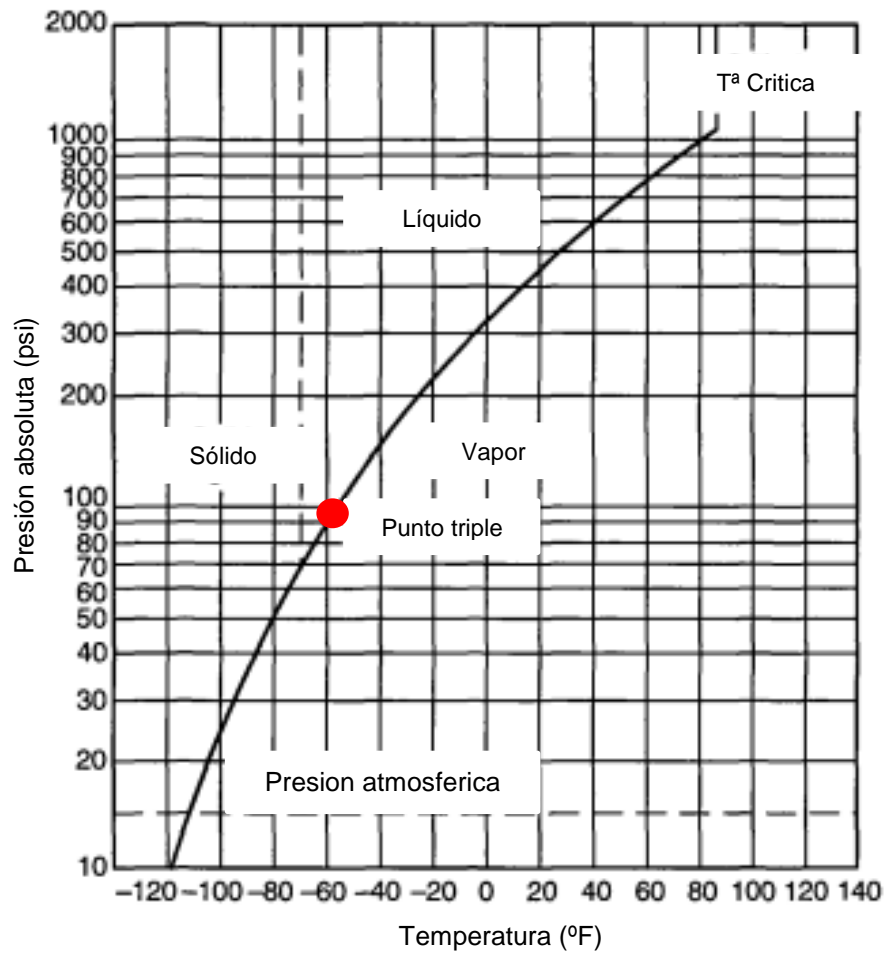
Figura 1.7.1.2 – Sistema de CO<sub>2</sub> de baja presión

### 1.7.2 Sistema fijo de alta presión

En este tipo de instalaciones el CO<sub>2</sub> se almacena a temperatura ambiente en una batería de botellas dispuesta en un local separado de la zona a proteger. Al estar el agente extintor almacenado a temperatura ambiente, éste deberá estar sometido a una presión elevada, para lo cual se emplean botellas de acero estirado sin soldaduras.

EL local de almacenamiento del CO<sub>2</sub> tendrá una ventilación adecuada, con el objetivo de que la temperatura ambiente del espacio no aumente peligrosamente, ya que a una temperatura de 21°C corresponde al gas una presión de 60 kg/cm<sup>2</sup>, pero lógicamente ésta aumentará con un aumento de temperatura, correspondiéndole a 50°C una presión de 160 kg/cm<sup>2</sup>.

En la gráfica 1.7.2.1 podemos observar la variación en la presión del CO<sub>2</sub> para un cambio en su temperatura a volumen constante. Dada la imposibilidad para encontrar una tabla que muestre dicha variación en las unidades del SI, se presenta ésta, no sin aportar en este punto la conversión °F/°C y psi/kg/cm<sup>2</sup>, para una comprensión más adecuada de la misma.



Gráfica 1.7.2.1 – Variación de la presión del CO<sub>2</sub> con la temperatura a volumen constante

Presión	1 psi	0.0703069579655 kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura	1°F	-17,22°C

Tabla 1.7.2.1 – Conversión unidades de presión y temperatura



Figura 1.7.2.1 – Almacenamiento de CO<sub>2</sub> a alta presión

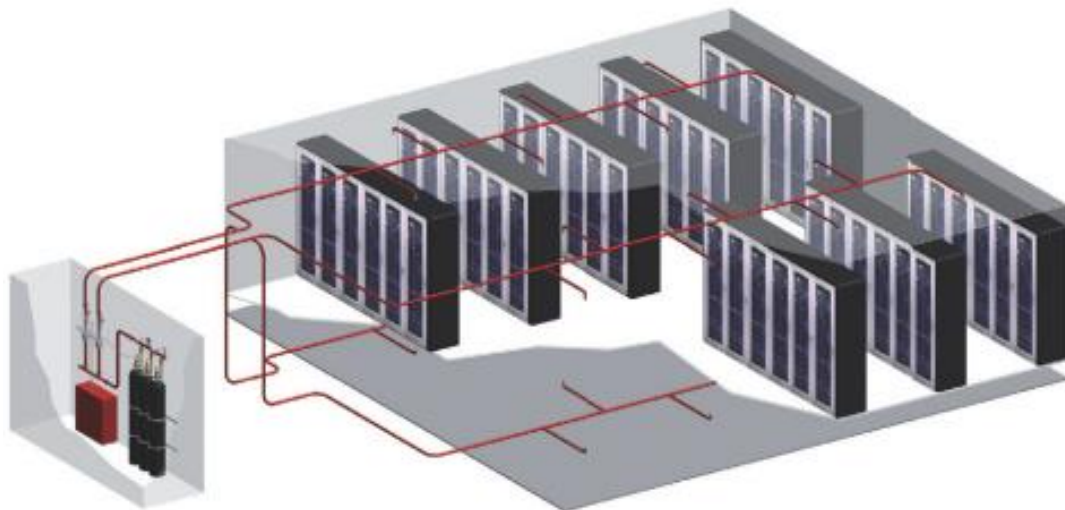


Figura 1.7.2.2 – Sistema de CO<sub>2</sub> de alta presión (inundación total)

### 1.7.3 Sistema de inundación total

Los sistemas de inundación total se emplean para la extinción de fuegos en recintos cerrados o con pequeñas superficies abiertas respecto a la superficie total que lo delimita. Son especialmente aptos para la extinción de incendios en recintos que contengan equipos eléctricos, o en el caso del buque, para recintos en el que el riesgo de incendio suponga un peligro elevado para la integridad del buque y su operatividad, asegurando de esta manera una extinción eficaz, como es el caso de cámaras de máquinas, bombas, etc...

En estos sistemas el agente extintor es liberado mediante toberas, que se dispondrán de manera que aseguren una distribución homogénea del mismo por todo el recinto, alcanzando de esta manera la concentración adecuada para lograr la atmósfera extintora en función del volumen a proteger y del material combustible que existiese en el espacio.

Es importante destacar en este tipo de sistema la necesidad de contar con un recinto debidamente hermético (en la medida de lo posible). De esta manera lograremos mantener una atmósfera extintora duradera, que asegurará la extinción del incendio, evitando que la entrada de aire reactive el mismo.

En la figura 1.7.2.2 puede verse la disposición para un sistema de inundación total.

### 1.7.4 Sistema de aplicación local

Estos sistemas tienen su campo de aplicación en espacios no confinados, mediante una descarga que cubra todas las superficies de los riesgos y las zonas adyacentes que puedan verse involucradas, con la suficiente densidad de aplicación de agente extintor y durante el tiempo necesario para conseguir la extinción total del incendio.

El CO<sub>2</sub> será aplicado directamente a las superficies en combustión mediante toberas especialmente diseñadas a tal efecto. Se cubrirán todas las superficies combustibles mediante éstas, emplazándolas de manera estratégica con el fin de extinguir las llamas lo más rápidamente posible.

Serán también objeto de protección mediante el CO<sub>2</sub> todas aquellas zonas adyacentes que sean susceptibles de ser alcanzadas por el fuego y donde éste pueda propagarse.

La descarga del agente extintor durará, al menos, 30 segundos, siendo las boquillas de descarga, al contrario que en los sistemas de inundación total, de baja velocidad y de tipo difusor.

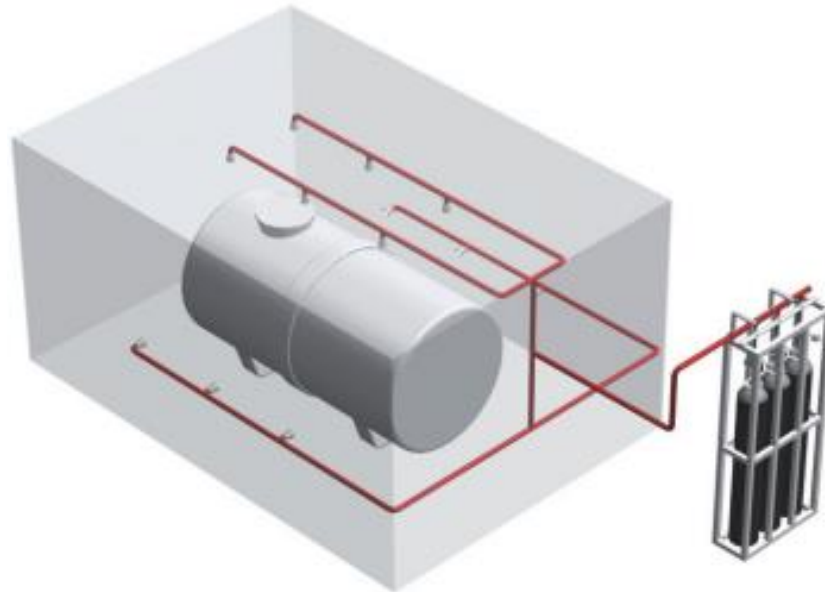


Figura 1.7.4.1 – Sistema de aplicación local



Figura 1.7.4.2 – Difusores de baja velocidad

### 1.7.5 Componentes de un sistema de inundación total y alta presión

En el presente proyecto, el sistema a considerar para la cámara de máquinas del buque será de inundación total y alta presión. Por razones económicas escogemos este sistema por ser más barato que el de baja presión, requiriendo además menos mantenimiento. Por motivos operacionales optamos por la inundación total, al permitir éste disponer de cantidades variables de agente extintor según sean las necesidades y los riesgos a cubrir por la instalación mediante la incorporación de botellas.

#### 1.7.5.1 Espacio de almacenamiento del agente extintor, local del CO<sub>2</sub>

La Normativa SOLAS en su capítulo II-2: “Construcción – prevención, detección, extinción de incendios”, Parte C: “Control de incendios”, Regla 10 “Lucha conra incendios”, Punto 4 “Sistemas fijos de extinción de incendios”, Punto 4.3 “Espacios de almacenamiento del agente extintor”, establece:

*“Cuando el agente extintor esté almacenado fuera de un espacio protegido, se hallará en un espacio situado detrás del mamparo de colisión y que no se emplee para otro propósito. La entrada a tal espacio de almacenamiento se efectuará preferiblemente desde una cubierta expuesta, y dicha entrada será independiente del espacio protegido. Si el espacio de almacenamiento se encuentra bajo cubierta, no se encontrará más debajo de una cubierta por debajo de la cubierta expuesta, y será posible acceder directamente a él por una escalera o escala desde la cubierta expuesta. Los espacios que se encuentren bajo cubierta o los espacios a los que no se puede acceder desde la cubierta expuesta, dispondrán de un sistema de ventilación mecánico previsto para aspirar aire de la parte inferior del espacio y que tenga las dimensiones necesarias para permitir 6 renovaciones de aire por hora. Las puertas de acceso se abrirán hacia afuera, y los mamparos y las cubiertas que constituyan los límites entre dichos compartimentos y los espacios cerrados contiguos, incluidas las puertas y otros medios de cierre de toda abertura de los mismos serán herméticos. A efectos de la aplicación de los cuadros 9.1 a 9.8, estos espacios de almacenamiento serán considerados como puestos de control”*

El cálculo del espacio mínimo necesario para el almacenamiento de las botellas de CO<sub>2</sub> puede consultarse en el Anexo II del presente proyecto.

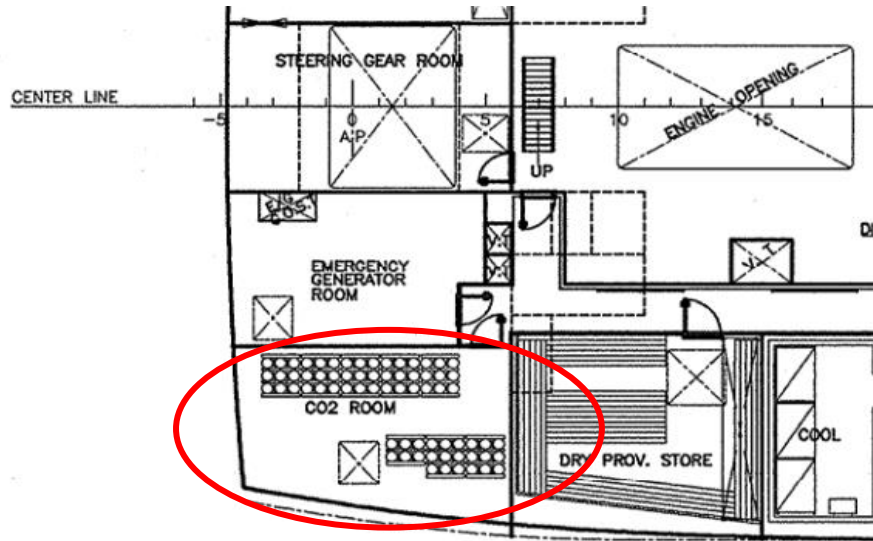


Figura 1.7.5.1.1 – Local de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en el buque “Arklow Meadow”, dispuesto a estribor y bajo la cubierta de popa

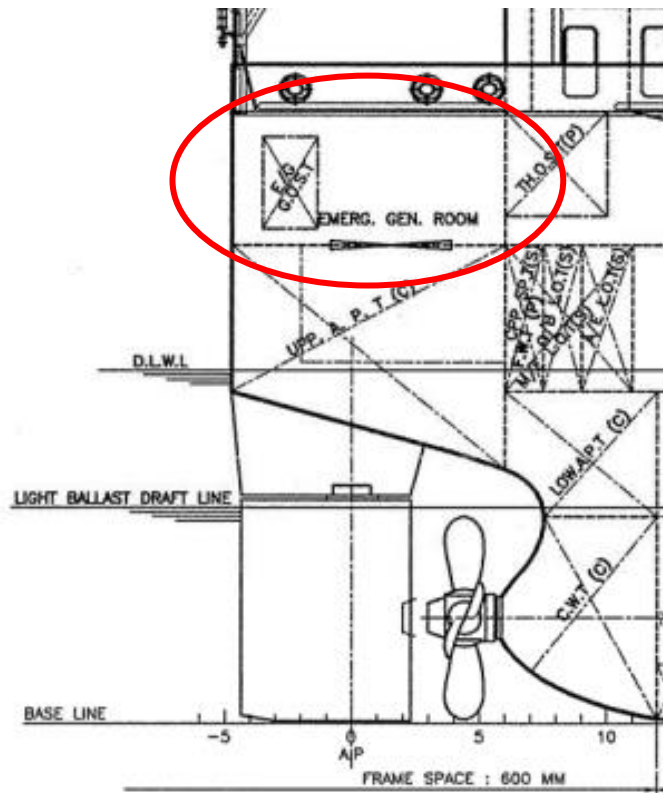


Figura 1.7.5.1.2 – Emplazamiento del local de almacenamiento de CO<sub>2</sub>



### 1.7.5.2 Botellas de CO<sub>2</sub>

Los recipientes para almacenar el dióxido de carbono a alta presión son botellas de acero sin soldaduras que están calculados para almacenar el producto en forma líquida a temperatura ambiente.

Como hemos visto en la gráfica 1.7.2.1, la presión del CO<sub>2</sub> para un volumen constante varía con respecto a la temperatura a la que se encuentra, por lo que es importante que las botellas estén calculadas para resistir la presión máxima a la que se vayan a enfrentar, teniendo en cuenta la temperatura del recinto en el que estarán almacenadas.

El interior de las botellas tiene un tubo sonda que tiene su toma en la parte inferior de la botella, de forma que al ser accionadas las válvulas de cilindro, el CO<sub>2</sub> almacenado en su interior saldrá en primer lugar en su fase líquida, ayudado por la presión de almacenamiento del gas. Cuando el líquido ha salido en su totalidad, lo hace en fase gas con menor presión y eficacia. Este gas remanente en la botella es todavía aprovechable, pero no para el ataque directo del incendio, sino para el mantenimiento de la atmósfera extintora en los casos de inundación total.

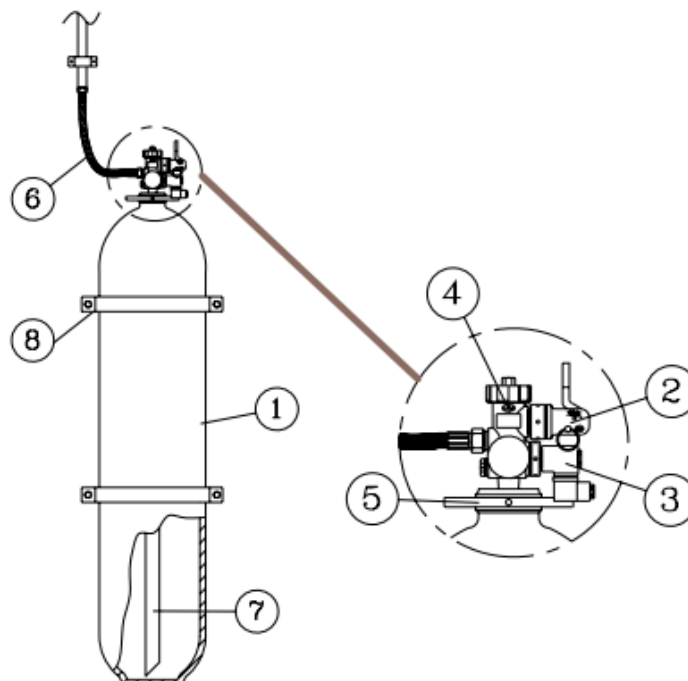


Figura 1.7.5.2.1 – Botella de CO<sub>2</sub>

En la figura 1.7.5.2.1, correspondiente al esquema de una botella de almacenamiento de CO<sub>2</sub> a alta presión, podemos observar:

1. Cilindro
2. Disparo manual palanca
3. Solenoide
4. Válvula
5. Brida
6. Latiguillo de descarga
7. Tubo sonda
8. Herraaje

### 1.7.5.3 Método de comprobación de nivel de llenado de las botellas

Disponemos de dos sistemas para el pesaje de las botellas:

- Sistema mecánico:

Permite el control continuo del estado de carga de los cilindros. El sistema consiste en módulos de control de funcionamiento mecánico y de fácil puesta a punto para cada cilindro que en caso de pérdida de carga facilitan una señal visual de alarma. Puede incorporar sistemas de vigilancia eléctrica como un microrruptor eléctrico por cada módulo o un detector fotoeléctrico capaz de controlar líneas rectas de módulos de hasta 10 metros de longitud con un solo cable.

- Sistema por célula:

Permite el control continuo del estado de carga de los cilindros. EL equipo genera una señal de alarma cuando la pérdida de gas contenido en los cilindros supera el 5% de la carga inicial. Todos los sistemas se dotan de una unidad central conectada a la centralita de incendios. El sistema permite controlar las pérdidas con una precisión de 1 kg. Todas las unidades de control de carga están conectadas a la unidad central mediante una única línea monitorizada (BUS). Cada central está diseñada para controlar un máximo de 31 unidades de carga.

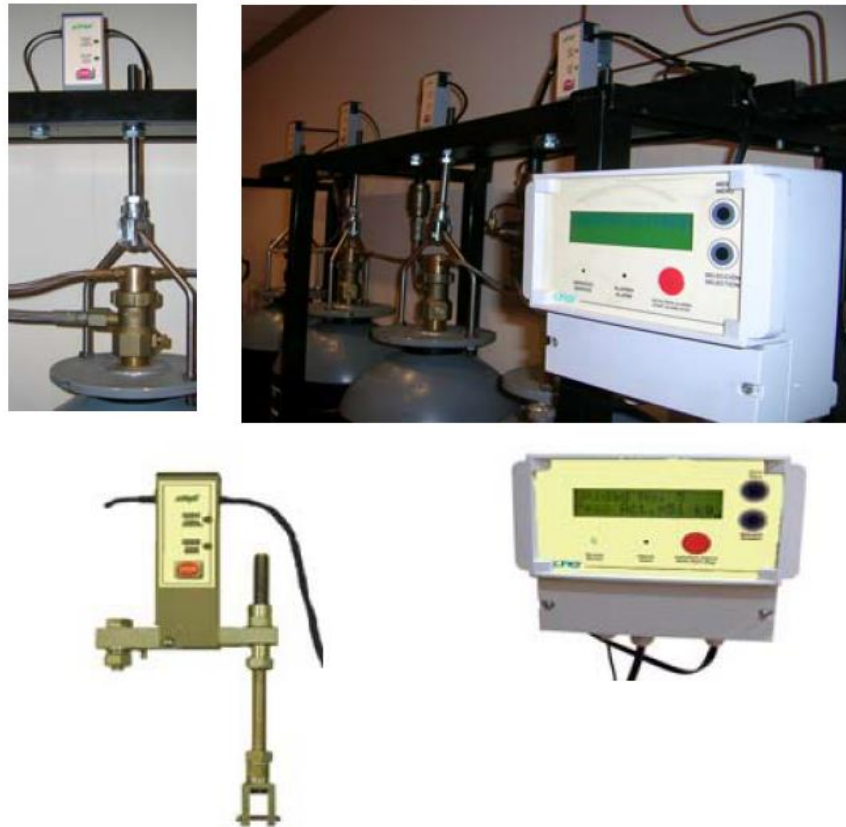


Figura 1.7.5.3.1 – Sistema por célula



Figura 1.7.5.3.2 – Sistema mecánico con detector fotoeléctrico

#### 1.7.5.4 Anclaje de las botellas

Se proveerá un sistema adecuado para disponer las botellas en batería verticalmente en el local de CO<sub>2</sub>. Será adecuado para el número de botellas necesario para la protección de los espacios a los que esté diseñado, así como permitirá el manejo y cambio de las botellas cuando sea necesario.

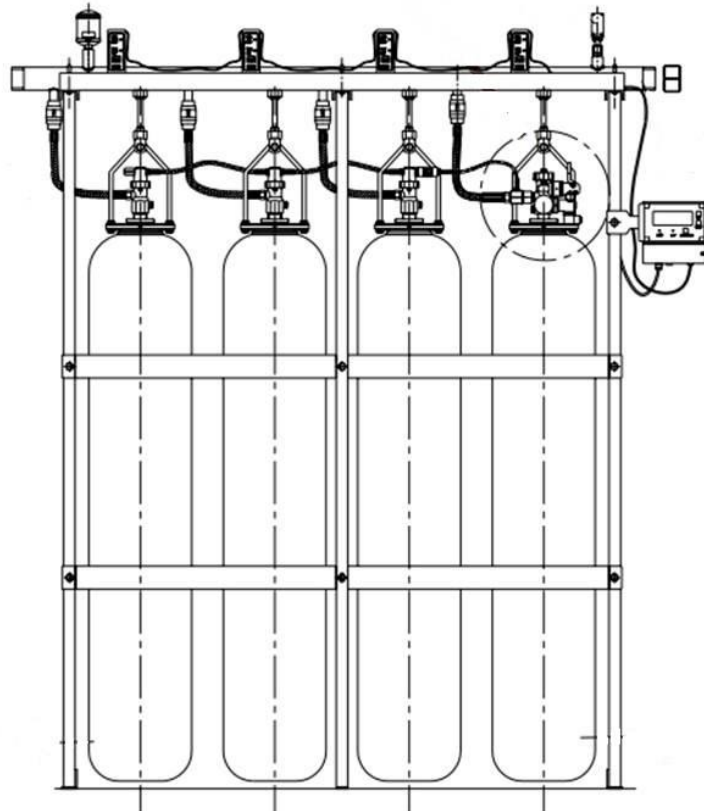


Figura 1.7.5.4.1 – Botellas de CO<sub>2</sub> dispuestas en batería verticalmente con su herraje correspondiente

#### 1.7.5.5 Válvula de descarga

Dispuesta en la parte superior del cilindro contenedor del CO<sub>2</sub>, en la figura 1.7.5.5.1 podemos observar:

- El manómetro permite la lectura de presión interna en el cilindro
- El puerto de actuación permite la actuación manual o neumática de la válvula
- A través del presostato se puede conocer la presión interna del cilindro a través de la señal eléctrica

- La membrana de seguridad está tarada a 0,8 veces la presión máxima de trabajo, permitiendo la descarga de sobrepresión debido al incremento de temperatura
- La salida permite la descarga del agente extintor cuando el sistema ha sido activado
- Dispone de una válvula de alivio para evitar una descarga de la válvula principal en caso de pérdida
- La válvula se mantiene cerrada por la propia presión del gas contenida en el cilindro
- Mantenimiento y comprobación de los elementos sencillo y seguro
- Prevención frente a activaciones accidentales debido a pequeñas fugas
- Gran versatilidad en cuanto a sistemas de activación, incluso combinación de ellos

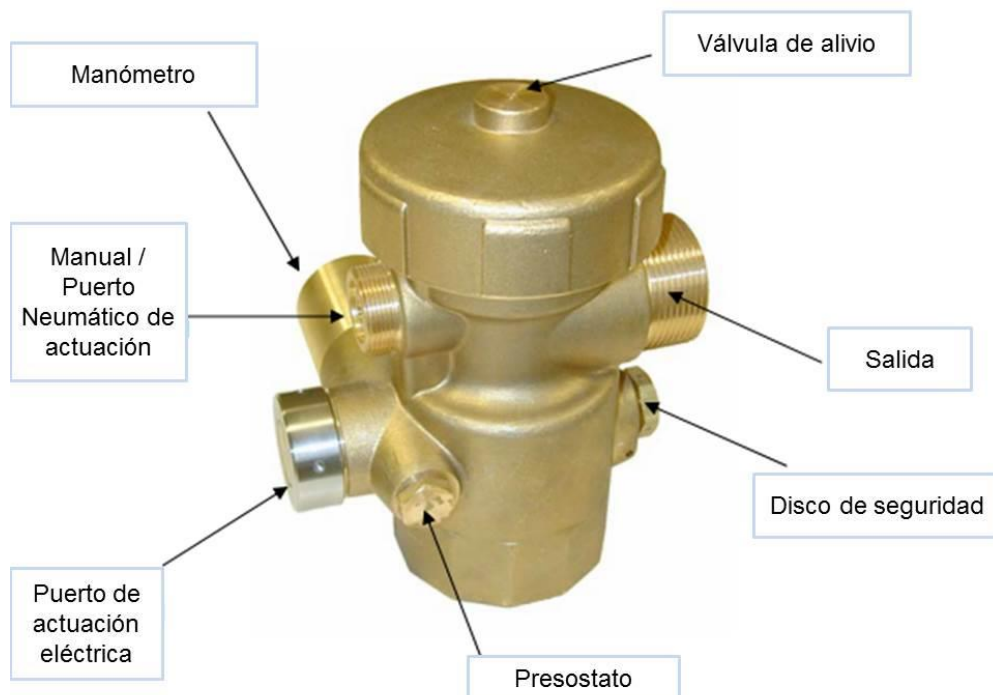


Figura 1.7.5.5.1 – Válvula de descarga

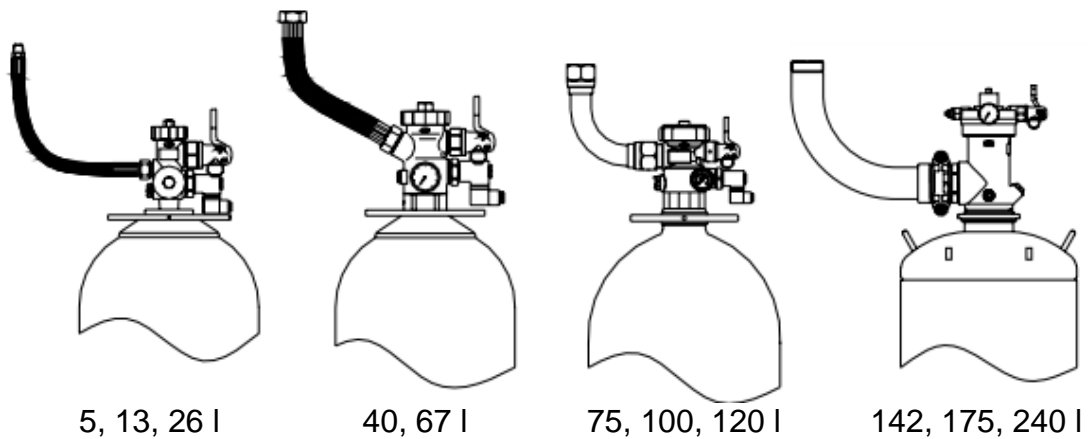


Figura 1.7.5.5.2 – Diferentes tipos de válvula según capacidad de botella

### 1.7.5.6 Métodos de activación

Existen diferentes métodos de accionamiento de la válvula de descarga:

#### Accionamiento manual

La apertura manual de la botella se realiza sobre una palanca, retirando el pasador de seguridad y moviendo la palanca desde su posición vertical hasta la horizontal. El extremo de la palanca se encarga de presionar un sistema que a su vez presionará el pistón de la válvula del cilindro.

#### Accionamiento neumático

El funcionamiento de este actuador se produce mediante la presión del propio gas de trabajo, que circula por una línea de pilotaje diseñada para abrir todas las botellas esclavas del sistema. El gas procederá de la línea de pilotaje y al salir del actuador pasa de nuevo a esa línea para pasar a otro actuador.

#### Accionamiento eléctrico

Se realiza mediante una electroválvula dispuesta en la parte superior de la botella. Al ser puesta en tensión permite que el gas pase al actuador neumático de esa botella, para que se realice la apertura de la válvula de la botella y pueda así descargar el gas hacia la línea de pilotaje.

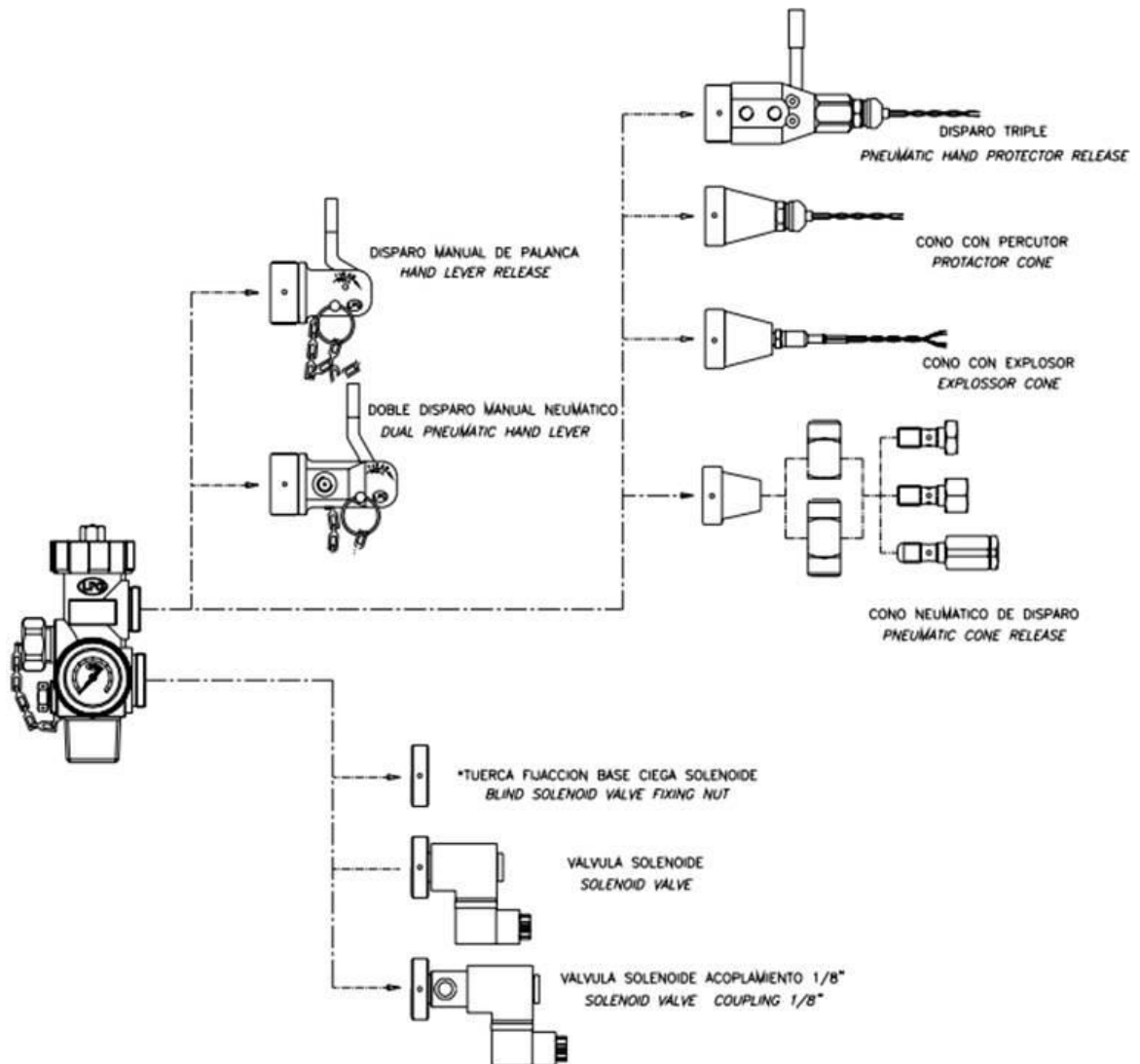


Figura 1.7.5.6 – Posibles acoplamientos para el accionamiento de la válvula de descarga

### 1.7.5.7 Válvula de venteo

Esta válvula tiene como misión principal prevenir un disparo accidental del sistema en caso de fuga de alguna de las botellas, lo que elevaría la presión en el sistema de pilotaje.

La válvula se dispondrá de manera normalmente abierta, permitiendo la descarga de las posibles fugas que pudieran producirse a través de las botellas al local del CO<sub>2</sub>. Durante la operación del sistema esta válvula se cierra automáticamente mediante la presión normal de trabajo proporcionada por el gas en su salida de las botellas.

### 1.7.5.8 Válvula de retención

Situada entre la tubería de descarga y el colector, la misión de esta válvula es la de evitar el retorno del dióxido de carbono a la botella en caso de que exista una presión mayor en el colector que en el interior de las botellas.

### 1.7.5.9 Válvula de retención con salida a pilotaje

Dispuesta en el sistema de la misma manera que la válvula de retención, esta válvula cumple dos funciones. En primer lugar, como la de retención, cumple una función de anti retorno, y en segundo, asegura una presión constante en la línea de pilotaje para la apertura de las válvulas de cada botella.

Cada válvula de este tipo dará servicio a 8 botellas, asegurando de esta manera la presión para la línea de pilotaje.

### 1.7.5.10 Válvula direccional

Este dispositivo permite utilizar un sistema centralizado de cilindros para proteger dos o más áreas al mismo tiempo. Es un dispositivo neumático que se abre automáticamente cuando se abre el botellín o botella piloto, activándose después los cilindros que se requieran del sistema centralizado (la válvula direccional siempre se abre con 0 bar en el colector). Estos dispositivos están diseñados para alta presión, con lo que no es necesario reducir la presión obtenida del botellón piloto cuando este se activa. Poseen un sistema sencillo y fiable. Después de la actuación de la válvula direccional se mantendrá abierta hasta que no sea reactivada.



Figura 1.7.5.10.1 – Válvula direccional





Figura 1.7.5.10.2 – Disposición de la válvula/s direccionales en el sistema

### 1.7.5.11 Tuberías y soportes

En lo relativo a tuberías tenemos dos tipos, debiendo ambos poder resistir las presiones de trabajo del sistema de CO<sub>2</sub>:

- Tubería de pilotaje: Tuberías encargadas de dirigir el gas para realizar la apertura de todas las botellas esclavas mediante sus actuadores.
- Tuberías de descarga: El tipo de tubería recomendado es sin soldadura y del tipo ASTM, A106B o similar. Los accesorios y racores de unión recomendados son de tipo forjados de alta presión ANSI 3000 Lb o similar.

Las tuberías cumplirán los siguientes requisitos:

- Estarán fabricadas en materiales que se puedan soldar
- Protegidas interiormente y exteriormente contra la corrosión, exteriormente mediante el pintado adecuado e interiormente mediante galvanizado
- Siempre que sea posible se utilizarán conexiones soldadas. Sin embargo, en las conexiones desmontables que no pueda evitarse, así como las

correspondientes a las válvulas y accesorios similares pueden emplearse conexiones embridadas.

En cuanto a los soportes de las tuberías debemos recalcar que éstos han de resistir las cargas dinámicas y estáticas generadas, así como los cambios de longitud de la tubería debido a efectos térmicos.

La separación máxima entre soportes vendrá determinada por el diámetro de tubería, siendo por ejemplo, para un diámetro de 100 mm, un máximo de 3,5 m entre soportes.

#### **1.7.5.12 Boquillas de descarga**

Las boquillas de descarga se situarán convenientemente en el espacio a proteger con la finalidad de cubrirlo todo, dispuestas verticalmente con su salida hacia abajo para evitar la obstrucción de la misma por suciedad, así como evitando que por la orientación de la descarga ésta pueda salpicar líquidos inflamables o genere nubes de polvo que pudiesen extender el fuego creando una explosión o afectar los contenidos del cuarto.

#### **1.7.5.13 Sistema de alarmas**

La cámara de máquinas deberá llevar un sistema de alarma que cumpla los siguientes requisitos:

- La alarma será acústica y visual.
- La alarma acústica debe ser audible desde todos los puntos del espacio protegido y también cuando las máquinas estén en funcionamiento.
- La señal audible deberá poder ser claramente distinguida de las restantes señales acústicas, ajustando la presión del sonido o el patrón del mismo.

- La alarma deberá anunciar, con anterioridad a la actuación de la descarga de CO<sub>2</sub>, que se va a producir la descarga inminente del mismo.
- Entre el instante en que se active la alarma y el instante en el que se produzca el disparo de las botellas debe transcurrir un tiempo que permita la evacuación de todas las personas que se encuentren en el espacio protegido, siendo no inferior a 20 segundos según se establece en el punto 2.1.3.2 del código SSCI.
- El sistema de alarma debe ser diseñado de forma que no resulte posible que se produzca la inundación del espacio protegido antes de que transcurra el tiempo antes citado.
- El sistema de alarma debe activarse al producirse la apertura de la puerta del armario de disparo, y se dispondrán los medios necesarios para impedir el inicio de la descarga de las botellas antes de que transcurra el tiempo preestablecido anteriormente.
- Las alarmas acústicas y visuales deben continuar activadas mientras permanezcan abiertas las válvulas de inundación.
- La alimentación de energía eléctrica al sistema de alarma debe ser garantizado en caso de fallo del sistema eléctrico principal del buque.
- En el supuesto de que el método de accionamiento del sistema de alarma sea neumático, se debe asegurar que dicho sistema disponga de un suministro permanente de aire comprimido.

## 1.8 Sistema de FM-200

### 1.8.1 Propiedades del agente extintor

El FM-200 o HFC-227ea es un agente extintor limpio de alta presión. Este agente actúa principalmente por medios físicos, debilitando y extinguiendo el fuego por absorción de calor. Una vez descargado, extingue rápidamente el fuego minimizando los daños a la propiedad y a los bienes de alto valor, asegurando así mismo la total seguridad a las personas. Es apto para la protección de áreas ocupadas, equipos electrónicos, etc.

Fórmula química	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>
Designación según ISO 14520, UNE 23570 y NFPA 2001	HFC-227ea
Peso molecular	170
Punto de ebullición a 1,013 bar	(-16,4 °C)
Densidad de líquido a 20 °C	1507 kg/m <sup>3</sup>
Temperatura crítica	101,7 °C
Presión crítica	29,12 bar
Presión de vapor a 20 °C	3,91 bar
Resistencia eléctrica relativa a 1 atm. 25 °C (N <sub>2</sub> = 1,0)	2
Densidad de llenado máxima	1,15 kg/l
NOAEL	9%
LOAEL	10,5%
PBPK (5` de exposición)	10,5%
Poder destructor del ozono	0
Potencial de efecto invernadero	2900

Tabla 1.8.1.1 – Propiedades del FM-200

### 1.8.2 Componentes de un sistema supresor de incendios con FM-200

Cada sistema consta de los siguientes componentes y sus accesorios asociados:

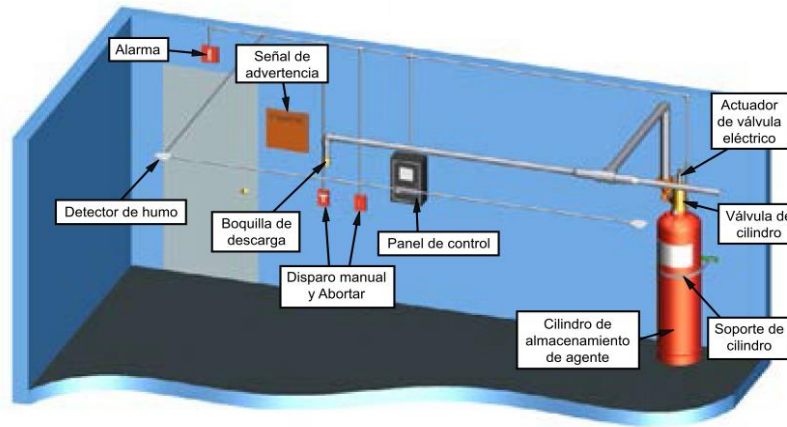


Figura 1.8.2.1 – Componentes típicos de un sistema de FM-200

#### 1.8.2.1 Componentes de almacenamiento de FM-200

Estos componentes consisten en uno o varios cilindros que contienen el agente químico FM-200 y en los soportes de cilindro que mantienen el conjunto del cilindro en su posición.

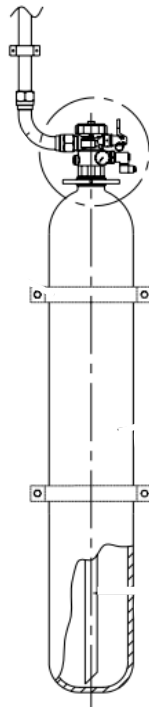


Figura 1.8.2.1.1 – Botella de almacenamiento de FM-200

Como requerimiento legal, todas las botellas deben incluir una serie de marcas en su parte superior, que son:

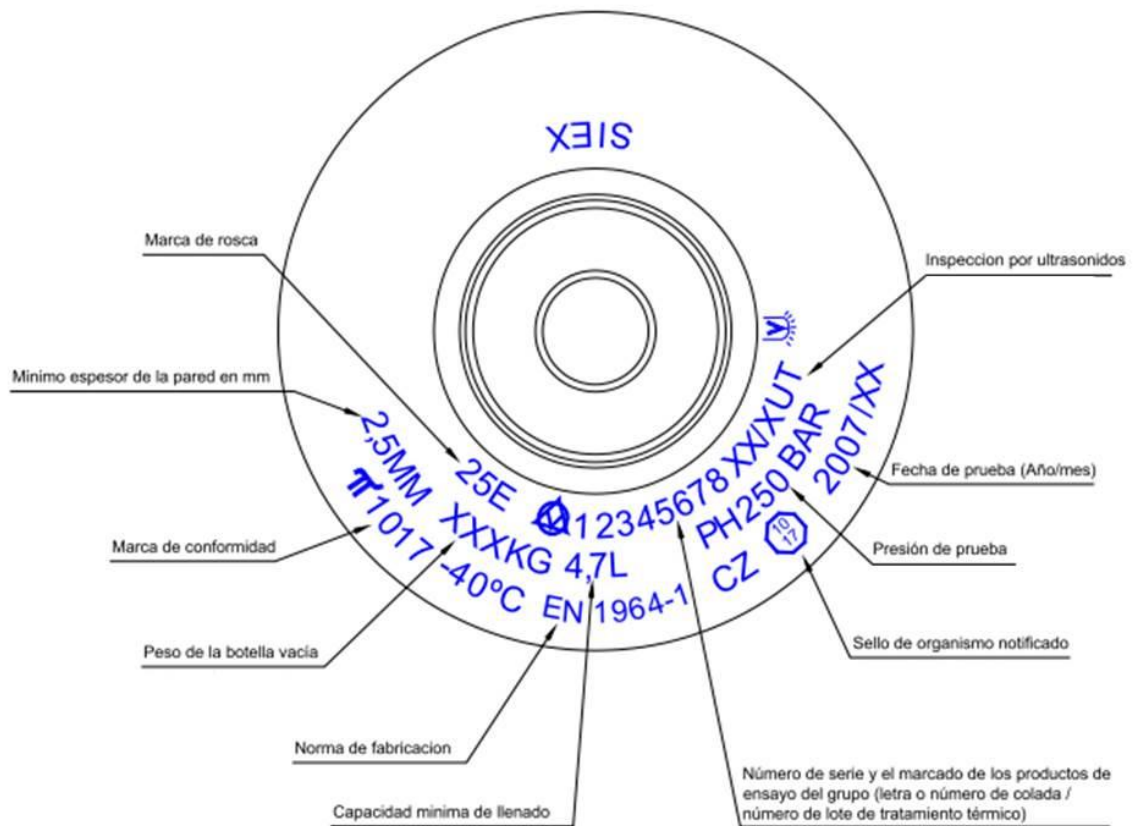


Figura 1.8.2.1.2 – Marcado de las botellas

- Marca de rosca
- Mínimo espesor de la pared
- Marca de conformidad
- Peso de la botella vacía
- Norma de fabricación
- Capacidad mínima de llenado
- Número de serie y el marcado de los productos de ensayo del grupo (letra o número de colada / número de lote de tratamiento térmico)
- Sello de organismo notificado
- Presión de prueba
- Fecha de prueba (Año/Mes)

Las botellas del fabricante “Janus”, en su serie “Lv” presentan las siguientes características (Tabla 1.8.2.1.1), estando compuesto el conjunto de cilindro por un cilindro, un tubo sifón, una válvula de cilindro, un disco de ruptura y un indicador de nivel de líquido.

Tamaño nominal del cilindro	Capacidad de llenado				Peso vacío	
	Mín.		Máx.			
	lb	kg	lb	kg	lb	kg
600 lb	304	137,9	609	276,2	346	157
900 lb	455	206,4	910	412,7	471	213,6
1000 lb	561	254,5	1000	453,6	766	346,5

Tabla 1.8.2.1.1 – Tamaño, capacidades y peso de botellas “Janus serie Lv”



Figura 1.8.2.1.3 – Componentes de conjunto de cilindro

En la Figura 1.8.2.1.3, correspondiente a los componentes del conjunto de cilindro podemos observar:

- Válvula de cilindro: El disparo automático de FM-200 lo controla una válvula de cilindro de latón forjado, que funciona por presión diferencial, conectada al cuello del cilindro. El conjunto de válvulas se suministra con un dispositivo de seguridad anti-retroceso instalado en la salida de descarga y encadenado a la válvula de cilindro.
- Tubo sifón: Un tubo sifón rígido, roscado, se extiende desde el cuello del cilindro hasta el fondo.
- Cilindro: El cilindro de pared ligera de costura soldada se fabrica de acuerdo con los requisitos del U.S Department of Transportation (USDOT) y Transport Canada (TC) para gas comprimido. La rosca hembra del cuello permite la conexión de la válvula de cilindro. El cilindro está diseñado para su montaje únicamente en posición vertical.
- Disco de ruptura: Un disco de ruptura está encajado en el cuerpo del cilindro. Funciona como un dispositivo de disparo de emergencia en caso de exceso de presión interna en el cilindro. Su punto de ruptura se encuentra entre 850 psi (58,6 bar) y 1000 psi (68,9 bar).
- Indicador de nivel de líquido: Un indicador de nivel de líquido situado en el cuerpo del cilindro es un tubo no magnético que contiene una cinta métrica fijada a un imán. A medida que se retira la cinta, el imán se acoplará a la superficie del líquido. Esta medición se compara con un gráfico de manual de diseño para determinar el peso de llenado actual del cilindro.

La válvula de cilindro tiene cinco puntos de conexión:

- Conexión de actuación de la válvula: Una conexión roscada en la parte superior de la válvula de cilindro sirve como punto de fijación del actuador de válvula eléctrico (principal) o neumático (esclavo).
- Toma del manómetro: Una toma hembra sirve como punto de fijación del manómetro. Está equipada con una válvula de retención



interna para permitir la retirada del manómetro mientras el cilindro está presurizado.

- Toma del presostato de supervisión de baja presión: Una toma hembra actúa como punto de fijación del presostato de supervisión de baja presión. Una válvula de retención interior permite la retirada del presostato con el cilindro presurizado.
- Salida de descarga: Una toma ranurada de 3" (80mm) actúa como punto de fijación de la red de tuberías de descarga.
- Toma piloto: Una conexión NPT H de 1/4" (8 mm) (con un tapón extraíble incluido) proporciona un medio para aplicar presión de actuación al cilindro o cilindros esclavos. Esto también se puede utilizar para fijar el presostato de descarga en las configuraciones de un solo cilindro. La toma queda presurizada únicamente durante los 10 s de descarga.

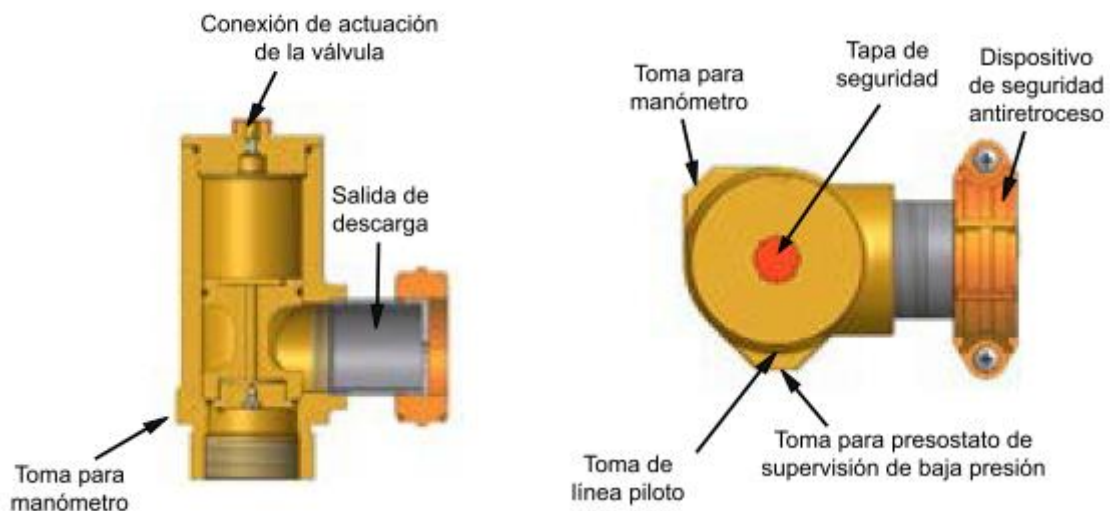


Figura 1.8.2.1.4 – Puntos de conexión

### 1.8.2.2 Componentes de distribución de FM-200

Estos componentes consisten en las boquillas de descarga, utilizadas para introducir el agente FM-200 en el local a proteger, así como la red de tuberías asociadas y sus soportes, utilizada para conectar las boquillas al conjunto del cilindro.

El diámetro aproximado de tubería dependerá de la presión a la que es almacenado el agente extintor, así como los kg necesarios del mismo para el local o locales a proteger.

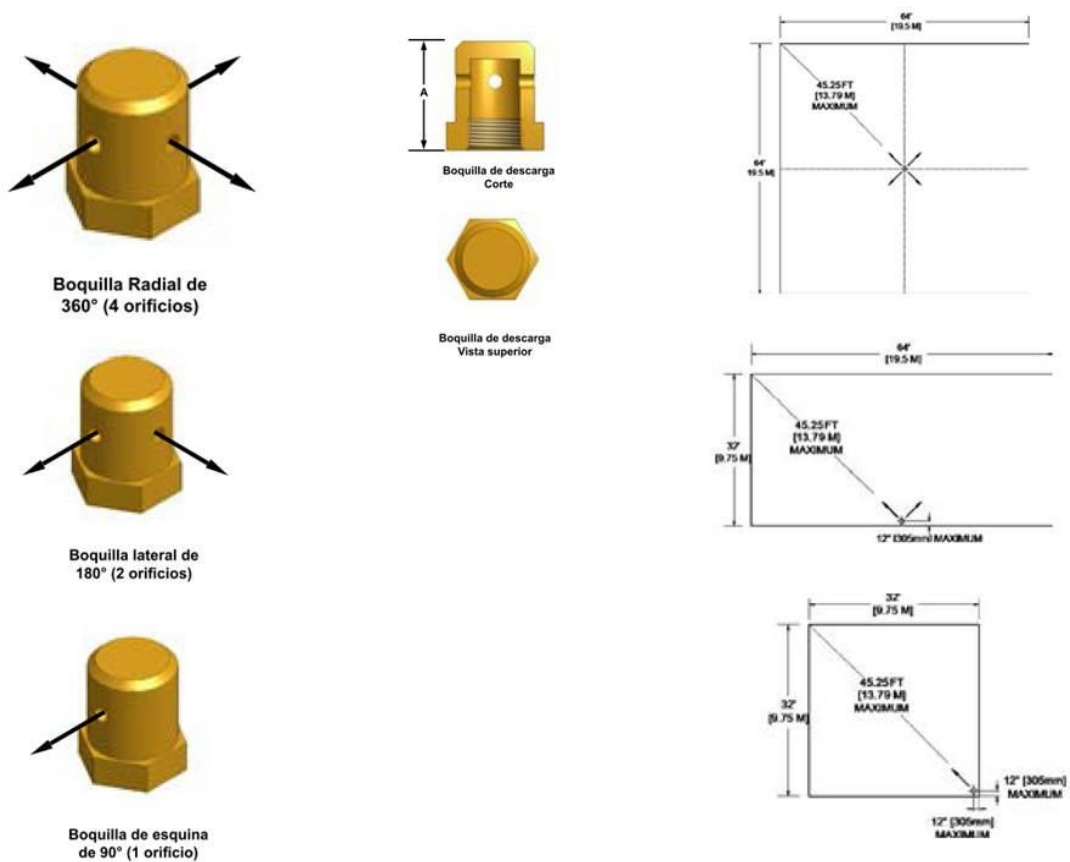


Figura 1.8.2.2.1 – Diferentes tipos de boquillas de descarga según su posición en el local a proteger

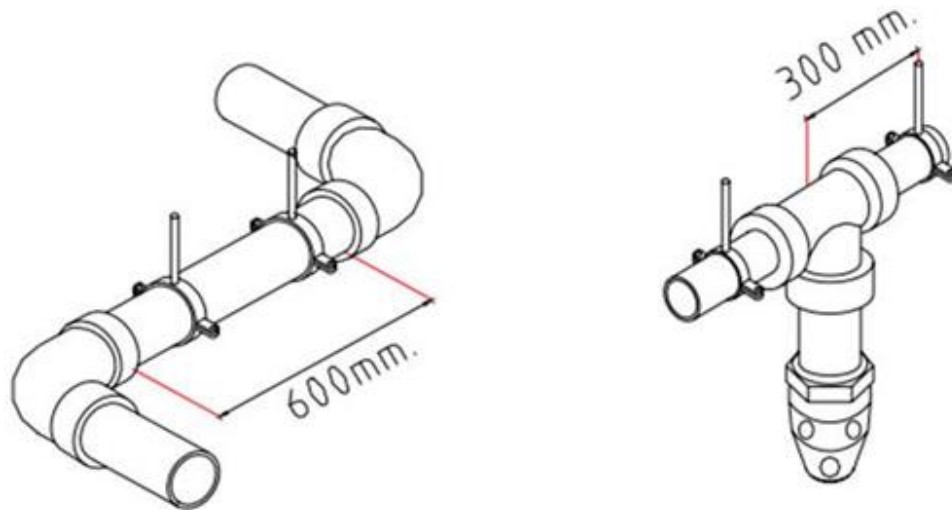


Figura 1.8.2.2.2 – Tubería de distribución con soportes asociados y boquilla de descarga

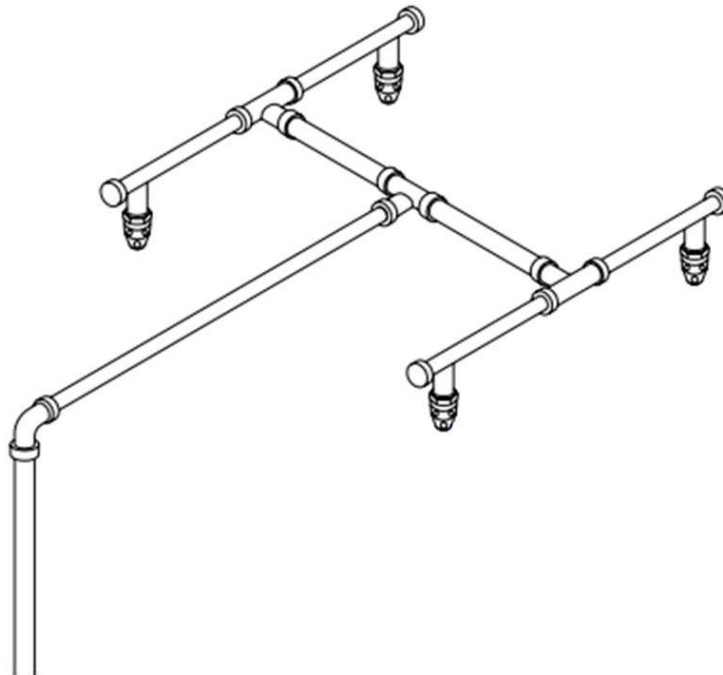


Figura 1.8.2.2.3 – Red de tuberías de distribución y boquillas de descarga

La distancia máxima permitida entre los soportes de tubería vendrá dada por el diámetro nominal de tubería obtenido. Además, entre codos la distancia máxima permitida será de 600 mm y en la posición de una boquilla de descarga se dispondrán de dos soportes, con una separación máxima entre cada uno de ellos y la boquilla de 300 mm (Figura 1.8.2.2.2).

La boquilla de descarga se situará además a una distancia máxima de 0,3 m del techo del local a proteger, siendo la misma distancia máxima a la pared en el caso de las boquillas de 180° o 90°, prestando especial atención a que los orificios de salida estén correctamente posicionados, dirigidos hacia el local a proteger y no hacia la pared (Figuras 1.8.2.2.4 y 1.8.2.2.5).

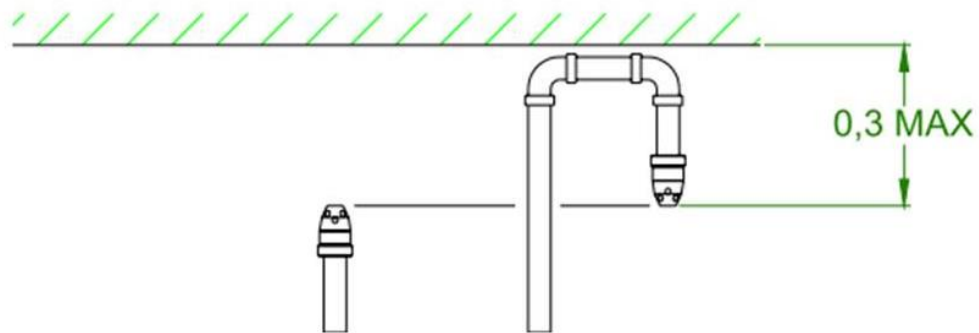


Figura 1.8.2.2.4 – Distancia máxima de las boquillas con respecto al techo del local

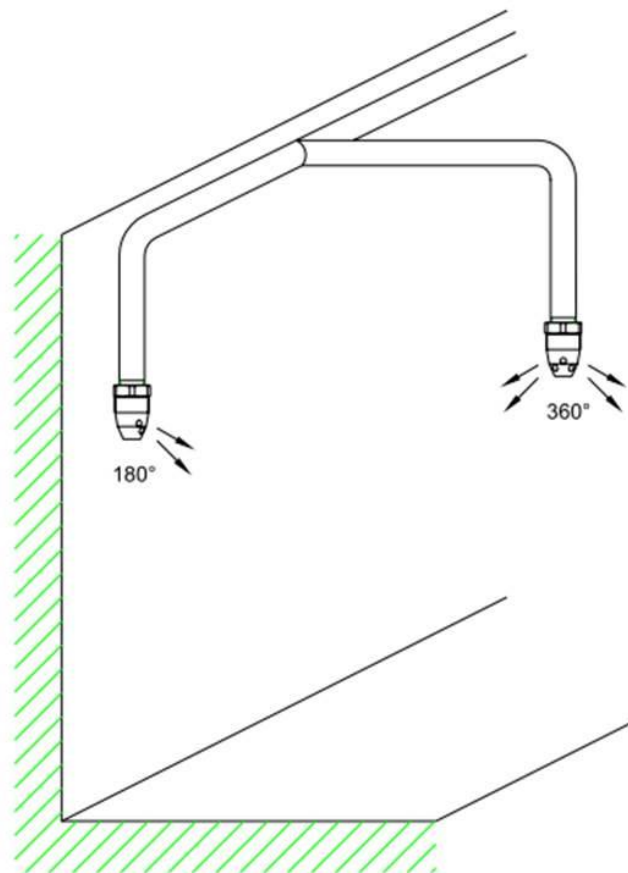


Figura 1.8.2.2.5 – Posicionamiento de las boquillas de descarga

Orientación de la boquilla		Diámetro nominal	Altura de la boquilla (A)	
Latón	Acero inoxidable		pulgadas	mm
360°,180°,90°	360°,180°,90°	3/8" (10 mm)	1,436	36,5
		1/2" (15 mm)	1,722	43,7
		3/4" (20 mm)	1,926	48,9
		1" (25 mm)	2,176	55,3
		1 1/4" (32 mm)	2,5	63,5
		1 1/2" (40 mm)	2,689	68,3
		2" (50 mm)	3,1	78,7

Tabla 1.8.2.2.1 – Altura de las boquillas según diámetro nominal

La altura (A) vendrá dada según el diámetro nominal de la boquilla de descarga para todas las orientaciones, pudiendo ser de latón o acero inoxidable, como se puede observar en la tabla anterior, Tabla 1.8.2.2.1.

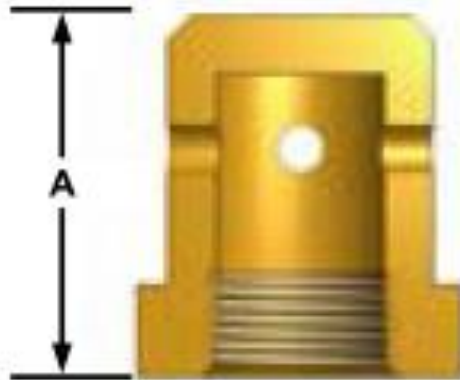


Figura 1.8.2.2.6 – Altura de la boquilla de descarga

### 1.8.2.3 Accesorios

Estos componentes completan la instalación del sistema FM-200 e incluyen los accesorios de conexión, un manómetro, un presostato de supervisión de baja presión, un actuador de válvula eléctrico y un actuador de válvula manual.

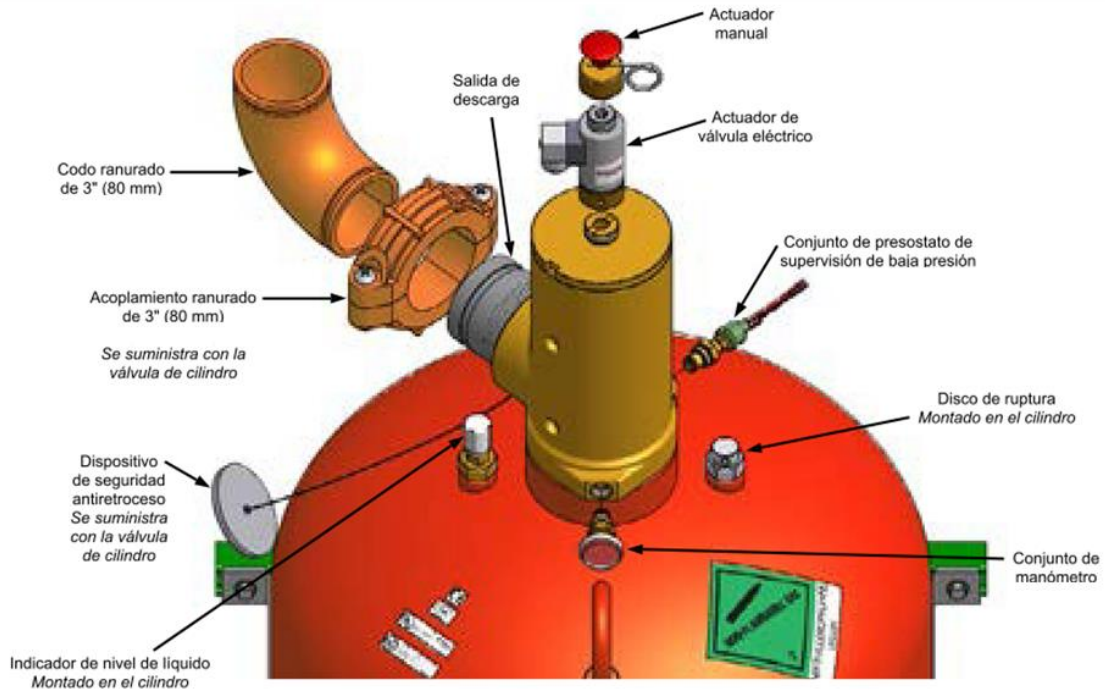


Figura 1.8.2.3.1 – Accesorios sistema FM-200

#### 1.8.2.3.1 Accesorios para la conexión de descarga

Se conecta un codo ranurado de 3" (80 mm) al adaptador de salida del cilindro ranurado utilizando un acoplamiento montado en fábrica para retener el dispositivo de seguridad anti retorno. El instalador será el encargado de suministrar las tuberías y los accesorios más allá del codo de 3".

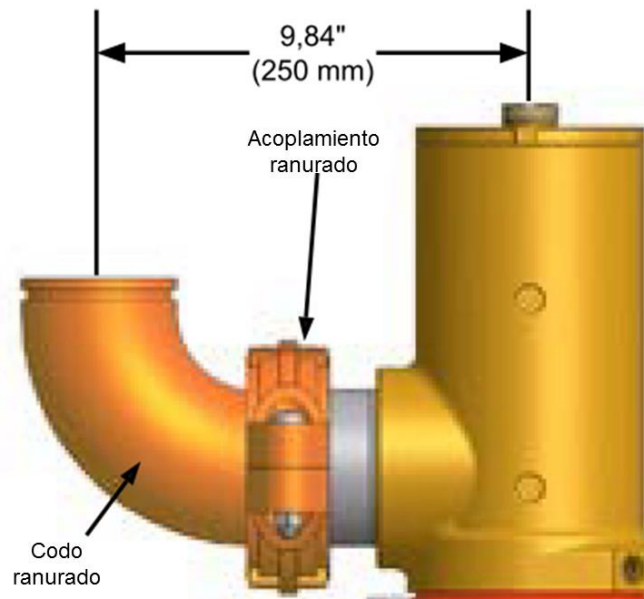


Figura 1.8.2.3.1.1 – Accesorios para la conexión de descarga

### 1.8.2.3.2 Conjunto de presostato de supervisión de baja presión

El presostato de supervisión de baja presión controla continuamente la presión dentro del cilindro. Los contactos son de una sola vía, conmutada (SPST) de 1,5 A a 24 VCC. Si la presión del cilindro desciende en torno a 280 psi (19,3 bar), los contactos del interruptor se cerrarán, transmitiendo una señal al panel de control del sistema.



Figura 1.8.2.3.3 – Presostato de supervisión de baja presión

### 1.8.2.3.3 Conjunto de manómetro

La norma NFPA 2001 requiere que haya un manómetro en cada cilindro para el control visual de la presión interna del cilindro.

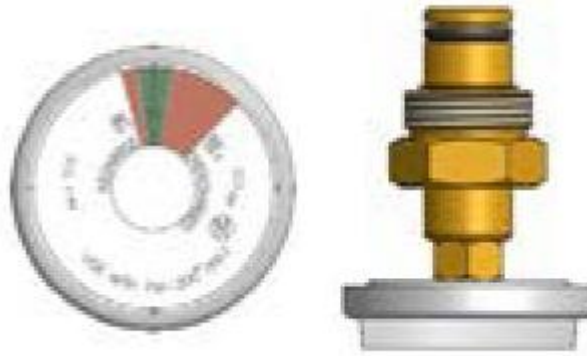


Figura 1.8.2.3.3.1 – Manómetro

#### 1.8.2.3.4 Actuador de válvula eléctrico

El actuador de la válvula eléctrico se fija al cilindro principal en la toma de actuación de la válvula y se utiliza para abrir automáticamente la válvula de cilindro a la recepción de una señal del panel de control u otra fuente. Funciona entre 17 y 30 VCC y consume 500 mA (0,5 A) a 24 VCC nominales con una corriente de supervisión máxima de 30 mA (0,03 A). EL cuerpo del actuador de válvula eléctrico está hecho de acero con una tuerca giratoria moleteada y un pasador de actuación de acero inoxidable que deprime el núcleo de la válvula cuando se activa.



Figura 1.8.2.3.4.1 – Actuador eléctrico de la válvula



### 1.8.2.3.5 Actuador de válvula manual

Para poder abrir manualmente la válvula de cilindro, se fija un actuador de válvula manual opcional a la parte superior del actuador eléctrico. El actuador de válvula manual consiste en un cuerpo de latón, un pasador del actuador de acero inoxidable, y un pasador de anillo de seguridad de acero. Para descargar el cilindro principal manualmente, se debe retirar el pasador de anillo y apretar el pulsador de disparo de emergencia, obligando al pasador de la válvula eléctrica a presionar el núcleo de la válvula de cilindro. El resto de los cilindros conectados se abrirán de manera neumática.

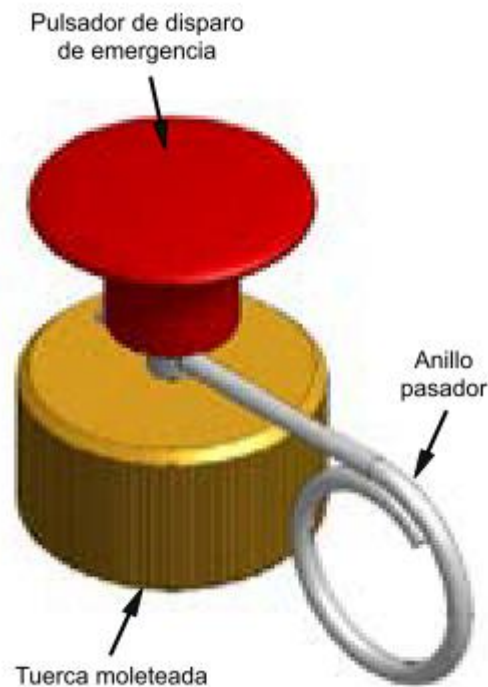


Figura 1.8.2.3.5.1 – Actuador de válvula manual

### 1.8.2.4 Componentes de configuración esclava

Es posible conectar hasta 16 cilindros (1 principal más 15 esclavos) en una sola configuración, con hasta 30,5 m de latiguillos o tubería piloto desde el cilindro principal en ambas direcciones. Una configuración típica podemos verla en la figura 1.8.2.4.1.

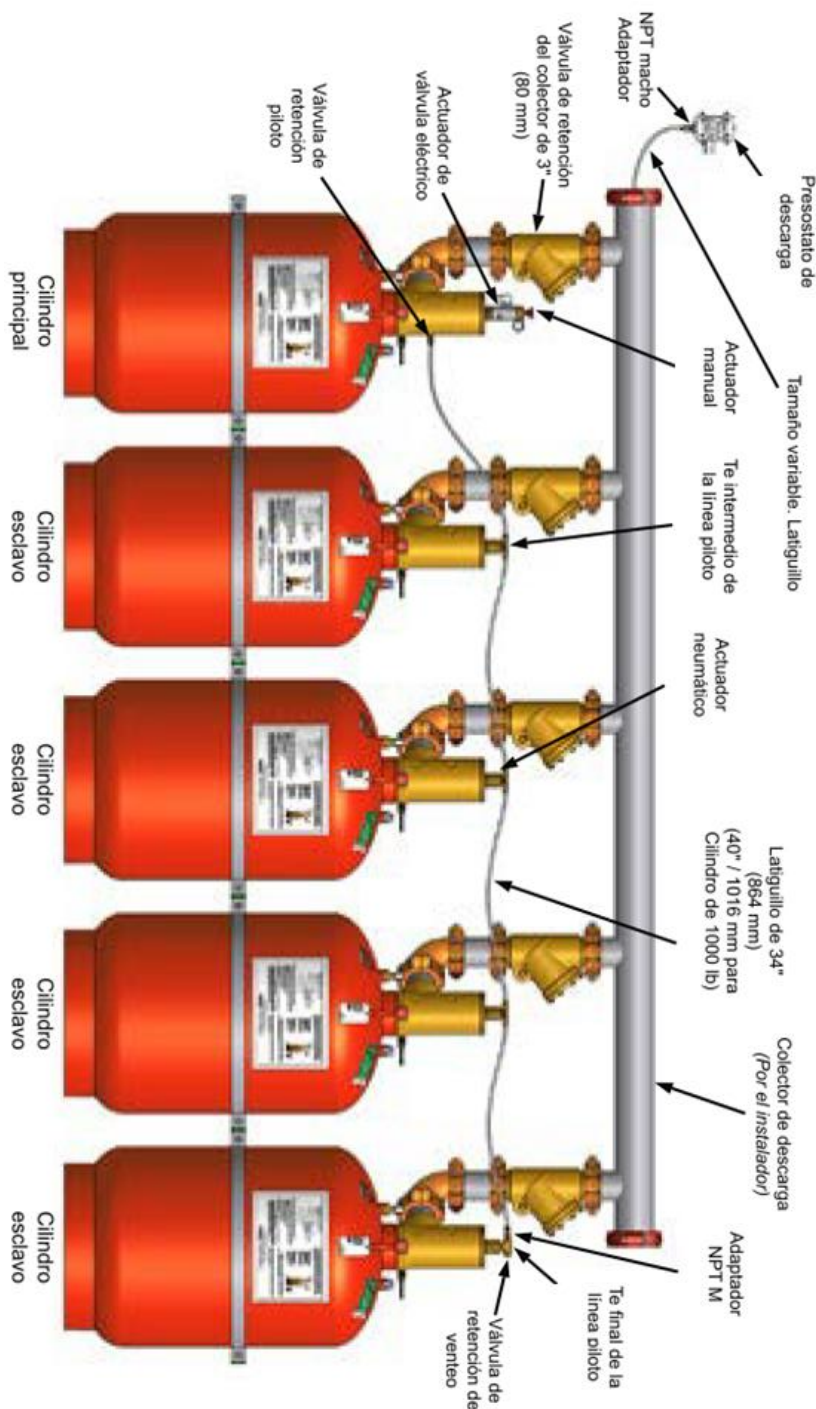


Figura 1.8.2.4.1 – Configuración esclava

#### 1.8.2.4.1 Actuador de válvula neumático

En sistemas de varios cilindros, el actuador de válvula eléctrico hará que se abra el cilindro principal y acto seguido, uno o varios actuadores de válvula neumáticos harán que se abran todos los demás cilindros mediante la presión del cilindro principal.

Un actuador neumático se conecta a la toma de actuación de cada cilindro esclavo. Recibe la presión de la toma piloto del cilindro principal a través de la válvula de retención piloto. Es de latón, con un pistón y un pasador de latón.



Figura 1.8.2.4.1.1 – Actuador de válvula neumático

#### 1.8.2.4.2 Válvula de retención de venteo

La válvula de retención de venteo es un dispositivo de seguridad con roscas NPT macho de ¼" (8mm), que se va a instalar en la línea piloto hacia debajo de la válvula de retención piloto. Se utiliza para purgar la presión que se pueda acumular en la línea piloto, reduciendo las probabilidades de que los actuadores de válvula neumáticos o el presostato de descarga funcionen de manera intempestiva.

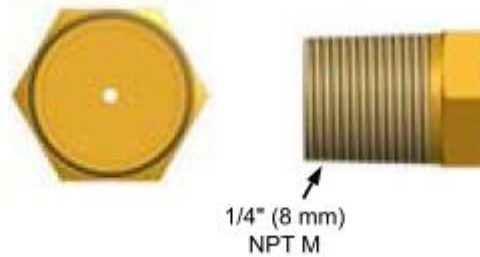


Figura 1.8.2.4.2.1 – Válvula de retención de venteo

#### 1.8.2.4.3 Válvula de retención piloto

Hay una válvula de retención NPT M de 1/4" (8mm) por 37° JIC M instalada en el orificio piloto de la válvula de cilindro principal con el sentido de flujo hacia fuera. Cuando la válvula se abre, la presión se dirige a través de la válvula de retención piloto hacia los actuadores de válvula neumáticos de los cilindros esclavos. El objetivo de la válvula de retención piloto es garantizar que el actuador neumático se mantiene presurizado durante todo el tiempo de descarga.

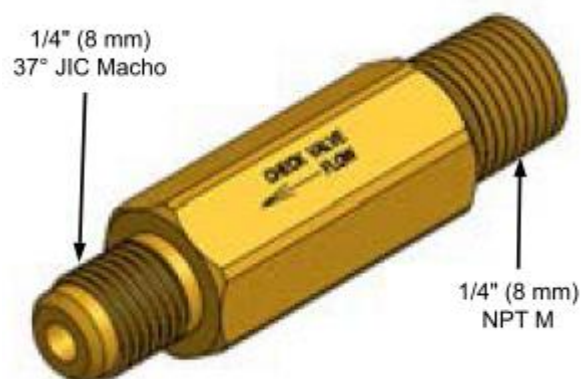


Figura 1.8.2.4.3.1 - Válvula de retención piloto

#### 1.8.2.4.4 Adaptador NPT M

Se encaja un adaptador 37° JIC M de 1/4" (8mm) por NPT M en el te de la línea final piloto del último cilindro esclavo para facilitar la fijación del latiguillo al presostato de descarga.

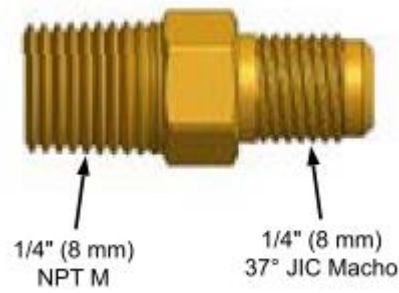


Figura 1.8.2.4.4.1 - Adaptador NPT M

#### 1.8.2.4.5 Te intermedio de la línea piloto

Se utiliza un te de latón con derivación 37° JIC M de 1/4" (8mm) por NPT M para fijar la línea piloto al actuador de la válvula neumático.

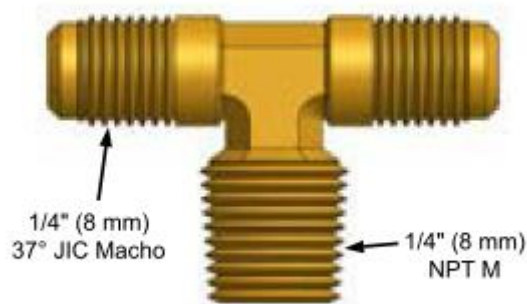


Figura 1.8.2.4.5 - Te intermedio de la línea piloto

#### 1.8.2.4.6 Te final de la línea piloto

Para facilitar la fijación de la válvula de retención de venteo en la línea piloto, se monta un te de latón con derivación NPT H de 1/4" (8mm) NPT M en el último actuador de válvula neumático

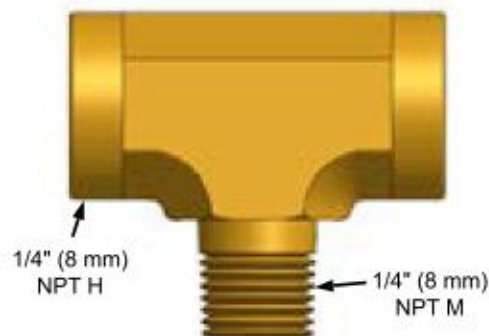


Figura 1.8.2.4.6.1 - Te final de la línea piloto

### 1.8.2.4.7 Latiguillo

Latiguillos con trenza de acero inoxidable revestidos de Teflón de 3/16" (7 mm) de diferentes longitudes con accesorios acampanados 37° JIC H de 1/4" (8mm) 37° JIC M acampanado x JIC M acampanado para unir dos latiguillos.

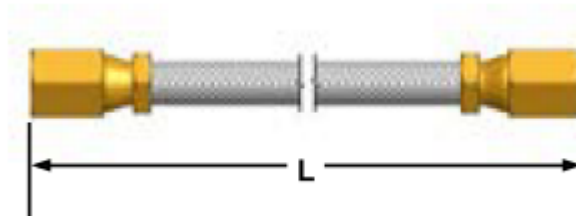


Figura 1.8.2.4.7.1 - Latiguillo

Longitudes de latiguillo
16" (406 mm)
24" (610 mm)
34" (864 mm)
40" (1016 mm)

Tabla 1.8.2.4.7.2 – Longitudes de latiguillo

### 1.8.2.5 Componentes adicionales

#### 1.8.2.5.1 Presostato de descarga

El sistema emplea un presostato de descarga para enviar una señal confirmando la descarga del agente y para iniciar el cierre de equipos que pudiesen mermar la concentración de agente. El presostato tiene un solo contacto conmutado (SPDT) con contactos de 10 A resistivos a 30 V CC.

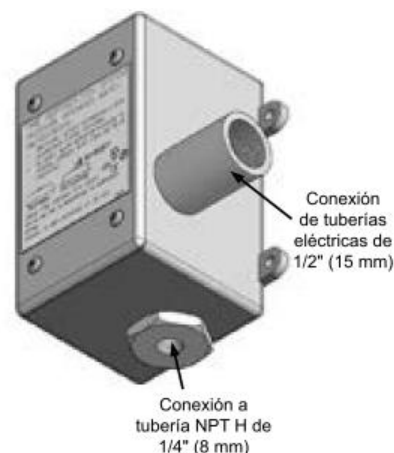


Figura 1.8.2.5.1.1 - Presostato de descarga

### 1.8.2.5.2 Válvula de retención del colector

EN una configuración de varios cilindros, en la que los cilindros principales y esclavos comparten el mismo colector o en una configuración principal / reserva, se debe colocar una válvula de retención del colector ranurada de 3" (80mm) entre la salida de descarga de cada cilindro y el colector de descarga, para impedir el retorno del flujo desde el colector en caso de que se produjera una descarga involuntaria del sistema al desconectar uno o más cilindros para su revisión.

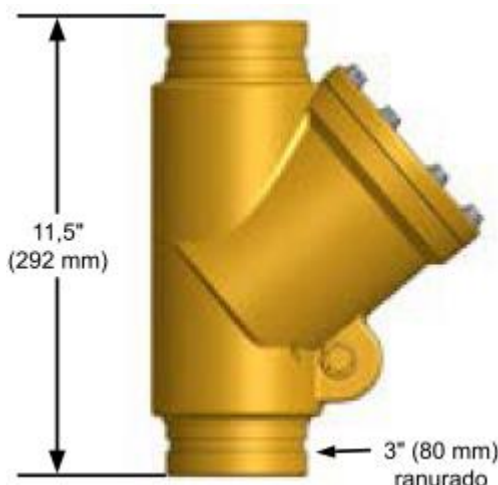


Figura 1.8.2.5.2 - Válvula de retención del colector

### 1.8.3 Consideraciones de seguridad

A pesar de que el FM-200 aparece en las listas SNAP (Significant New Alternative Program) de la EPA como aceptable en recintos ocupados, la norma NFPA 2001, SNAP y UNE-EN 15004-1:2009 enumeran las siguientes directrices para la exposición de seres humanos:

- La descarga de FM-200 en un riesgo puede reducir la visibilidad durante un breve momento. El FM-200 puede provocar congelación si el líquido de la descarga o el vapor que se escape entra en contacto con la piel.
- Cuando el FM-200 se expone a temperaturas superiores a 700°C, se forma el compuesto químico "ácido fluorhídrico (HF). Los sistemas de FM-200 están diseñados para efectuar la descarga en 10 segundos o menos para minimizar la formación de HF.

- La ficha de datos de seguridad de materiales (FDS, MSDS en sus siglas en inglés) sobre FM-200, debe leerse y entenderse antes de trabajar con el agente extintor.
- Los cilindros que contienen FM-200 deben manipularse con cuidado. EL dispositivo de seguridad antiretorno debe estar siempre en su sitio cuando el cilindro no esté conectado a la red de tuberías de descarga y correctamente anclado.

Tiempo de exposición humana. Exposición a las concentraciones indicadas de FM-200 (HFC-227ea)		
Concentración de FM-200		Tiempo máximo de exposición de seres humanos (minutos)
% v/v	ppm	
9	90000	5
9,5	95000	5
10	100000	5
10,5	105000	5
11	110000	1,13
11,5	115000	0,6
12	120000	0,49

Notas: 1. Los datos obtenidos a partir del modelo PBPK, o su equivalente, aprobado por la EPA y revisado por sus homólogos // 2. Basado en el LOAEL de 10,5% en los perros

Tabla 1.8.3.1 – Exposición a las concentraciones indicadas de FM-200



## 1.9 Bibliografía

- “Bulkcarrier Practice” – Captain Jack Isbester
- “Shanghai Merchant Ship Design & Research Institute, CSSC, SDARI”
- Informe de la OMI de septiembre de 1999 sobre la seguridad en los graneleros
- Taizhou Olinko Imp. & Exp. Co., Ltd.
- “Shipping Statistics and Market Review” Volume 55 No 4 – 2011 , Institute of Shipping Economics and Logistics
- “Shipping Statistics and Market Review” Volume 56 No 4 – 2012 , Institute of Shipping Economics and Logistics
- Review of Maritime Transport 2013 – United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD
- Manual de Formación contraincendios, Sección 1, I.C Brindle & Co. Ltd
- NFPA 12 “Carbon Dioxide Extinguishing Systems”
- NFPA 2001 “Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems”
- IMO MSC/Circ.848
- SOLAS Capítulo II-2
- UNE-EN 15004-1:2009
- UNE-EN 15004-5:2009
- Bureau Veritas “Rules for the Classification of Steel Ships”, Part C – Machinery, Electricity, Automation and Fire Protection, Chapter 4
- Janus Fire Systems
- SIEX HFC Manual
- Bettati ANTINCENDIO, HFC-227ea Extinguishing System DESIGN MANUAL
- “Manual de Seguridad Contraincendios”, Colegio de ingenieros técnicos de Barcelona
- Agentes extintores HFC-227ea y FE-13, Aguilera extinction
- Argotec CO<sub>2</sub> Systems
- MISIEGO LPG Tecnicas en Extinción de incendios S.A
- Fireboy – Xintex Marine Safety Systems
- TESEIN Naval

**“TÍTULO: CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO  
ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO<sub>2</sub> Y  
FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE  
18700 t DE DESPLAZAMIENTO”**

---

**ANEXOS**

---



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS**

**FECHA: JUNIO 2015**

**AUTOR: EL ALUMNO**

**Fdo.: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ**

**“TÍTULO: CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO  
ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO<sub>2</sub> Y  
FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE  
18700 t DE DESPLAZAMIENTO”**

---

**ANEXO I: CÁLCULOS PARA UN SISTEMA  
CONTRAINCENDIOS CO<sub>2</sub>**

---



## 2. CÁLCULOS PARA UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO<sub>2</sub>

### 2.1 Espacios a proteger

Los espacios protegidos por los sistemas de extinción que serán analizados para el cálculo del agente extintor necesario para su protección serán:

- Local de Cámara de Máquinas
- Local del Generador de Emergencia
- Pañol Eléctrico
- Taller de Cámara de Máquinas
- Local del Servo
- Cámara de Purificadoras

#### 2.1.2 Cálculo del volumen de espacios a proteger

Según se establece en el código SSCI en su Capítulo V “Sistemas fijos de extinción de incendios por gas”, apartado 2 “Especificaciones Técnicas”, subapartados 2.1 “Generalidades” y 2.2 “Sistemas de anhídrido carbónico”:

- (2.1.1.1) *Cuando se necesite que el agente extintor proteja más de un espacio, no hará falta que la cantidad de agente extintor disponible sea mayor que la máxima prescrita para cualquiera de los espacios así protegidos.*
- (2.1.1.2) *El volumen de los depósitos de aire comprimido para el arranque, convertido en volumen de aire libre, se agregará al volumen total del espacio de máquinas al calcular la cantidad necesaria de agente extintor de incendios.(...).*
- (2.2.1.2) *En los espacios de máquinas, la cantidad disponible de anhídrido carbónico será suficiente para liberar un volumen mínimo de gas igual al mayor de los volúmenes siguientes:*
  - *El 40% del volumen bruto del mayor espacio de máquinas así protegido, excluido el volumen de la parte del guardacalor situada encima del nivel en que el área horizontal del guardacalor es igual o inferior al 40% de la zona horizontal del espacio considerado,*

medida a la mitad de la distancia entre la parte superior del tanque y la parte más baja del guardacalor; o

- El 35% del volumen bruto del mayor espacio de máquinas así protegido, comprendido el guardacalor.

### 2.1.2.1 Local de Cámara de Máquinas

Para el cálculo del volumen de Cámara de Máquinas dividiremos ésta en 3 cubiertas:

#### 2.1.2.1.1 Cubierta del Motor Principal

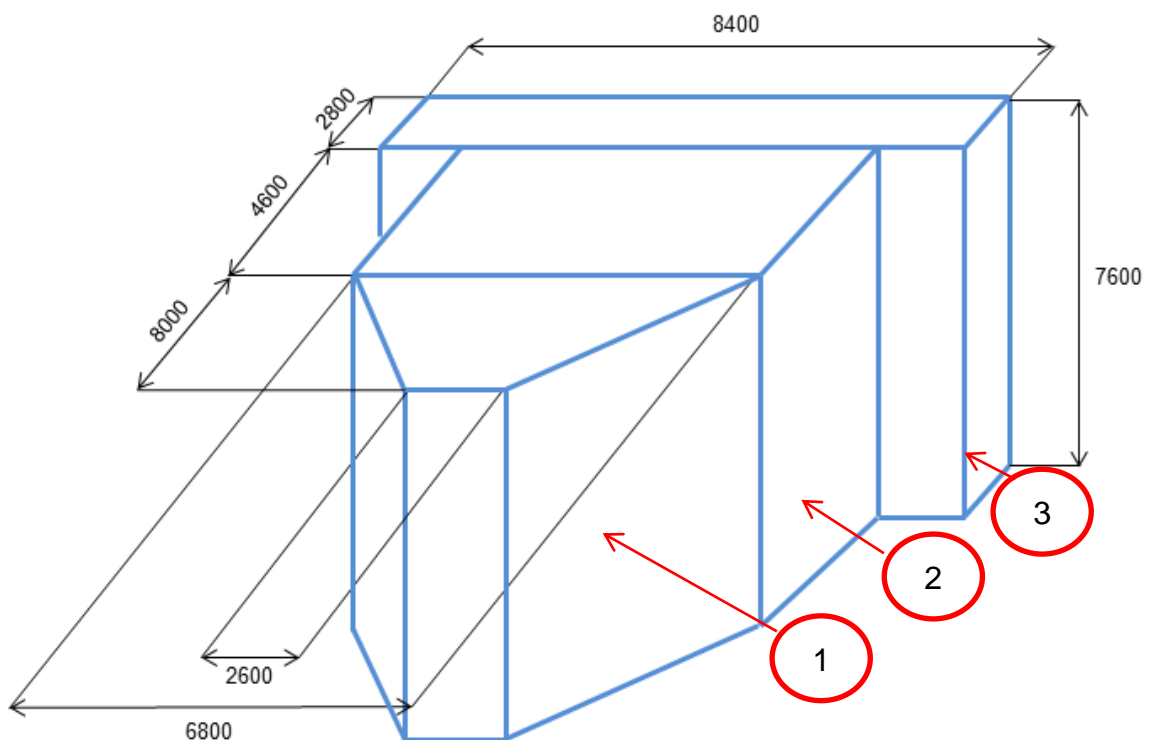


Figura 2.1.2.1.1.1 – Volumen de la cubierta del M.P (cotas en mm) (Plano 2)

Dividiendo la zona del Motor Principal en tres poliedros como se puede observar en la figura 2.1.2.1.1.1, calcularemos el volumen (en  $m^3$ ) de la siguiente manera:

- **Poliedro nº1**, donde “A<sub>1</sub>” será el área formada por la cara rectangular mayor y “A<sub>2</sub>” será la cara rectangular menor, siendo “h” la distancia entre ambas caras

$$V_1 = \frac{h}{3} \times (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2}) \quad (2.1.2.1.1.1)$$

$$A_1 = 6,8 \times 7,6 = 51,68 \text{ m}^2 \quad (2.1.2.1.1.2)$$

$$A_2 = 7,6 \times 2,6 = 19,76 \text{ m}^2 \quad (2.1.2.1.1.3)$$

$$V_1 = \frac{8}{3} \times (51,68 + 19,76 + \sqrt{51,68 \times 19,76}) \quad (2.1.2.1.1.4)$$

$$V_1 = 275,7229 \text{ m}^3 \quad (2.1.2.1.1.5)$$

- **Poliedro nº2**

$$V_2 = 6,8 \times 7,6 \times 4,6 \quad (2.1.2.1.1.6)$$

$$V_2 = 237,728 \text{ m}^3 \quad (2.1.2.1.1.7)$$

- **Poliedro nº3**

$$V_3 = 8,4 \times 7,6 \times 2,8 \quad (2.1.2.1.1.8)$$

$$V_3 = 178,752 \text{ m}^3 \quad (2.1.2.1.1.9)$$

El Volumen total del espacio correspondiente a la zona del Motor Principal será por tanto:

$$V_{TMP} = V_1 + V_2 + V_3 = 275,7229 + 237,728 + 178,752 \quad (2.1.2.1.1.10)$$

$$V_{TMP} = 692,2029 \text{ m}^3 \quad (2.1.2.1.1.11)$$

### 2.1.2.1.2 Cubierta Motores Auxiliares y Local Purificadoras

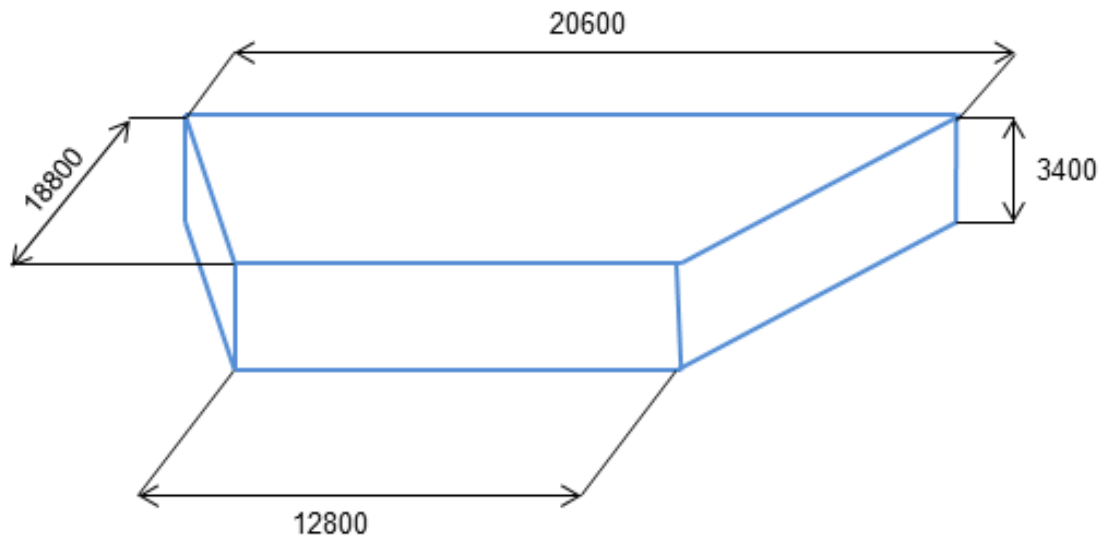


Figura 2.1.2.1.2.1 – Volumen de la cubierta de Motores Auxiliares y Local de Purificadoras (cotas en mm) (Plano 3)

Donde “ $A_1$ ” será el área formada por la cara rectangular mayor y “ $A_2$ ” será la cara rectangular menor, siendo “ $h$ ” la distancia entre ambas caras. El volumen de este espacio,  $V_{MMAA}$  (en  $m^3$ ) será:

$$V_{MMAA} = \frac{h}{3} \times (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2}) \quad (2.1.2.1.2.1)$$

$$A_1 = 3,4 \times 20,6 = 70,04 \text{ m}^2 \quad (2.1.2.1.2.2)$$

$$A_2 = 3,4 \times 12,8 = 43,52 \text{ m}^2 \quad (2.1.2.1.2.3)$$

$$V_{MMAA} = \frac{18,8}{3} \times (70,04 + 43,52 + \sqrt{70,04 \times 43,52}) \quad (2.1.2.1.2.4)$$

$$V_{MMAA} = 778,337 \text{ m}^3 \quad (2.1.2.1.2.5)$$

### 2.1.2.1.3 Cubierta superior de Cámara de Máquinas

El espacio a proteger en la cubierta superior de la cámara de máquinas estará compuesto por:

- $A_1$  - Cubierta superior de cámara de máquinas
- $A_2$  - Pañol eléctrico



- $A_3$  - Taller
- $A_4$  - Local del generador de emergencia

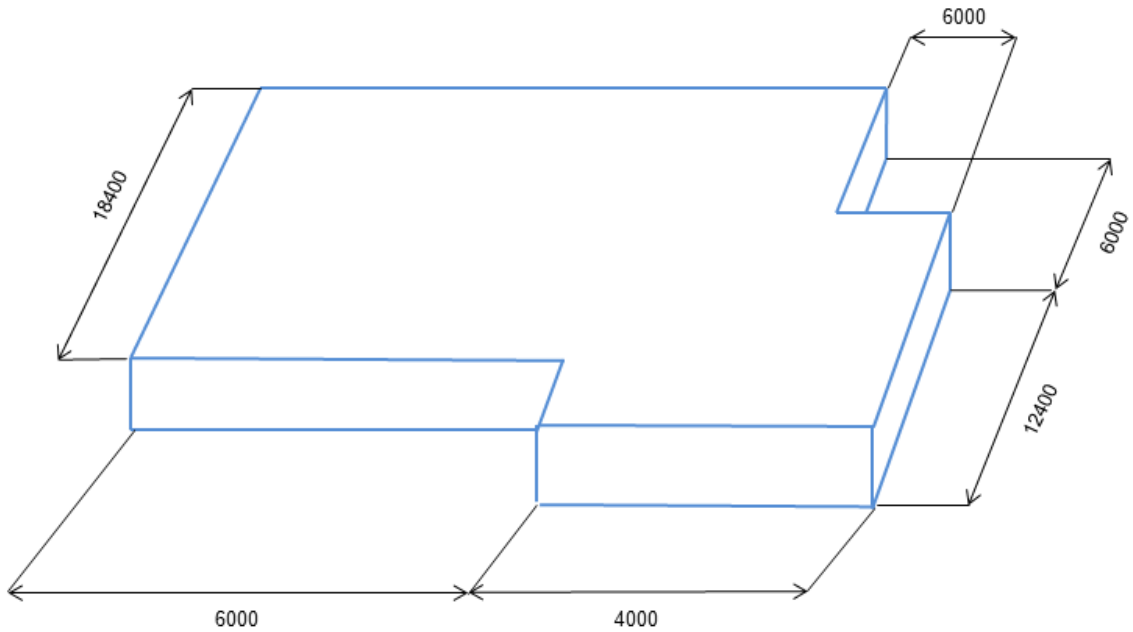


Figura 2.1.2.1.3.1 – Volumen de la Cubierta superior de la cámara de máquinas (cotas en mm) (Plano 4)

Siendo el puntal de toda la cubierta superior el mismo para todos los espacios, las áreas correspondientes de los espacios a proteger son:

$$A_1 = 162,24 \text{ m}^2 \quad (2.1.2.1.3.1)$$

$$A_2 = 10,4 \times 5,2 = 54,08 \text{ m}^2 \quad (2.1.2.1.3.2)$$

$$A_3 = 8,4 \times 6,2 = 52,08 \text{ m}^2 \quad (2.1.2.1.3.3)$$

$$A_4 = 3,6 \times 6,4 = 23,04 \text{ m}^2 \quad (2.1.2.1.3.4)$$

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 291,44 \text{ m}^2 \quad (2.1.2.1.3.5)$$

$$V_T = A_T \times h = 291,44 \times 3,2 \quad (2.1.2.1.3.6)$$

$$V_{TCBS} = 932,608 \text{ m}^3 \quad (2.1.2.1.3.7)$$

### 2.1.2.1.4 Volumen total de Cámara de Máquinas

El volumen total de cámara de máquinas a efectos de protección será, por tanto, la suma de los volúmenes calculados anteriormente, ecuaciones (2.1.2.1.1.11), (2.1.2.1.2.5), (2.1.2.1.3.7).

$$V_{TCM} = V_{TMP} + V_{MMAA} + V_{TCBS} \quad (2.1.2.1.4.1)$$

$$V_{TCM} = 692,2029 + 778,337 + 932,608 = 2403,1479 \quad (2.1.2.1.4.2)$$

$$V_{TCM} = 2403,1479 \text{ m}^3 \quad (2.1.2.1.4.3)$$

### 2.1.3 Aplicación del Código SSCI

Como se ha determinado en el punto 2.1.2, el Código SSCI establece que se ha de escoger el mayor de los volúmenes especificados en el punto 2.2.1.2 del citado Código, por tanto:

- *“El 40% del volumen bruto del mayor espacio de máquinas así protegido, excluido el volumen de la parte del guardacalor situada encima del nivel en que el área horizontal del guardacalor es igual o inferior al 40% de la zona horizontal del espacio considerado, medida a la mitad de la distancia entre la parte superior del tanque y la parte más baja del guardacalor(...)” será:*

$$V_{TCM} = 2403,1479 \text{ m}^3 \quad (2.1.3.1)$$

$$40\% V_{TCM} = 961,2592 \text{ m}^3 \quad (2.1.3.2)$$

- *“El 35% del volumen bruto del mayor espacio de máquinas así protegido, comprendido el guardacalor.” Será:*

$$V_{TCM} + V_{GC} \quad (2.1.3.3)$$

$$V_{GC} = V_1 + V_2 \quad (2.1.3.4)$$

$$V_1 = \frac{h}{3} \times (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2}) \quad (2.1.3.5)$$

Siendo  $A_1$  la cara del poliedro de mayor área y  $A_2$  la de menor

$$V_1 = \frac{3,6}{3} \times (21,6 + 16 + \sqrt{21,6 \times 16}) \quad (2.1.3.6)$$

$$V_1 = 67,42 \text{ m}^3 \quad (2.1.3.7)$$

$$V_2 = 4,6 \times 7,6 \times 4,6 \quad (2.1.3.8)$$

$$V_2 = 160,816 \text{ m}^3 \quad (2.1.3.9)$$

$$V_{GC} = 67,42 + 160,816 \quad (2.1.3.10)$$

$$V_{GC} = 228,236 \text{ m}^3 \quad (2.1.3.11)$$

$$V_{TCM} + V_{GC} = 2403,1479 + 228,236 \quad (2.1.3.12)$$

$$V_{TCM} + V_{GC} = 2631,3839 \text{ m}^3 \quad (2.1.3.13)$$

$$35\% (V_{TCM} + V_{GC}) = 920,9843 \text{ m}^3 \quad (2.1.3.14)$$

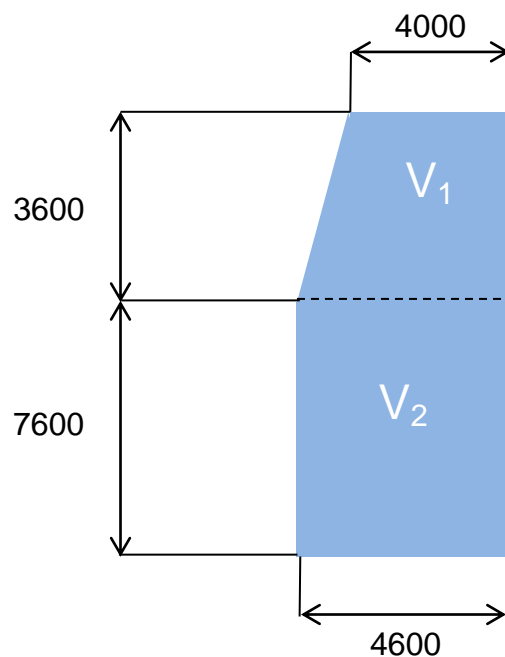


Figura 2.1.3.1 – Esquema del guardacalor para su dimensionamiento (cotas en mm, con un ancho en todo el volumen del guardacalor de 4000 mm)

$$40\% V_{TCM} = 961,2592 \text{ m}^3 > 920,9843 \text{ m}^3 = 35\% (V_{TCM} + V_{GC}) \quad (2.1.3.15)$$

Como podemos observar en la ecuación 2.1.3.15, el volumen correspondiente al 40% del volumen bruto del mayor espacio de máquinas así protegido, excluido el volumen de la parte del guardacalor, es superior al 35% del volumen del mismo espacio incluido el correspondiente al guardacalor. Por tanto, y según lo establecido en el Código SSCI, el volumen a proteger establecido a efectos de cálculos de agente extintor para el presente proyecto será el primero, ecuación 2.1.3.2.

#### 2.1.4 Corrección del valor 40% $V_{TCM}$ según el Código SSCI

Según se establece en el Código SSCI en su capítulo V, 2 Especificaciones técnicas, 2.1 Generalidades, 2.1.1 Agente extintor de incendios, 2.1.1.2:

*“El volumen de los depósitos de aire comprimido para el arranque convertido en volumen de aire libre, se agregará al volumen total del espacio de máquinas al calcular la cantidad necesaria de agente extintor de incendios. (...)”*

Por tanto, y al poseer el buque en su cámara de máquinas dos botellas de 1,5 m<sup>3</sup> a una presión de 30bar destinadas a tal fin, el volumen a agregar al valor de 40%  $V_{TCM}$  será, aplicando la Ley de Boyle-Mariotte:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \quad (2.1.4.1)$$

$$30 \times 1,5 = 1 \times V_2 \quad (2.1.4.2)$$

$$V_2 = 30 \times 1,5 \quad (2.1.4.3)$$

$$V_2 = 45 \text{ m}^3 \quad (2.1.4.4)$$

Sumando el volumen de las botellas de aire convertido en volumen de aire libre al valor de 40%  $V_{TCM}$ :

$$\text{Volumen para el cálculo de agente extintor} = 40\% V_{TCM} + V_2 \quad (2.1.4.5)$$

$$\text{Volumen para el cálculo de agente extintor} = 961,2592 + 45 \quad (2.1.4.6)$$

$$\text{Volumen para el cálculo de agente extintor} = 1006,2592 \text{ m}^3 \quad (2.1.4.7)$$

Será pues el valor de referencia para el cálculo de cantidad de agente extintor el determinado en la ecuación 2.1.4.7, tras la corrección determinada por el Código SSCI relativa al volumen de aire comprimido contenido en las botellas de aire de arranque.

## 2.2 Cálculo de cantidad de agente extintor CO<sub>2</sub>

En el Código SSCI en su capítulo V, 2 Especificaciones técnicas, 2.2 Sistemas de anhídrido carbónico, 2.2.1 Cantidad de agente extintor de incendios, 2.2.1.4, se determina:

“(…) el volumen de anhídrido carbónico libre se calculará a razón de 0,56 m<sup>3</sup>/kg.”

Por lo tanto la cantidad de CO<sub>2</sub> necesaria para la protección del espacio será:

$$\text{Volumen para el cálculo de agente extintor} = 1006,2592 \text{ m}^3 \quad (2.2.1)$$

$$\text{Densidad de CO}_2 = 0,56 \text{ m}^3/\text{kg} \quad (2.2.2)$$

$$\text{Cantidad de CO}_2 = \frac{1006,2592}{0,56} = 1.796,8 \text{ kg} \quad (2.2.3)$$

$$\text{Cantidad de CO}_2 = 1796,8 \text{ kg} \quad (2.2.4)$$

### 2.3 Determinación del número de botellas de agente extintor CO<sub>2</sub>

Para la determinación del número de botellas necesarias para el almacenamiento del agente extintor escogeremos, dentro de los catálogos de los fabricantes a nuestra disposición, aquella que nos resulte más útil para este caso.

Se escoge el fabricante “Aguilera Extinción” como el suministrador de los equipos, siendo la capacidad de las botellas de CO<sub>2</sub> de 80 l, a la que le corresponde, a una densidad de llenado de 0,68 kg/l un peso de 54,4 kg y una presión de trabajo de 60 bar (presión de prueba 250 bar).

Siendo la capacidad de las botellas de 54,4 kg, y siendo necesarios 1855,4 kg de CO<sub>2</sub> para la protección de los espacios:

$$\frac{1796,8}{54,4} = 33,03 \quad (2.3.1)$$

$$N^{\circ} \text{ de botellas necesarias} = 33,03 \approx 33 \text{ botellas de CO}_2 \quad (2.3.2)$$

Disponemos de varias configuraciones para el almacenamiento de las botellas de CO<sub>2</sub>, siendo la escogida en batería con las botellas en doble fila y pesaje continuo. Para esta disposición el fabricante ofrece las siguientes configuraciones:

Número de botellas	Config.	Número de botellas	Config.
10	2+3	16	4+4
	2+3		4+4
11	3+3	17	3+3+3
	3+2		3+3+2
12	3+3	18	3+3+3
	3+3		3+3+3
13	3+4	19	3+4+3
	3+3		3+4+2
14	3+4	20	3+4+3
	3+4		3+4+3
15	4+4	21	4+3+4
	4+3		4+3+3

Tabla 2.3.1 – Configuraciones para una disposición de las botellas en “doble fila”

Para alcanzar las 33 botellas necesarias (ecuación 2.3.2) escogemos la configuración de 20 + 13 botellas, es decir:

Número de botellas	Config.	Número de botellas	Config.
10	2+3 2+3	16	4+4 4+4
11	3+3 3+2	17	3+3+3 3+3+2
12	3+3 3+3	18	3+3+3 3+3+3
13	3+4 3+3	19	3+4+3 3+4+2
14	3+4 3+4	20	3+4+3 3+4+3
15	4+4 4+3	21	4+3+4 4+3+3

Tabla 2.3.2 – Elección de las configuraciones para una disposición de las botellas en “doble fila”

Según el fabricante, las medidas de las configuraciones adoptadas son:

Nº de botellas	Configuración	Medidas
20	3+4+3 3+4+3	4,27 × 0,76 × 2,45
13	3+4 3+3	2,95 × 0,76 × 2,2

Tabla 2.3.3 – Medidas y Configuración según el número de botellas

Realizando la disposición de las botellas en el local de CO<sub>2</sub> del buque:

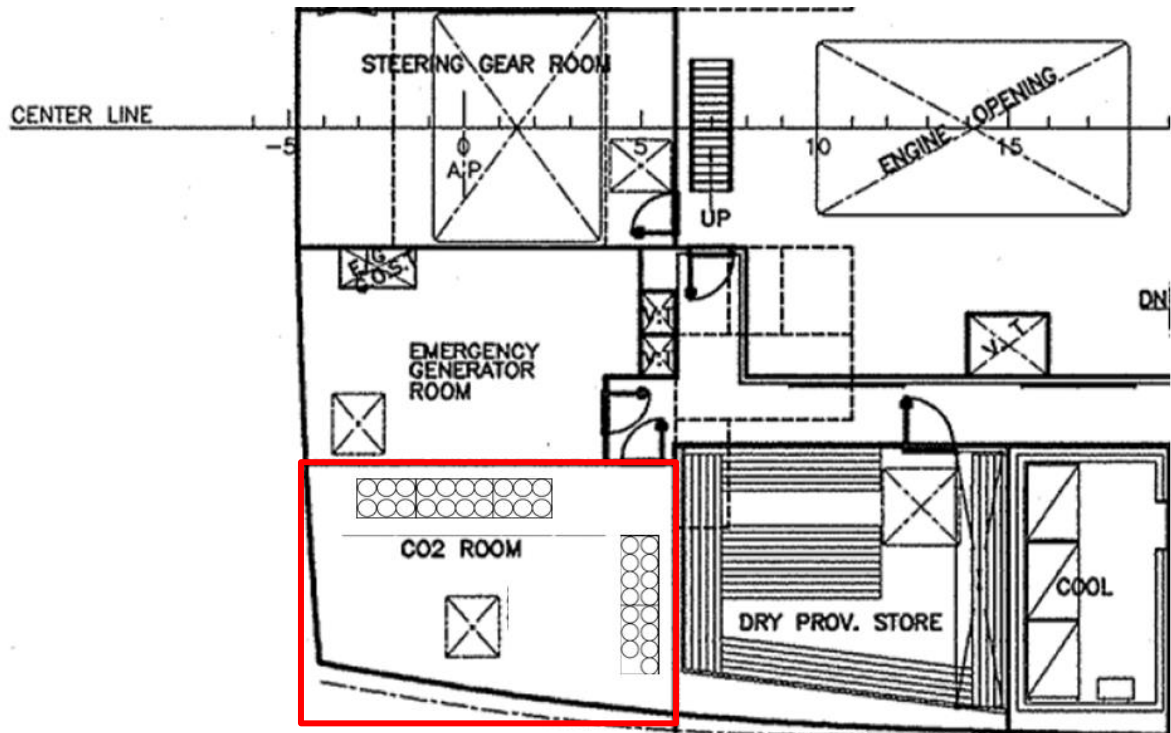


Figura 2.3.1 – Disposición de las botellas en el local de CO<sub>2</sub> del buque

## 2.4 Dimensionamiento de tubería de descarga

Otra de las prescripciones relativas a la descarga del sistema de CO<sub>2</sub> que establece el Código SSCI es la de la descarga de una cantidad determinada del agente extintor en un plazo de tiempo determinado, como se puede leer en su capítulo V, 2 Especificaciones técnicas, 2.2 Sistemas de anhídrido carbónico, 2.2.1 Cantidad de agente extintor de incendios, 2.2.1.5, donde se determina:

*“En los espacios de máquinas, el sistema fijo de tuberías será tal que en un plazo de 2 min pueda descargar el 85% del gas dentro del espacio considerado”*

Calculamos el 85% del anhídrido carbónico necesario (calculado anteriormente en la ecuación 2.2.4):

$$85\% 1796,8 \text{ kg} = 1527,28 \cong 1528 \text{ kg} \quad (2.4.1)$$

El dimensionado de la tubería se realiza normalmente mediante programas informáticos específicos. Sin embargo el fabricante de sistemas de extinción SIEX



plantea un dimensionado aproximado del diámetro de tubería, como podemos ver en la tabla a continuación (Tabla 2.4.1):

Dimensionado Aproximado de Tubería			
Ø	Aplicación Local (30 segundos)	Inundación Total (1 minuto)	Inundación Total (2 minutos)
3/8"	0-18 kg	1-35 kg	1-64 kg
1/2"	19-28 kg	36-56 kg	65-108 kg
3/4"	29-53 kg	57-100 kg	109-200 kg
1"	54-84 kg	101-165 kg	201-325 kg
1 ¼"	85-144 kg	166-286 kg	326-560 kg
1 ½"	145-196 kg	287-392 kg	561-775 kg
2"	197-316 kg	393-625 kg	776-1250 kg
2 ½"	317-530 kg	626-1065 kg	1251-2130 kg
3"	531-735 kg	1066-1462 kg	2131-2930 kg
4"	736-1240 kg	1463-2480 kg	2931-4960 kg

Tabla 2.4.1 – Dimensionado aproximado de tubería

Para la elección del diámetro de tubería necesario para cumplir la prescripción establecida en el Código SSCI, entramos en la tabla con el valor determinado en la ecuación 2.4.1 en la columna relativa a la inundación total en un plazo de dos minutos. Esto da como resultado un diámetro aproximado de tubería de dos pulgadas y media, valor que tomaremos como referencia para la realización de este proyecto.

$$\text{Ø aproximado de tubería} = 2 \frac{1}{2} \text{''} = \text{DN65} \quad (2.4.2)$$

El tipo de tubería de distribución aconsejado será según ASTM/ANSI B.36.10-XS (Tubos sin soldadura en acero al carbono según norma A-53 y A-106) o equivalente, con espesor Schedule 80 (7,01 mm para tubería de 2 ½").

## 2.5 Número, tipo y disposición de los difusores y tubería de descarga

El número de difusores necesarios para la protección de los espacios podemos establecerlo sabiendo el área de protección de un difusor y el área a proteger en cada uno de los locales.

Tomando como referencia al fabricante SIEX, establecemos el área de cobertura de un difusor para inundación total en 25 m<sup>2</sup> (5x5):

$$A_{Dif} = 25m^2 \quad (2.5.1)$$

Las áreas y los difusores necesarios para cada local serán:

- A<sub>1</sub>, Cubierta Superior de Cámara de Máquinas

$$A_1 = 162,24 m^2 \quad (2.5.2)$$

$$\frac{A_1}{A_{Dif}} = \frac{162,4}{25} = 6,4896 \cong 7 \text{ difusores} \quad (2.5.3)$$

- A<sub>2</sub>, Pañol eléctrico

$$A_2 = 54,08 m^2 \quad (2.5.4)$$

$$\frac{A_2}{A_{Dif}} = \frac{54,08}{25} = 2,16 \cong 2 \text{ difusores} \quad (2.5.5)$$

Se debe señalar en este apartado que el Control de la cámara de máquinas no será protegido por el agente extintor CO<sub>2</sub> debido a su carácter asfixiante, siendo necesario el planteamiento de otro tipo de protección para este espacio, el cual no es el objeto del presente Anexo. Sin embargo se ha tenido en cuenta el área del mismo a la hora del cálculo de agente extintor, por ser ésta pequeña y resultando en un pequeño sobredimensionamiento de la cantidad de agente extintor necesario.

Por todo esto, el número de difusores para la protección del pañol eléctrico debe ser reajustado, siendo el número real de difusores necesarios “1 *difusor*”

- A<sub>3</sub>, Taller

$$A_3 = 52,08 \text{ m}^2 \quad (2.5.6)$$

$$\frac{A_3}{A_{Dif}} = \frac{52,08}{25} = 2,112 \cong 2 \text{ difusores} \quad (2.5.7)$$

- A<sub>4</sub>, Local del Generador de Emergencia

$$A_4 = 23,04 \text{ m}^2 \quad (2.5.8)$$

$$\frac{A_4}{A_{Dif}} = \frac{23,04}{25} = 0,9216 \cong 1 \text{ difusor} \quad (2.5.9)$$

- A<sub>5</sub>, Cubierta MMAA´s y Local purificadoras

$$A_5 = 313,96 \text{ m}^2 \quad (2.5.10)$$

$$\frac{A_5}{A_{Dif}} = \frac{313,96}{25} = 12,55 \cong 13 \text{ difusores} \quad (2.5.11)$$

- A<sub>6</sub>, Cubierta del Motor Principal

$$A_6 = 92,4 \text{ m}^2 \quad (2.5.12)$$

$$\frac{A_6}{A_{Dif}} = \frac{92,4}{25} = 3,69 \cong 4 \text{ difusores} \quad (2.5.13)$$

Por tanto, el número de difusores necesarios será de veintiocho difusores repartidos entre los locales de las tres cubiertas de la cámara de máquinas.

$$\text{Difusores Necesarios} = 28 \text{ difusores} \quad (2.5.14)$$



Figura 2.5.1 – Difusores radiales 360° de CO<sub>2</sub> para la Cámara de Máquinas

El tipo de difusor empleado será un difusor radial de 360° (4 orificios a 90° perpendiculares al eje de rosca, figura 2.5.1), el cual produce una descarga en un plano horizontal, perpendicular al eje de rosca de conexión, en todas las direcciones.

El diámetro de los orificios de descarga viene determinado por programas de cálculo por ordenador, lo cual se denomina “calibrado de difusores”. Dicho calibrado se realiza en función de la presión en el difusor y de la cantidad de agente extintor a descargar (caudal de descarga), teniendo por objeto conseguir que cada difusor descargue la cantidad de agente extintor estimada en función de la superficie a proteger, con el fin de obtener una concentración uniforme en todo el riesgo. A falta de dichos programas de cálculo se omitirá dicha calibración en el presente proyecto.

La distribución o posicionamiento de los difusores será lo más uniforme posible, de forma que la superficie protegida por cada uno de ellos sea la misma y lo más cuadrada posible.

La distribución de la red de tuberías y de los difusores puede observarse en la siguiente figura, 2.5.2:

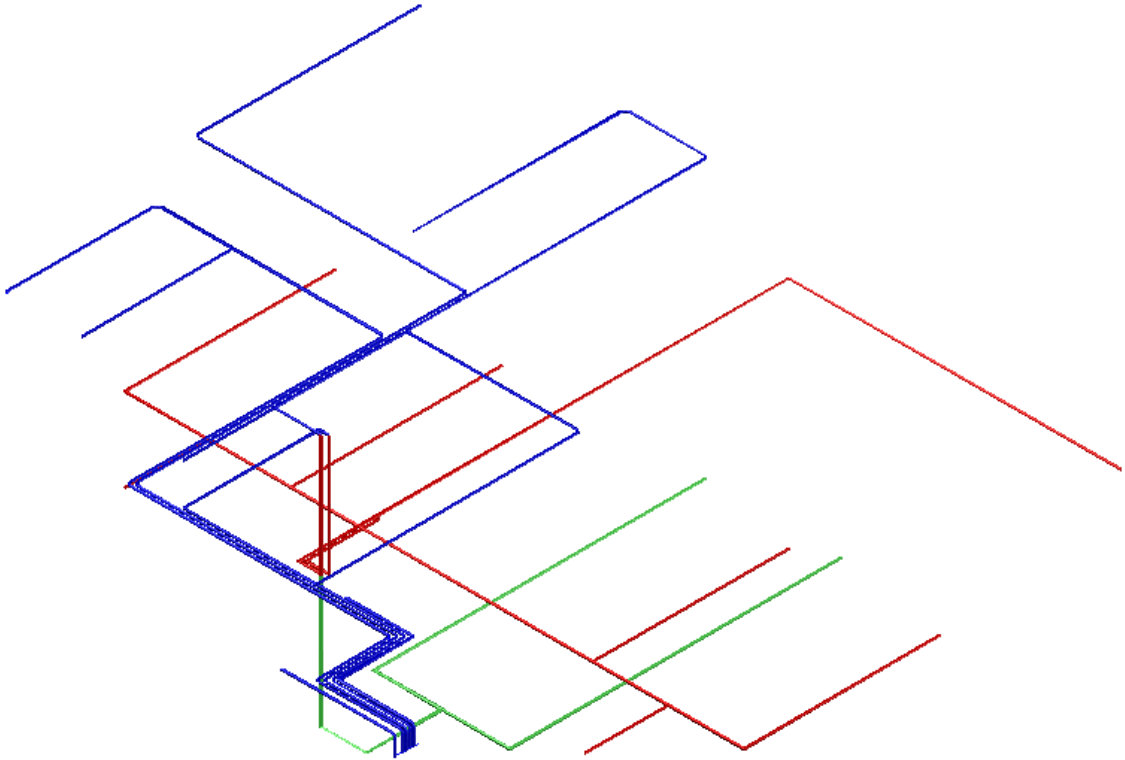


Figura 2.5.2 – Distribución general de tuberías del sistema de CO<sub>2</sub> (Plano 5)

En la figura 2.5.2 el color azul se corresponde con la distribución en la Cubierta Superior de la cámara de máquinas, el rojo con la distribución para la cubierta de MMAA's y Local de purificadoras y el verde con la de la cubierta del Motor Principal, todo ello visto desde una perspectiva isométrica.

Se plantearán pues cinco líneas de tubería que tendrán como objetivo la protección de los siguientes espacios:

- Local de Cámara de Máquinas (MMAA's, MP's y Local Purificadoras)
- Local de Purificadoras
- Local del Generador de Emergencia
- Taller
- Pañol Eléctrico

La distribución de las líneas de tubería del sistema de CO<sub>2</sub>, por cubierta de Cámara de máquinas, pueden consultarse en los planos 6,7 y 8 del presente Trabajo

## 2.6 Medios de control

Al respecto de los medios de control del sistema contra incendios el Código SSCI determina en su capítulo V, 2 Especificaciones técnicas, 2.1 Generalidades, 2.1.3 Prescripciones relativas al control del sistema, 2.1.3.3:

*“Los medios de control de todo el sistema fijo de extinción de incendios por gas serán fácilmente accesibles y de accionamiento sencillo, y estarán agrupados en el menor número posible de emplazamientos, en lugares que no corran el riesgo de quedar aislados por un incendio que se declare en el espacio protegido. En cada uno de esos emplazamientos habrá instrucciones claras relativas al funcionamiento del sistema en las que se tenga presente la seguridad del personal”*

En el punto 2.1.3.4:

*“No se permitirá la descarga automática del agente extintor de incendios, salvo que la autorice la Administración”*

Además, en el punto 2.2.2 Mandos se establece:

*“Los sistemas de anhídrido carbónico cumplirán las prescripciones siguientes:*

- 1. Se instalarán dos mandos separados para la descarga de anhídrido carbónico en un espacio protegido y para garantizar la activación de la alarma. Un mando se utilizará para abrir la válvula de las tuberías que conducen el gas hacia el espacio protegido y el otro se utilizará para descargar el gas de las botellas; y*
- 2. Los dos mandos estarán situados dentro de una caja en la que se indique claramente el espacio al que corresponda. Si la caja que contiene los mandos debe estar cerrada con llave, ésta se dejará en un receptáculo con tapa de vidrio que pueda romperse, colocado de manera bien visible junto a la caja.”*

El paso a cada línea será comandado por una válvula direccional, dispositivo que permite el empleo de un sistema centralizado de cilindros para la protección de varias áreas al mismo tiempo. Es un dispositivo neumático que se abre automáticamente cuando se activa el botellín piloto.



Figura 2.5.3 – Válvula direccional (a la izquierda de la imagen) y batería de botellas, con botellín piloto y válvulas direccionales.

## 2.8 Alarma

En lo relativo a la alarma que generará el sistema con anterioridad a su uso el Código SSCI en su capítulo V, 2 Especificaciones técnicas, 2.1 Generalidades, 2.1.3 Prescripciones relativas al control del sistema, 2.1.3.2, establece:

*“Se proveerán los medios necesarios para que una señal acústica automática indique la descarga del agente extintor de incendios en un espacio de carga rodada o en cualquier otro espacio en el que habitualmente haya personal trabajando o a que éste tenga acceso. La alarma previa a la descarga se activará automáticamente, (por ejemplo, al abrir la puerta del dispositivo de descarga). La alarma sonará durante un tiempo suficiente para abandonar el espacio, y en cualquier caso, 20 segundos por lo menos antes de que se produzca la descarga*

*del agente extintor. No obstante, en los espacios de carga tradicionales y en los espacios pequeños (tales como cámaras de compresores, pañoles de pinturas, etc.) en que sólo se vaya a producir una descarga local, no es necesario contar con tal alarma automática”*



## 2.7 Bibliografía

- Código SSCI, Código Internacional de Sistemas de Seguridad Contra Incendios
- UNE-EN 15004-1:2009, Sistemas fijos de lucha contra incendios, Sistemas de extinción mediante agentes gaseosos, Parte 1: Diseño, instalación y mantenimiento
- MISEGO LPG, Técnicas en Extinción de Incendios S.A
- SIEX, grupo KOMTES
- AGUILERA EXTINCIÓN, Manual de instalación y mantenimiento para sistemas CO<sub>2</sub>

**“TÍTULO: CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO  
ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO<sub>2</sub> Y  
FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE  
18700 t DE DESPLAZAMIENTO”**

---

**ANEXO II: CÁLCULOS PARA UN SISTEMA  
CONTRAINCENDIOS FM-200**

---

**FECHA: JUNIO 2015**

**AUTOR: EL ALUMNO**

**Fdo.: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ**

**ÍNDICE ANEXO II**

3. CÁLCULOS PARA UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS FM-200	3
3.1 Espacios a proteger	3
3.1.2 Cálculo del volumen de espacios a proteger	3
3.1.2.1 Corrección del valor de volumen de espacios a proteger	4
3.2 Normativa aplicable	4
3.2.1 Resolución IMO 848 (1998) y Enmiendas (2008)	4
3.2.2 UNE-EN 15004-5:2009	6
3.3 Cantidad de agente extintor requerido	7
3.4 Determinación del número de botellas de agente extintor FM-200	8
3.5 Dimensionado de tubería de descarga	9
3.6 Número, tipo y disposición de los difusores y tubería de descarga	10
3.6.1 Disposición de tubería de descarga	14
3.7 Bibliografía	17

### 3. CÁLCULOS PARA UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS FM-200

#### 3.1 Espacios a proteger

Los espacios a proteger por el sistema contraincendios con FM-200 serán los mismos que mediante el sistema contraincendios basado en CO<sub>2</sub>, y reflejados en el punto 2.1 del Anexo I del presente Trabajo, a los que sumaremos el Control de la Cámara de Máquinas.

El motivo de la inclusión del Control de la Cámara de Máquinas en los espacios a proteger por este agente extintor es debido a su carácter no asfixiante, al contrario que el dióxido de carbono, lo que imposibilitaba su protección al estar éste ocupado normalmente por personal.

##### 3.1.2 Cálculo del volumen de espacios a proteger

El volumen de espacios a proteger por el sistema extintor de FM-200 será el mayor de los volúmenes correspondiente a los espacios a proteger, de acuerdo con lo prescrito en el Código SSCI en su Capítulo V “Sistemas fijos de extinción de incendios por gas”, parte 2 “Especificaciones técnicas”, 2.1 “Generalidades”, 2.1.1 “Agente extintor de incendios”, 2.1.1.1:

*“Cuando se necesite que el agente extintor proteja más de un espacio, no hará falta que la cantidad del agente extintor disponible sea mayor que la máxima prescrita para cualquiera de los espacios protegidos”*

Será pues, sumando el volumen correspondiente a la cubierta superior del Local de Cámara de Máquinas, cubierta de Motores Auxiliares y Purificadoras y cubierta de Motor Principal, el volumen (en m<sup>3</sup>) de los espacios a proteger que se empleará para los cálculos necesarios en este Anexo:

$$V = 692,2029 + 778,337 + 162,24 = 1632,779 \text{ m}^3 \quad (3.1.2.1)$$

$$\text{Volumen para el cálculo de agente extintor} = 1632,779 \text{ m}^3 \quad (3.1.2.2)$$

### 3.1.2.1 Corrección del valor de volumen de espacios a proteger

Al cálculo del volumen del Local de Cámara de Máquinas ha de aplicársele una corrección que deriva de lo dispuesto en la UNE-EN 15004-5 2009 en su *Tabla 3 – “Cálculo de Cantidad de HFC 227ea para inundación total”*:

*V es el volumen neto de riesgo (en metros cúbicos), es decir, el volumen del recinto menos las estructuras fijas impermeables al agente extintor.*

Fijamos el volumen correspondiente a dichas estructuras fijas (o equipos) en un 30% del valor de volumen del Local de Cámara de Máquinas.

$$\begin{aligned} V &= 1632,779 - 30\%(1632,779) = 1632,779 - 489,833 \\ &= 1142,945 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (3.1.2.1.3)$$

Por lo tanto, y tras las correcciones pertinentes, el volumen a efectos de cálculo en el presente Anexo será:

$$V = 1142,945 \text{ m}^3 \quad (3.1.2.4)$$

## 3.2 Normativa aplicable

La reglamentación específica relativa a este tipo de sistemas viene recogida en los siguientes puntos.

### 3.2.1 Resolución IMO 848 (1998) y Enmiendas (2008)

La Resolución IMO 848 (1998) y sus enmiendas (2008), relativa a las directrices de aprobación para sistemas fijos de extinción de incendios equivalentes para espacios de máquinas y cámaras de bombas de carga establece:

#### ***“Requerimientos principales***

**3** (...) *La concentración de diseño debe ser de al menos un 30% por encima de la concentración mínima de extinción. (...)*

*4 Para sistemas que empleen agentes limpios basados en halocarbonos, el 95% de la concentración de diseño será descargada en 10 s o menos. (...)*

*5 La cantidad de agente extintor para la protección del espacio será calculado a la temperatura ambiente mínima esperada, usando la concentración de diseño basada en el volumen neto del espacio protegido.*

### **Métodos de cálculo**

#### **3.4.2 Agente extintor**

##### **3.4.2.3 Cantidad de agente extintor**

*La cantidad de agente extintor será determinada de la siguiente manera:*

##### **3.4.2.3.1 Agentes extintores halogenados**

$$m = \left( \frac{c}{100 - c} \right) \times \frac{V}{S} \quad (3.2.1.1)$$

*Donde:*

*m: Masa del agente extintor, en kg*

*V: Volumen neto de riesgo, en m<sup>3</sup>, es decir, el volumen del recinto menos las estructuras fijas impermeables al agente extintor*

*S: Volumen específico del vapor del agente extintor a temperatura y presión del espacio a proteger, en kg/m<sup>3</sup>*

*c: Concentración de agente extintor, en tanto por ciento del volumen*

#### **3.5.4 Duración de la protección**

##### **3.5.4.2 Tiempo de descarga**

*.1 Los agentes extintores halogenados descargarán con un caudal suficiente que permita la descarga del 95% de la cantidad de agente extintor en 10 s o menos*

### 3.5.4.3 Tiempo de estanqueidad

Tras la descarga del agente extintor el recinto a proteger permanecerá estanco 15 minutos.”

Las enmiendas a la Resolución IMO 848 establecen:

“6 Todos los sistemas serán diseñados para permitir la evacuación de los espacios protegidos con anterioridad a la descarga. Esto significa que se deberán proveer sistemas automáticos que proporcionen alarmas visuales y audibles de la inminente descarga del medio extintor en todos aquellos espacios en los que el personal trabaje o en aquellos a los que tenga acceso. La alarma operará durante un período adecuado para que se realice la evacuación del espacio, pero nunca menor a 20 s antes de la descarga del agente extintor. Las exposiciones innecesarias, incluso a concentraciones por debajo de los niveles dañinos, serán evitadas.”

### 3.2.2 UNE-EN 15004-5:2009

En cuanto a las regulaciones establecidas por esta normativa, aparte de las relativas al almacenamiento del agente extintor (al cual deberá atender el fabricante del equipo), nos fijaremos en la información toxicológica relativa al HFC 227 ea, la cual corresponde a la Tabla 5 – “Información toxicológica relativa al HFC 227 ea”:

Propiedad	Valor % en volumen
ALC*	>80 en 20% O <sub>2</sub>
Nivel de efecto adverso no observado (NOAEL)	9,0
Nivel inferior de efecto adverso observado (LOAEL)	10,5
*ALC es la concentración letal para una población de ratas durante una exposición de 4h	

Tabla 3.2.2.1 – Información toxicológica del HFC 227 ea

Cabe destacar en cuanto a la tabla 3.2.2.1 que la concentración de diseño requerida para la protección de los espacios será ligeramente superior al LOAEL, como podemos ver en la ecuación 3.3.3, siendo ésta de un 11,05% del volumen del local. Analizaremos esto en el Anexo III del presente Trabajo, correspondiente a las conclusiones derivadas de la comparativa entre ambos sistemas, CO<sub>2</sub> y FM-200.

### 3.3 Cantidad de agente extintor requerido

Estableciendo para la cámara de máquinas una concentración de diseño mínima requerida del 8,5% (Riesgo superior de clase A) con su correspondiente aumento prescrito por la Resolución IMO 848 de un 30%; determinando como el mayor volumen de riesgo a proteger el Local de Cámara de Máquinas menos un 30% correspondiente a estructuras o equipos impermeables al agente extintor; siendo el volumen específico del agente extintor su correspondiente a una temperatura de 50°C y a una presión de 1,013 bar y aplicando la fórmula 2.3.1 para el cálculo de la cantidad de agente extintor necesario:

$$m = \left( \frac{c}{100 - c} \right) \times \frac{V}{S} \quad (3.3.1)$$

$$m: \text{Cantidad de agente extintor requerido} \quad (3.3.2)$$

$$c: 8,5\% + 30\% = 11,05\% \quad (3.3.3)$$

$$V = 692,2029 + 778,337 + 162,24 = 1632,779 \text{ m}^3 \quad (3.3.4)$$

$$V = 1632,779 - 30\%(1632,779) = 1632,779 - 489,833 = 1142,945 \text{ m}^3 \quad (3.3.5)$$

$$S = 0,1527 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ (a } 50^\circ\text{C y } 1,013 \text{ bar)} \quad (3.3.6)$$

$$m = \left( \frac{11,05}{100 - 11,05} \right) \times \frac{1142,945}{0,1527} \quad (3.3.7)$$

$$m = 929,82 \text{ kg} \cong 930 \text{ kg} \quad (3.3.8)$$

Como podemos ver en la ecuación 3.3.8, la cantidad de agente extintor FM-200 para la protección de los espacios será de 930 kilogramos. Este cálculo



está realizado para la protección del mayor de los espacios de riesgo, siendo éste el Local de la Cámara de Máquinas, comprendiendo la cubierta superior de la cámara de máquinas, cubierta de motores auxiliares y local de purificadoras y cubierta de motor principal.

### 3.4 Determinación del número de botellas de agente extintor FM-200

Escogiendo al fabricante SIEX como suministrador de los equipos necesarios para el sistema de extinción mediante FM-200 y consultando los catálogos correspondientes a este sistema, escogemos botellas de almacenamiento a alta presión (42 bares) de 80 l con una densidad de llenado de 1,15 kg/l, lo que resulta en una masa de 92 kg por botella. Siendo la cantidad de agente extintor necesario la correspondiente a la ecuación 2.3.8 (930 kg):

$$\frac{930}{92} = 10,1 \quad (3.4.1)$$

$$N^{\circ} \text{ de botellas necesarias} = 10,1 \cong 11 \text{ botellas de FM200} \quad (3.4.2)$$

Escogemos una configuración de batería de botellas en simple fila "4+4+3" con la que alcanzamos las 11 botellas necesarias. Las características de las baterías son:

Batería	Largo (mm)	Alto (mm)	Fondo (mm)	Ø (mm)
4 botellas	1317	2150	337	2 ½"
3 botellas	967	2150	337	2 ½"

Tabla 3.4.1 – Características de las baterías

El almacenamiento de las botellas se realizará en el mismo local en el que se realizaba el de CO<sub>2</sub> (Figura 2.3.3 del Anexo I).



Figura 3.4.1 – Batería de cuatro botellas en simple fila del fabricante SIEX

Como se puede observar en la Figura 3.4.1, cada batería de botellas descargará a un colector común para cada uno de ellas, donde se realizará la conexión a la línea de tubería de distribución.

### 3.5 Dimensionado de tubería de descarga

Con las tablas proporcionadas por el fabricante SIEX para el dimensionado preliminar de la tubería de descarga (tabla 3.5.1) (teniendo siempre en cuenta que el dimensionado real se realizaría mediante cálculo hidráulico con software específico) y con la distribución en baterías que hemos determinado en el punto 3.4 del presente Anexo (3 baterías, 4+4+3):

Dimensionado Aproximado de Tubería		
Ø	Carga 24 bar	Carga 42 bar
3/8"	0-8 kg	0-11 kg
1/2"	5-14 kg	12-24 kg
3/4"	9-27 kg	25-36 kg
1"	15-39 kg	36-47 kg
1 ¼"	26-60 kg	48-116 kg
1 ½"	39-90 kg	117-194 kg
2"	60-150 kg	195-310 kg
2 ½"	90-260 kg	311-480 kg
3"	150-420 kg	481-645 kg
4"	260-570 kg	646-780 kg
5"	420-1000 kg	
6"	570-1400 kg	

Tabla 3.5.1 Dimensionado aproximado de tubería para la descarga en 10s de la cantidad de agente extintor indicada

Determinamos como adecuada una tubería con un diámetro de dos pulgadas y media, que será de tipo ASTM/ANSI B.36.10-XS sin soldadura y espesor Schedule 40 (5,16 mm para tubería de 2 ½")

$$\text{Ø aproximado de tubería} = 2 \frac{1}{2} \text{ " } = \text{DN65} \quad (3.5.1)$$

### 3.6 Número, tipo y disposición de los difusores y tubería de descarga

El número de difusores necesarios para la protección de los espacios podemos establecerlo sabiendo el área de protección de un difusor y el área a proteger en cada uno de los locales.

Tomando como referencia al fabricante SIEX, establecemos el área de cobertura de un difusor para inundación total en  $81 \text{ m}^2$  ( $9 \times 9$ ) en:

$$A_{Dif} = 81 \text{ m}^2 \quad (3.6.1)$$

- $A_1$ , Cubierta Superior de Cámara de Máquinas

$$A_1 = 162,24 \text{ m}^2 \quad (3.6.2)$$

$$\frac{A_1}{A_{Dif}} = \frac{162,4}{81} = 2,004 \cong 2 \text{ difusores} \quad (3.6.3)$$

- $A_2$ , Control de Cámara de Máquinas y Pañol eléctrico

$$A_2 = 54,08 \text{ m}^2 \quad (3.6.4)$$

$$\frac{A_2}{A_{Dif}} = \frac{54,08}{81} = 0,667 \cong 1 \text{ difusor} \quad (3.6.5)$$

Estando este espacio compuesto por dos estancias, aunque por cálculos (ecuaciones 3.6.4 y 3.6.5) obtenemos como suficiente la disposición de un difusor para la protección del espacio, colocaremos dos difusores, estando uno destinado para la protección del pañol eléctrico y otro para el control de la cámara de máquinas.

- $A_3$ , Taller

$$A_3 = 52,08 \text{ m}^2 \quad (3.6.6)$$

$$\frac{A_3}{A_{Dif}} = \frac{52,08}{81} = 0,6429 \cong 1 \text{ difusor} \quad (3.6.7)$$

- $A_4$ , Local del Servo

$$A_4 = 25,6 \text{ m}^2 \quad (3.6.8)$$

$$\frac{A_4}{A_{Dif}} = \frac{25,6}{81} = 0,3116 \cong 1 \text{ difusor} \quad (3.6.9)$$

- $A_5$ , Local del Generador de Emergencia

$$A_5 = 23,04 \text{ m}^2 \quad (3.6.10)$$

$$\frac{A_5}{A_{Dif}} = \frac{23,04}{81} = 0,2844 \cong 1 \text{ difusor} \quad (3.6.11)$$

- $A_6$ , Cubierta MMAA's y Local purificadoras

$$A_6 = 313,96 \text{ m}^2 \quad (3.6.12)$$

$$\frac{A_6}{A_{Dif}} = \frac{313,96}{81} = 3,87 \cong 4 \text{ difusores} \quad (3.6.13)$$

- $A_7$ , Cubierta del Motor Principal

$$A_7 = 92,4 \text{ m}^2 \quad (3.6.14)$$

$$\frac{A_7}{A_{Dif}} = \frac{92,4}{81} = 1,14 \cong 2 \text{ difusores} \quad (3.6.15)$$

Por tanto, el número de difusores necesarios será de doce difusores repartidos entre los locales de las tres cubiertas de la cámara de máquinas.



Figura 3.6.1 – Distintos tamaños de difusores para FM-200 del fabricante SIEX

El difusor empleado para la protección de los espacios será del fabricante SIEX, y variará en tamaño en función del espacio a proteger. Su posición en los locales será la adecuada para la máxima cobertura de la superficie.

Al igual que los difusores de CO<sub>2</sub>, el diámetro de los orificios vendrá determinado por programas de cálculo por ordenador (calibrado de difusores). Mediante dicho calibrado lograremos un caudal de descarga adecuado y la concentración de agente extintor óptima para la protección del espacio.

### 3.6.1 Disposición de tubería de descarga

Para la distribución del agente extintor se plantean ocho líneas de tubería, que tendrán su inicio en el local destinado al almacenamiento del mismo.

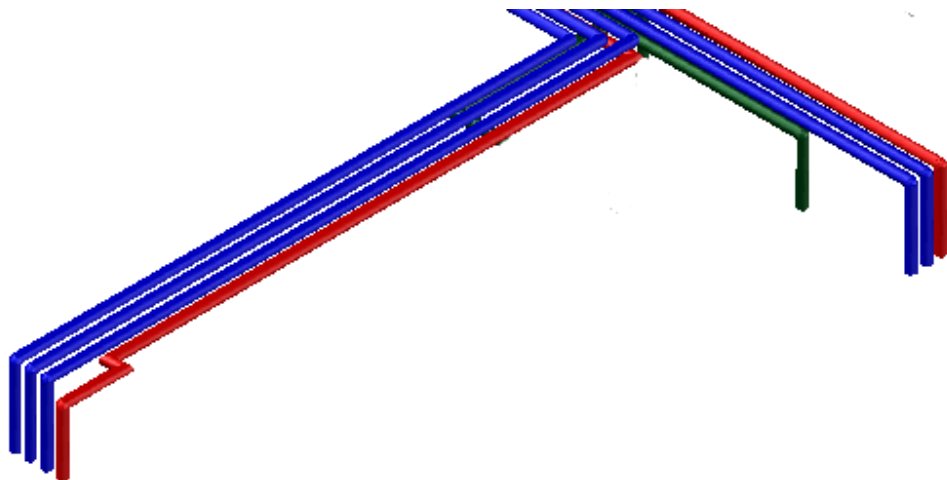


Figura 3.6.1.1 – Local de almacenamiento de FM-200 con las líneas de distribución salientes del local

En dicho local estarán dispuestas las tres baterías mencionadas en el punto 3.4 del presente trabajo, a las que llegarán las líneas de tubería de la manera que sigue:

- Batería a popa (4 botellas):
  - Local de Generador de Emergencia
  - Local del Servomotor
  - Taller de Cámara de Máquinas
  - Cubierta de Motores Auxiliares (rojo)

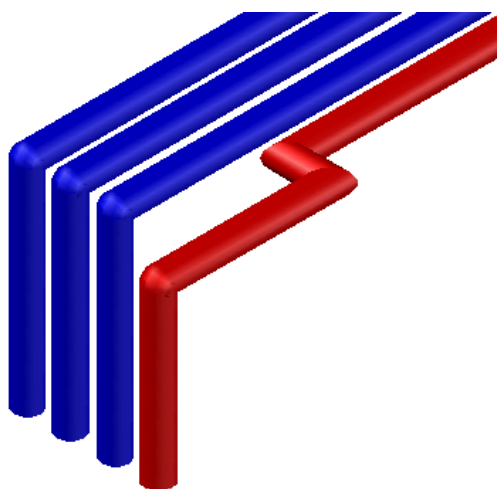


Figura 3.6.1.2 – Líneas de tubería a batería de FM-200 de popa

- Batería de Estribor (4 botellas):
  - Cubierta Principal de Cámara de Máquinas
  - Local de Purificadoras (roja)
  - Control de Cámara de Máquinas y Pañol Eléctrico

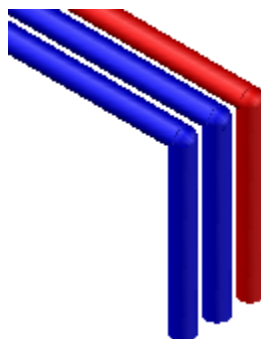


Figura 3.6.1.3 – Líneas de tubería a batería de FM-200 de estribor

- Batería de Proa (3 botellas):
  - Cubierta del Motor Principal (verde)

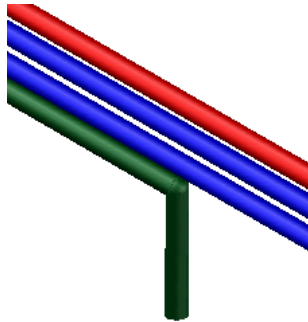


Figura 3.6.1.4 – Línea de tubería a batería de FM-200 de proa

El paso a cada línea de tubería estará comandado por válvulas direccionales, produciéndose una descarga conjunta de tres líneas (Cubierta Principal, Cubierta de Auxiliares y Cubierta de Motor Principal) en caso de incendio general en cámara de máquinas.

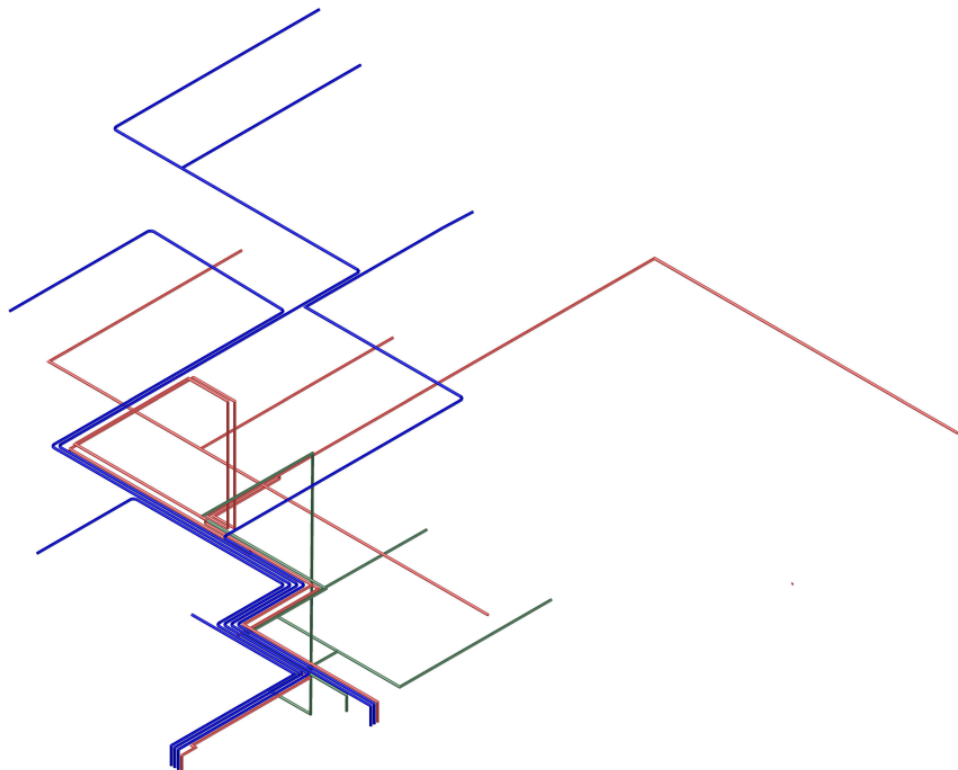


Figura 3.6.5 – Distribución general de tuberías de distribución de FM-200 (Plano 9)



La línea de tubería que realiza la distribución hacia el local de purificadoras es compartida para una descarga general en el local de cámara de máquinas y para una descarga individual en dicho local. Para poder compartir dicha línea de tubería se dispondrá de una válvula antirretorno tras la unión entre ambas líneas.

La distribución de las líneas de tubería del sistema de FM200, por línea de descarga, pueden consultarse en los planos 10, 11 y 12 del presente Trabajo.

### 3.7 Bibliografía

- Código SSCI, Código Internacional de Sistemas de Seguridad Contra Incendios
- Resolución IMO 848 (1998) y Enmiendas (2008)
- UNE-EN 15004-1:2009, Sistemas fijos de lucha contra incendios, Sistemas de extinción mediante agentes gaseosos, Parte 1: Diseño, instalación y mantenimiento
- UNE-EN 15004-5:2009, Sistemas fijos de lucha contra incendios, Sistemas de extinción mediante agentes gaseosos, Parte 5: Propiedades físicas y diseño de sistemas de extinción mediante agentes gaseosos con HFC 227 ea
- MISEGO LPG, Técnicas en Extinción de Incendios S.A
- SIEX, grupo KOMTES

**“TÍTULO: CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO  
ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO<sub>2</sub> Y  
FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE  
18700 t DE DESPLAZAMIENTO”**

---

**ANEXO III: CONCLUSIONES**

---

FECHA: **JUNIO 2015**

AUTOR: EL ALUMNO

Fdo.: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ

## ÍNDICE ANEXO III

4. CONCLUSIONES

3

#### 4. CONCLUSIONES

Como hemos podido observar en la Memoria del presente TFG, a nivel constructivo ambos sistemas son similares, constando los dos de:

- Botellas de almacenamiento
- Herraje
- Válvula de descarga
- Sistema de pesaje continuo
- Válvulas direccionales
- Colector de descarga
- Tubería de distribución
- Difusores
- Sistema de alarma y control

Sin embargo, a nivel técnico presentan ciertas diferencias:

Característica	CO <sub>2</sub>	FM200
Presión de trabajo	60 bar	42 bar
Densidad de llenado de botellas	0,68 kg/l	1,15 kg/l
Cantidad de agente extintor	1796,8 kg	930 kg
Volumen de las botellas	80 l	80 l
Nº de botellas requeridas	33	11
Tiempo de descarga	2 min (85% del total de agente extintor)	10s (95% del total de agente extintor)
Ø tubería	2 ½"	2 ½"
Tipo de tubería	ASTM/ANSI B.36.10-XS	ASTM/ANSI B.36.10-XS
Espesor	Schedule 80 (7,01 mm)	Schedule 40 (5,16 mm)

Tabla 4.1 – Comparativa entre sistemas

Área de cobertura de difusor	5 x 5 (25m <sup>2</sup> )	9 x 9 (81m <sup>2</sup> )
Número de difusores	28	12
Carácter	Asfixiante	No asfixiante

Tabla 4.2 – Comparativa entre sistemas (2)

Como podemos observar en las tablas comparativas 4.1 y 4.1:

- **Presión de trabajo:** La presión de trabajo es menor en el caso del sistema de FM200, lo que se traduce en menores esfuerzos en la línea de tubería y accesorios durante la descarga, a su vez permitiendo reducir el espesor de las tuberías de descarga.
- **Densidad de llenado de las botellas:** La densidad de llenado es superior en el caso del sistema de FM-200, lo que permite una mayor cantidad de agente extintor almacenado en un número menor de botellas. Esto indica un mayor peso por botella de agente extintor, reduciendo su manejabilidad, algo que se compensa al ser menor el número de botellas que se han de estibar.
- **Cantidad de agente extintor:** La cantidad de agente extintor necesario para la protección de los espacios es menor en el caso del sistema de FM200, principalmente debido a que los requerimientos normativos permiten que la cantidad de agente extintor no sea mayor que la necesaria para el mayor volumen a proteger.
- **Volumen de las botellas:** El volumen de las botellas será el mismo para ambos sistemas, siendo ésta una decisión tomada para una adecuada comparativa entre ambos sistemas.
- **Número de botellas requeridas:** Debido a la menor cantidad de agente extintor necesario y una densidad de llenado mayor en el caso del FM200, el nº de botellas necesarias es menor en este caso.
- **Tiempo de descarga:** Esta es una característica del sistema de FM200 muy ventajosa con respecto al sistema de CO<sub>2</sub>. Produciéndose la descarga del agente extintor en 10s tras la activación de la descarga del mismo,

podemos asegurar que este sistema proporciona una mayor seguridad y rapidez de actuación en caso de incendio en cualquiera de los locales a proteger. Por el contrario, el sistema de CO<sub>2</sub> realiza la descarga, tras la activación del sistema, en 2 minutos.

- **Diámetro de tubería:** En ambos casos el diámetro preliminar determinado será de dos pulgadas y media.
- **Tipo de tubería:** Para ambos sistemas el tipo de tubería recomendado es ASTM/ANSI B.36.10-XS.
- **Espesor:** Para el sistema de CO<sub>2</sub> se recomienda un espesor de tubería Schedule 80 (7,01 mm) para soportar las altas presiones del sistema, mientras que en el sistema de FM200 será Schedule 40 (5,16 mm). En caso de plantearse un cambio de un sistema a otro podría aprovecharse la distribución de tubería del CO<sub>2</sub>, ya que al ser de un espesor mayor y trabajar a una presión menor en el caso del sistema de FM200 no presentaría inconveniente alguno.
- **Área de cobertura del difusor:** El área de cobertura de los difusores en el sistema de FM200 será de 81 m<sup>2</sup> por los 25 m<sup>2</sup> de los difusores en el sistema de CO<sub>2</sub>. Esto repercute en un número menor de difusores para la protección de los espacios.
- **Número de difusores:** Como comentamos en el punto anterior, el número de difusores necesarios será menor en el caso del FM200 (12) con respecto al sistema de CO<sub>2</sub> (28).
- **Carácter:** El carácter asfixiante del CO<sub>2</sub> como agente extintor es un gran inconveniente a tener en cuenta en este tipo de sistemas. Antes de la descarga del agente extintor ha de asegurarse que no queda nadie en el local al que se descarga, ya que esto supondría un desenlace fatal. Además, durante la descarga del CO<sub>2</sub> se produce una reducción de la temperatura del local, reduciéndose la visibilidad y presurizándose el espacio debido a las altas presiones de descarga. Por el contrario, el FM200 permite una evacuación segura, no reduciendo el oxígeno ni disminuyendo la temperatura del local, permitiendo una buena visibilidad y con menores sobrepresiones que con el sistema de CO<sub>2</sub>.

Como hemos podido observar a lo largo del presente Trabajo de Fin de Grado, el agente extintor FM200 y su sistema asociado tienen unas características que, desde un punto de vista técnico, superan en eficacia y capacidades al de CO<sub>2</sub>. Desde el punto de vista económico, aunque no ha sido abordado, hay que resaltar que el sistema de FM200 es más barato que el sistema de CO<sub>2</sub>, tanto por las características de los equipos que lo componen (presentan unas especificaciones menos exigentes que en el caso del CO<sub>2</sub>), como por el precio de individual de los mismos, que también es inferior.

También hay que destacar que, en caso de que la instalación del sistema de FM200 se haga desde el momento de la construcción del buque en astillero, este sería un sistema recomendable. Si se plantease una reconversión del sistema a posteriori, ésta podría ser una alternativa a tener en cuenta, ya que gran parte del sistema de CO<sub>2</sub> podría ser aprovechado, aumentando las capacidades de extinción y locales a proteger por el nuevo agente extintor FM200, así como la seguridad del mismo.

Un precedente reciente de la instalación de un sistema de FM200 es durante la varada en Navantia-Ferrol del buque Monforte de Lemos (primer cuatrimestre de 2015). La instalación se realizó en un local destinado a elementos informáticos, situado como un anexo en la cubierta de popa, y en relación con la instalación en el buque de una planta de procesado de crudo para el análisis de calidad y caudal del crudo obtenido de un pozo petrolífero.

Considerando todo lo anteriormente expuesto, podemos considerar el agente extintor FM200 y su sistema asociado como un sustituto adecuado de sistemas de CO<sub>2</sub> para locales de cámara de máquinas, sean éstos o no normalmente ocupados por el personal del buque.



**“TÍTULO: CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO  
ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO<sub>2</sub> Y  
FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE  
18700 t DE DESPLAZAMIENTO”**

---

**BIBLIOGRAFÍA GENERAL**

---

FECHA: **JUNIO 2015**

AUTOR: EL ALUMNO

Fdo.: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ

## **BIBLIOGRAFÍA GENERAL**

- UNE-EN 15004-1:2009, Sistemas fijos de lucha contra incendios, Sistemas de extinción mediante agentes gaseosos, Parte 1: Diseño, instalación y mantenimiento
- UNE-EN 15004-5:2009, Sistemas fijos de lucha contra incendios, Sistemas de extinción mediante agentes gaseosos, Parte 5: Propiedades físicas y diseño de sistemas de extinción mediante agentes gaseosos con HFC 227 ea
- Código SSCI, Código Internacional de Sistemas de Seguridad Contra Incendios
- SOLAS Capítulo II-2
- Resolución IMO 848 (1998) y Enmiendas (2008)
- NFPA 12 “Carbon Dioxide Extinguishing Systems”
- NFPA 2001 “Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems”
- Bureau Veritas “Rules for the Classification of Steel Ships”, Part C – Machinery, Electricity, Automation and Fire Protection, Chapter 4
- “Bulkcarrier Practice” – Captain Jack Isbester
- “Shanghai Merchant Ship Design & Research Institute, CSSC, SDARI”
- Informe de la OMI de septiembre de 1999 sobre la seguridad en los graneleros
- Taizhou Olinko Imp. & Exp. Co., Ltd.
- “Shipping Statistics and Market Review” Volume 55 No 4 – 2011 , Institute of Shipping Economics and Logistics
- “Shipping Statistics and Market Review” Volume 56 No 4 – 2012 , Institute of Shipping Economics and Logistics
- Review of Maritime Transport 2013 – United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD
- Manual de Formación contra incendios, Sección 1, I.C Brindle & Co. Ltd
- Janus Fire Systems
- SIEX HFC Manual
- Bettati ANTINCENDIO, HFC-227ea Extinguishing System DESIGN MANUAL

- “Manual de Seguridad Contra incendios”, Colegio de ingenieros técnicos de Barcelona
- Agentes extintores HFC-227ea y FE-13, Aguilera extinction
- Argotec CO<sub>2</sub> Systems
- MISIEGO LPG Tecnicas en Extinción de incendios S.A
- Fireboy – Xintex Marine Safety Systems
- TESEIN Naval
- SIEX, grupo KOMTES
- AGUILERA EXTINCIÓN, Manual de instalación y mantenimiento para sistemas CO<sub>2</sub>

**“TÍTULO: CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO  
ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO<sub>2</sub> Y  
FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE  
18700 t DE DESPLAZAMIENTO”**

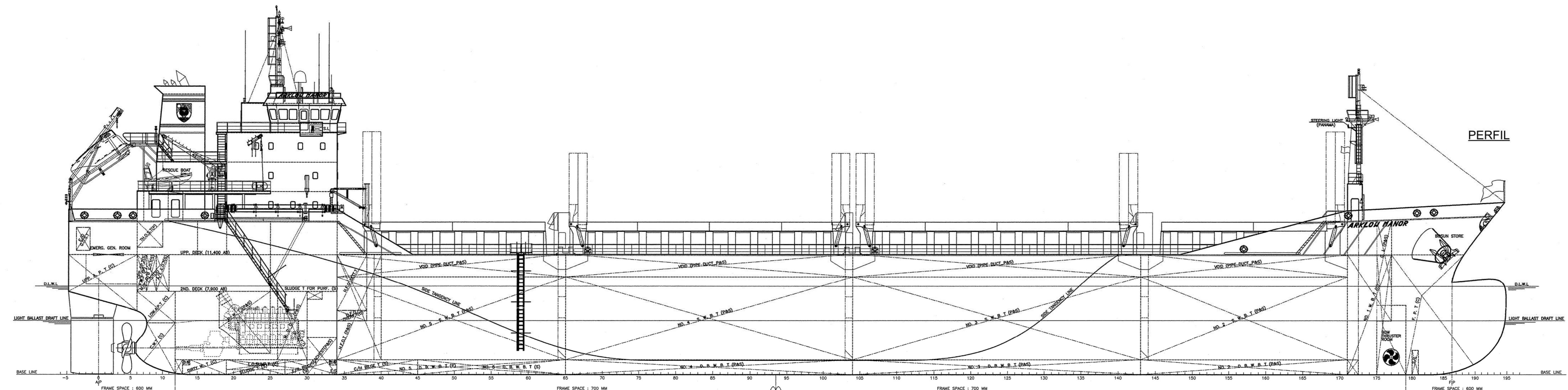
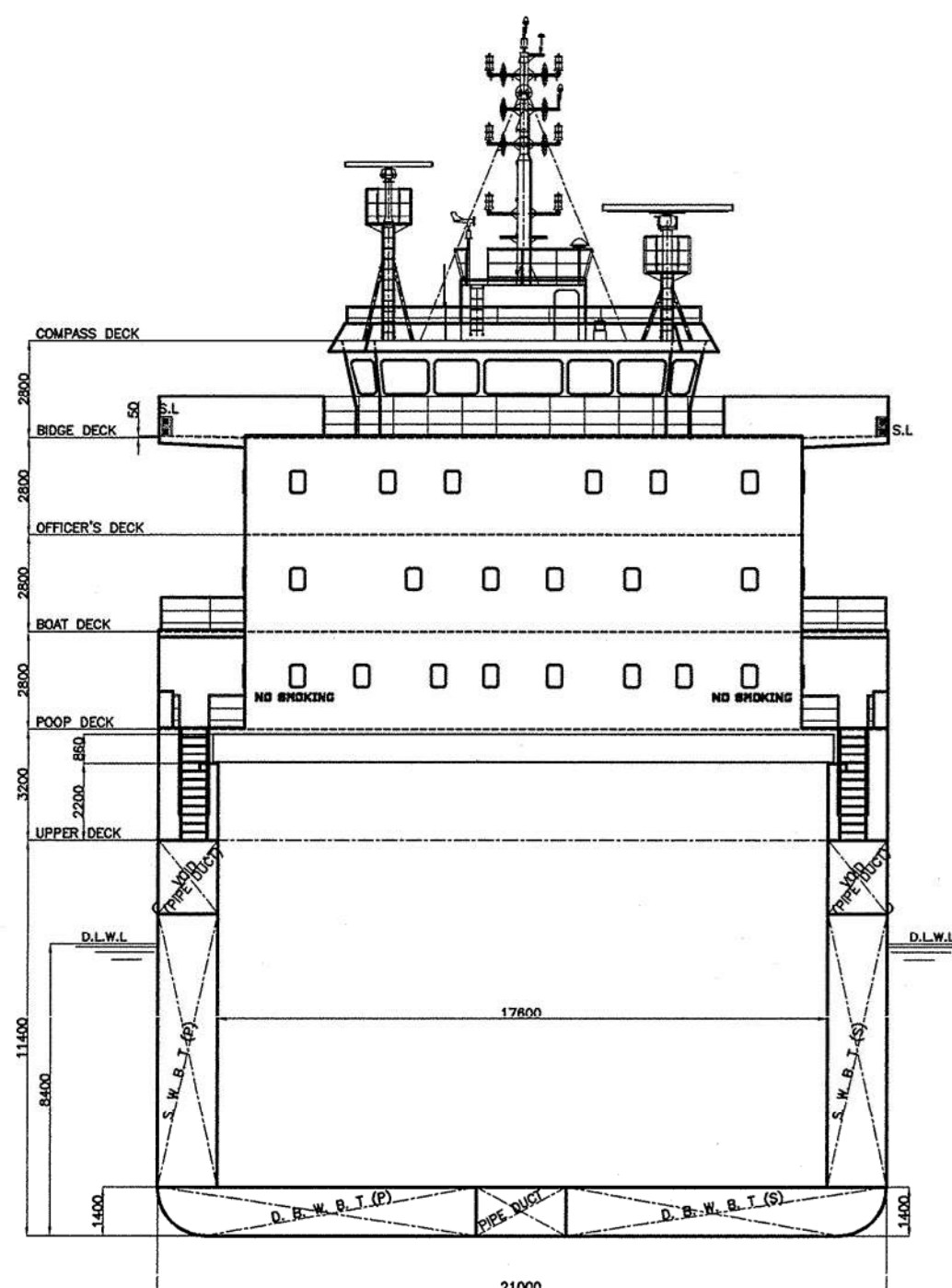
---

**PLANOS**

---

## ÍNDICE PLANOS

1. Disposición General del buque
2. Volumen de la cubierta de Motor Principal
3. Volumen de cubierta de Motores Auxiliares y Local de purificadoras
4. Volumen de cubierta Superior de Cámara de máquinas
5. Distribución general de tuberías del Sistema de CO<sub>2</sub>
6. Distribución de tuberías – Cubierta superior de Cámara de máquinas – Sistema CO<sub>2</sub>
7. Distribución de tuberías – Cubierta de Motores Auxiliares y Local de purificadoras – Sistema CO<sub>2</sub>
8. Distribución de tuberías – Cubierta de Motor Principal – Sistema CO<sub>2</sub>
9. Distribución general de tuberías del Sistema de FM200
10. Distribución de tuberías – Cubierta superior de Cámara de máquinas y Locales – Sistema FM200
11. Distribución de tuberías – Cubierta de Motores Auxiliares y Local de purificadoras – Sistema FM200
12. Distribución de tuberías – Cubierta de Motor Principal – Sistema FM200

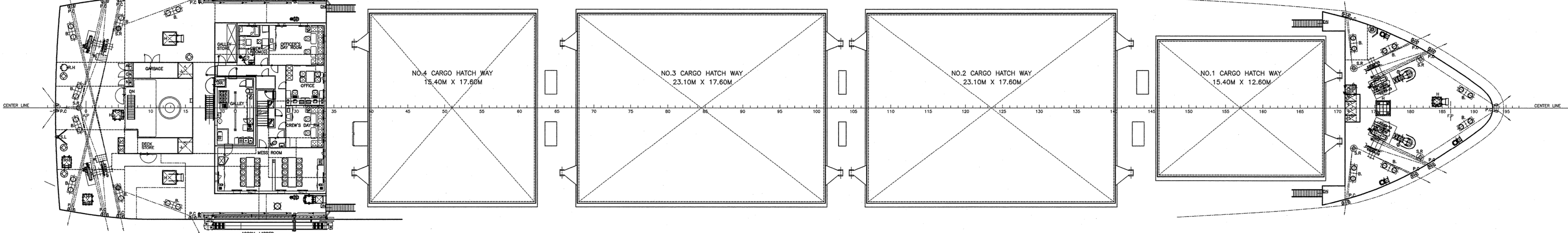
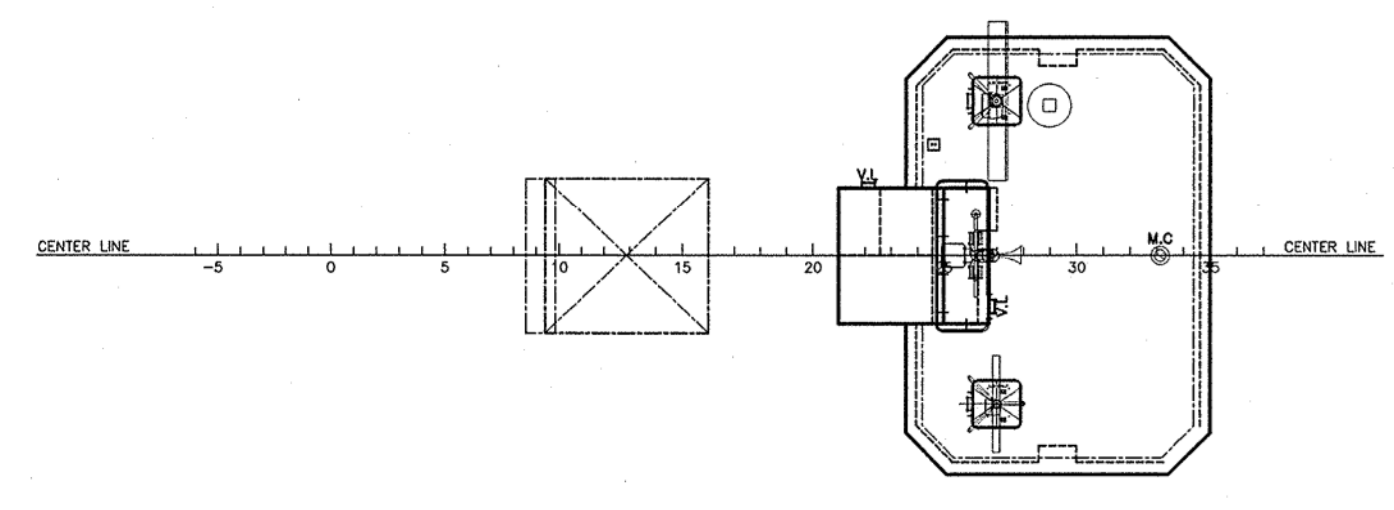


TECHO PUENTE

CUBIERTA DE POPA

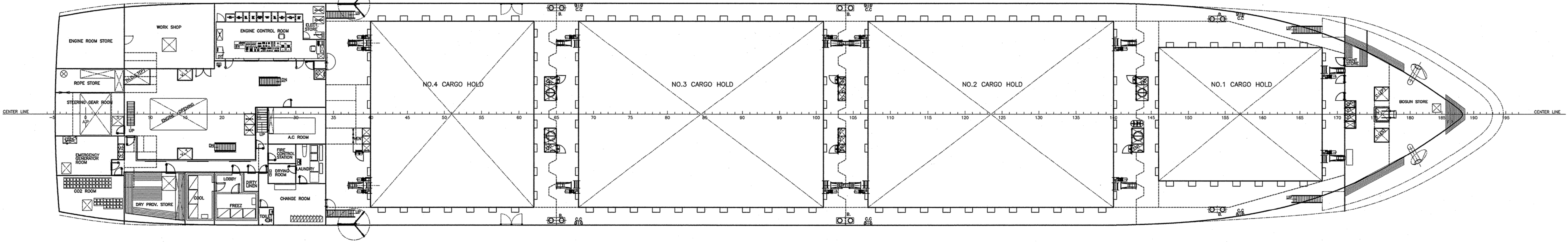
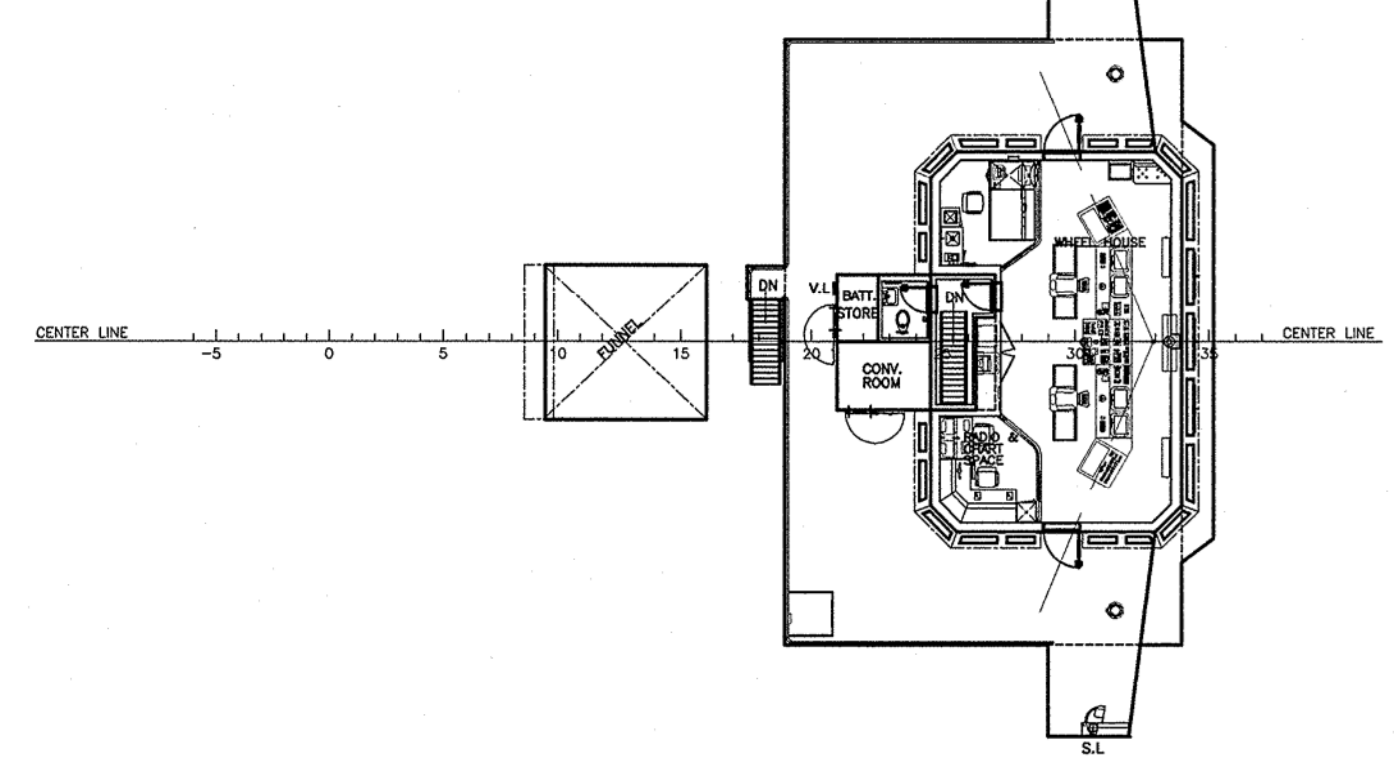
ESCOTILLAS

CUBIERTA CASTILLO



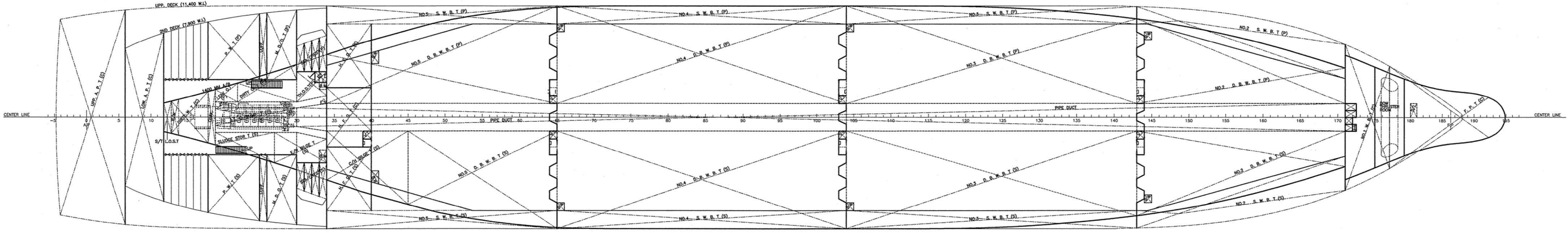
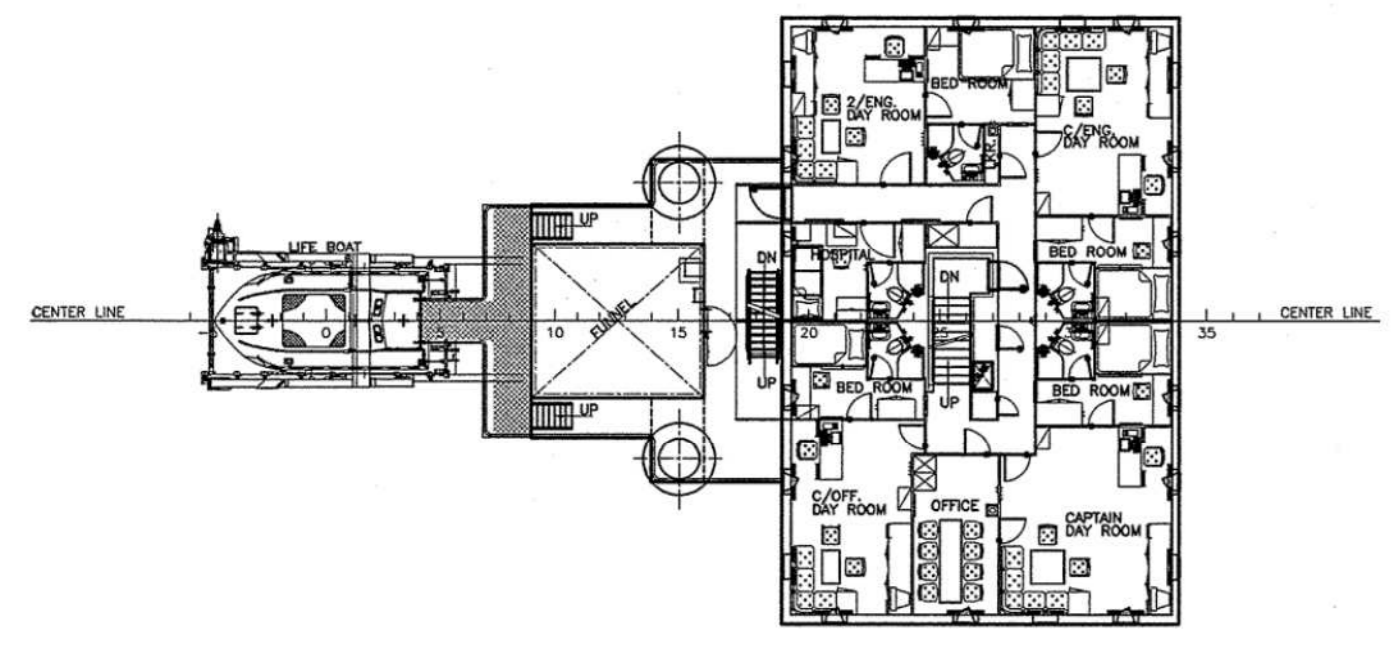
PUENTE DE GOBIERNO

CUBIERTA PRINCIPAL



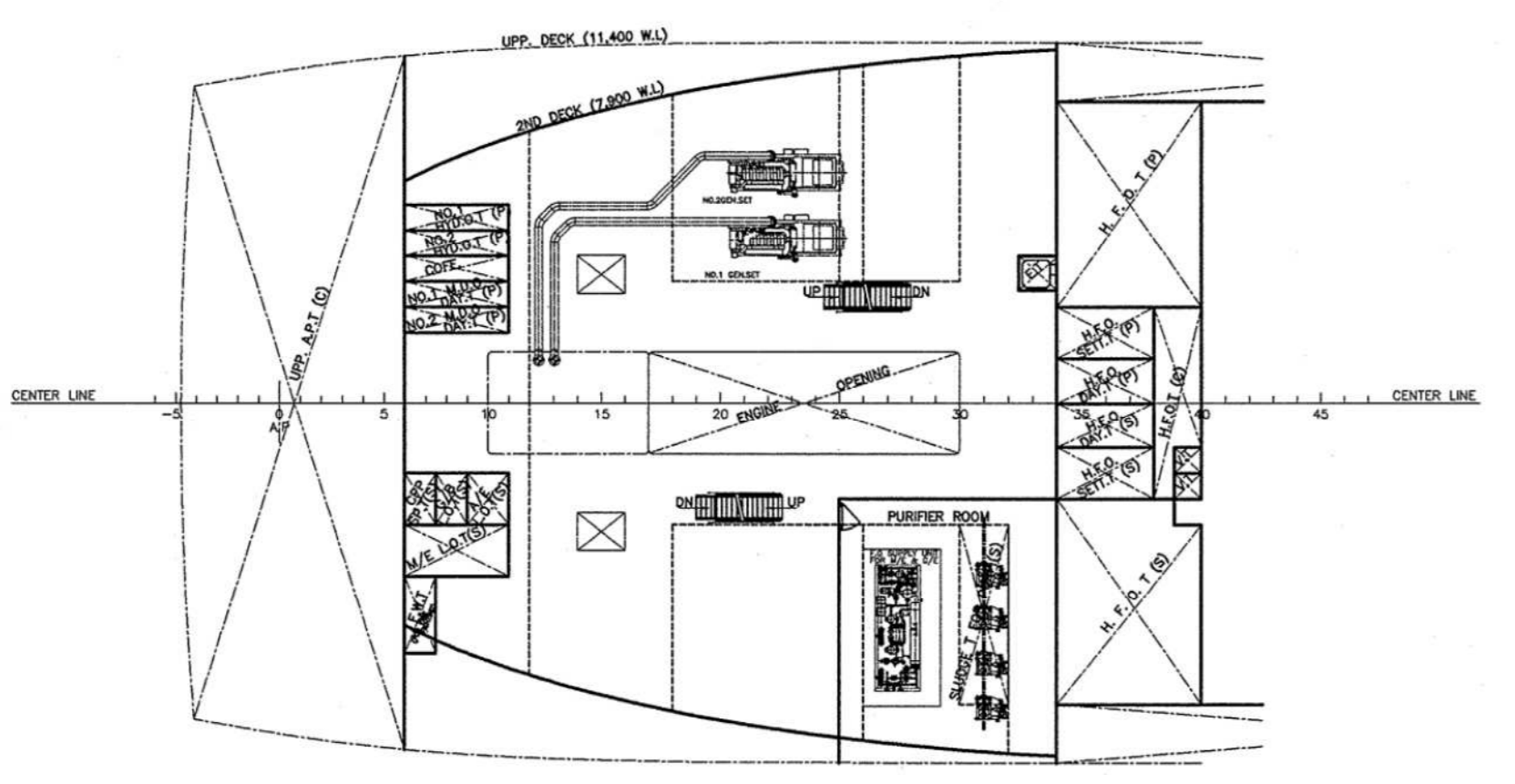
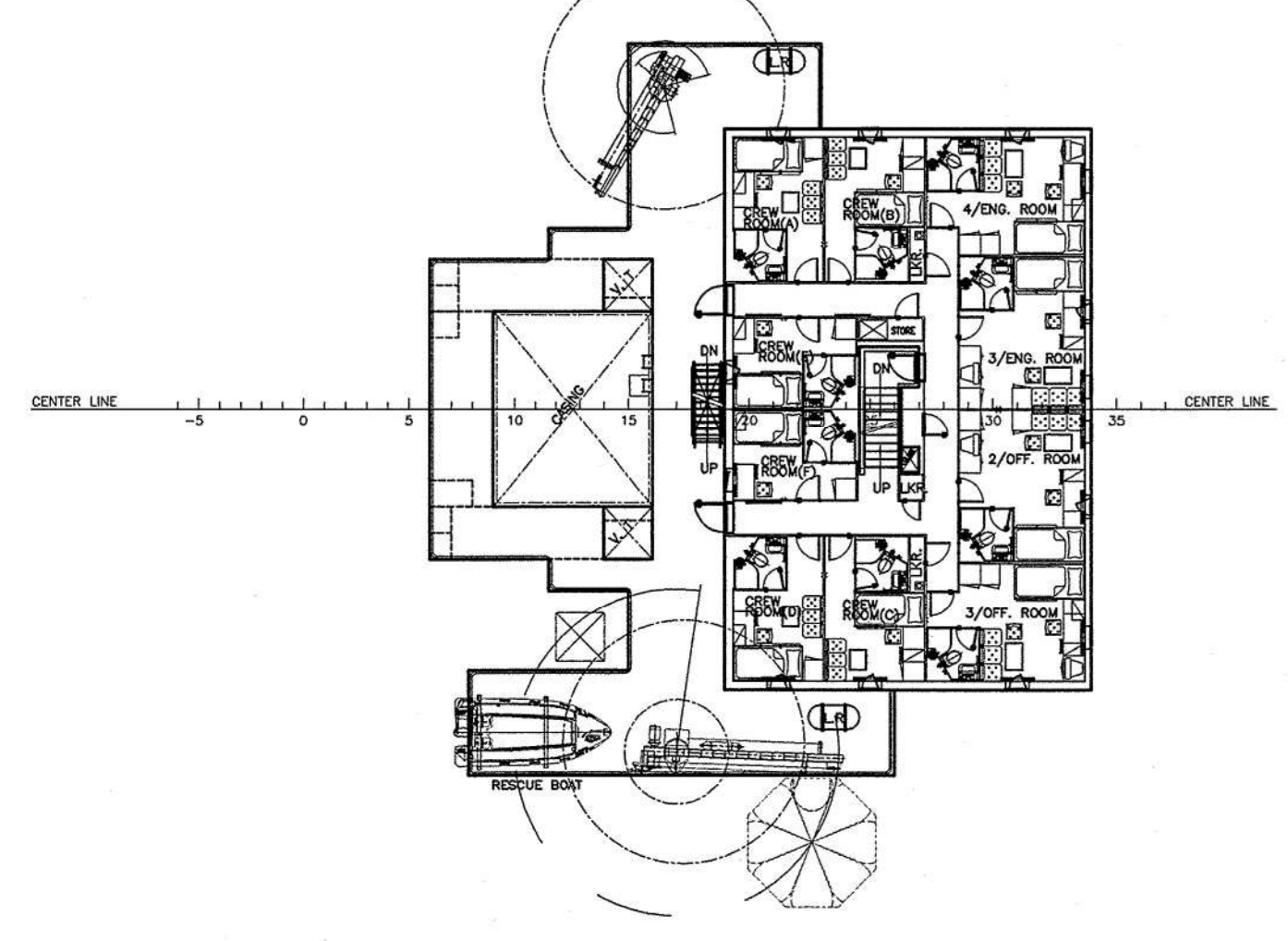
CUBIERTA DE OFICIALES

FONDO




CUBIERTA DE BOTES

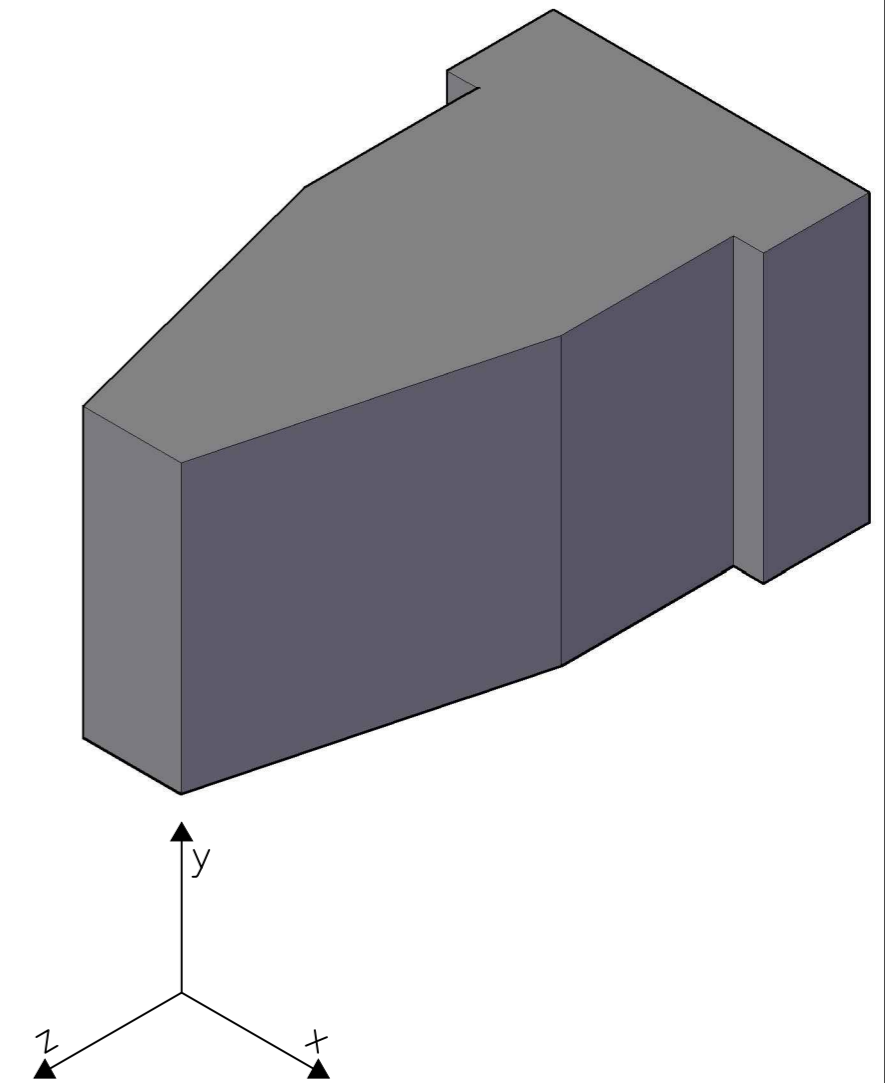
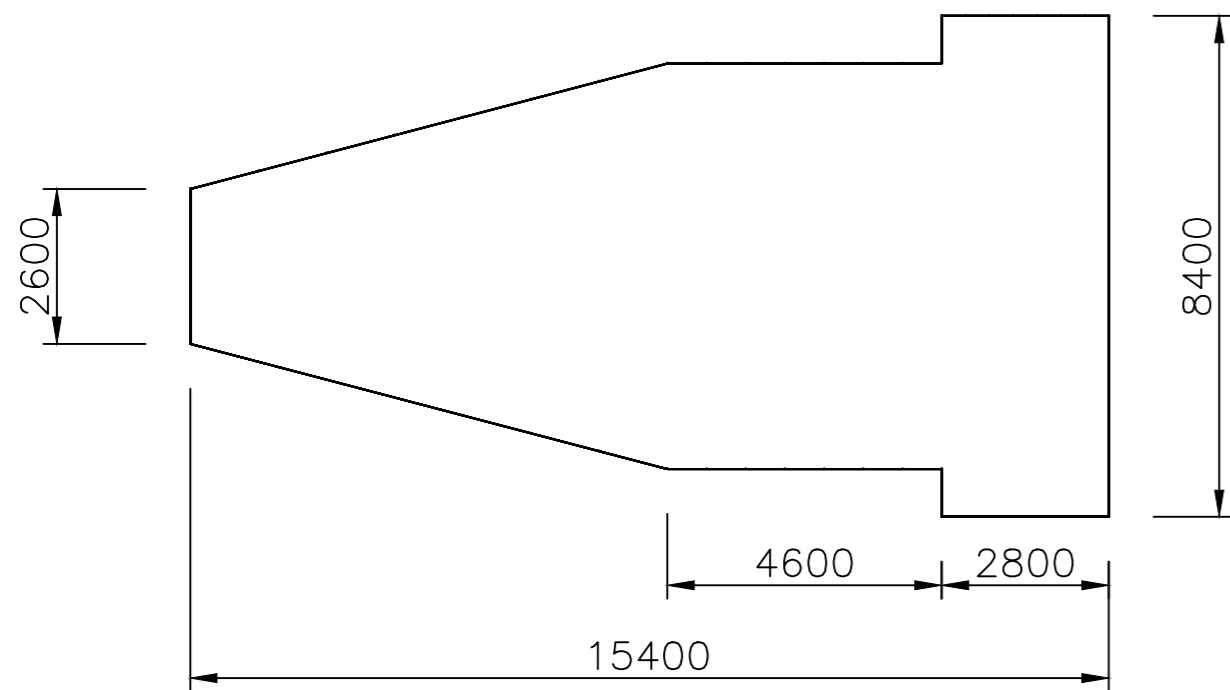
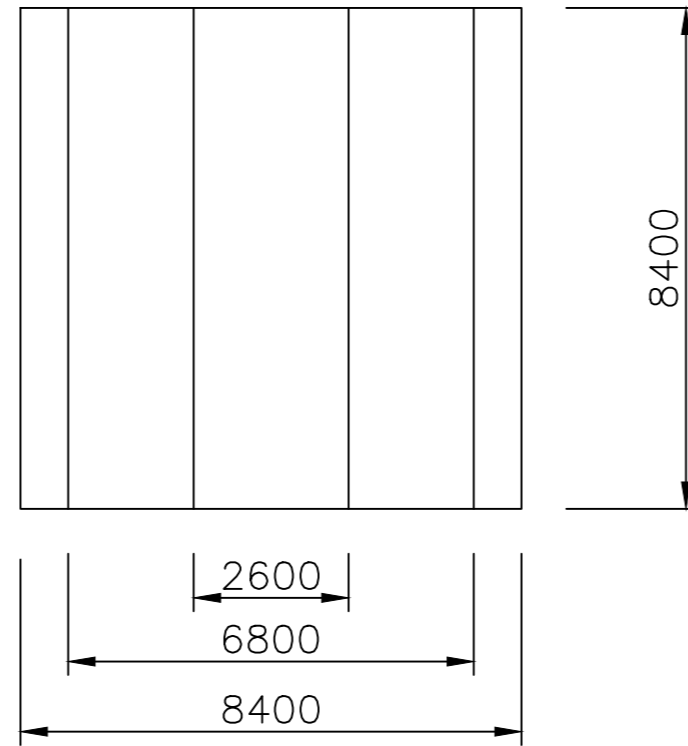
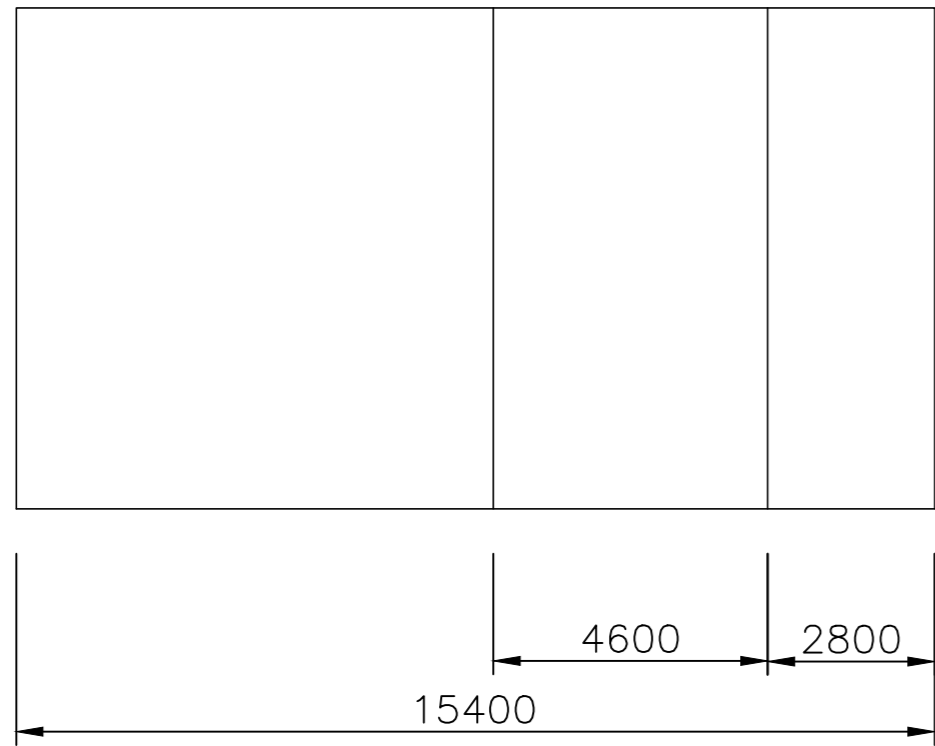
2ª CUBIERTA



**CARACTERISTICAS PRINCIPALES**

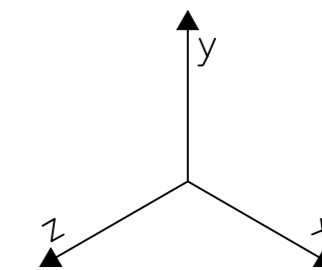
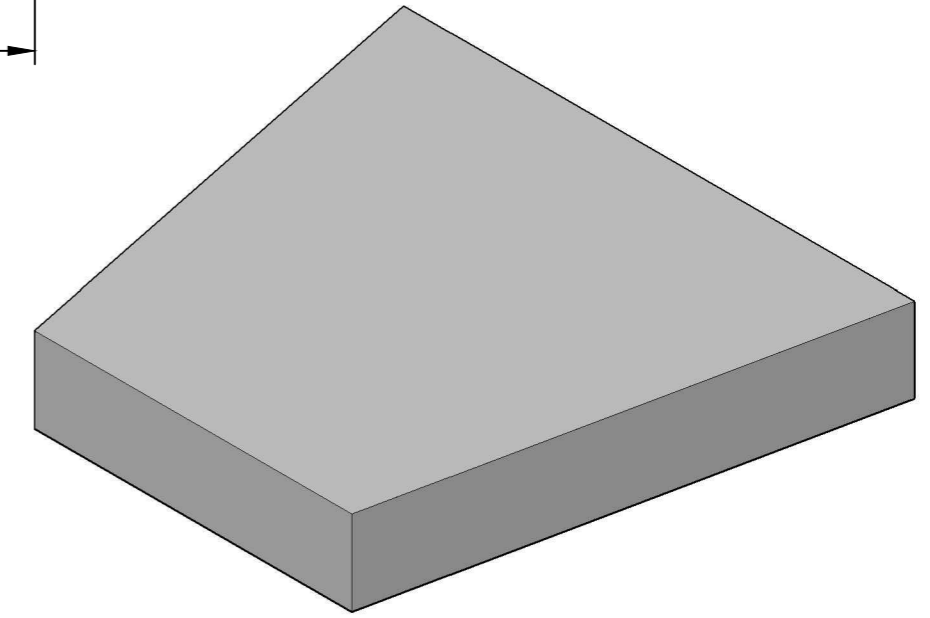
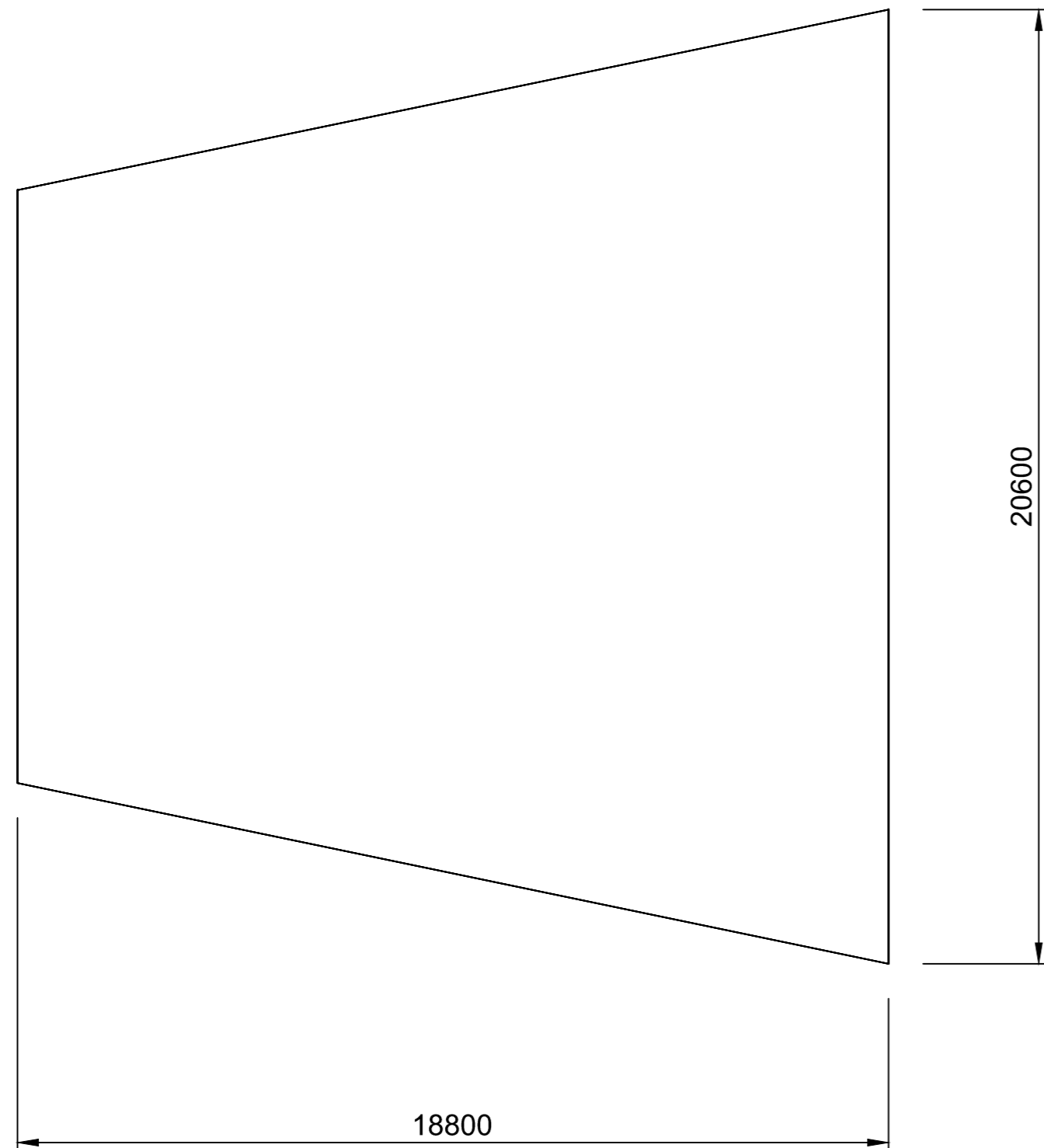
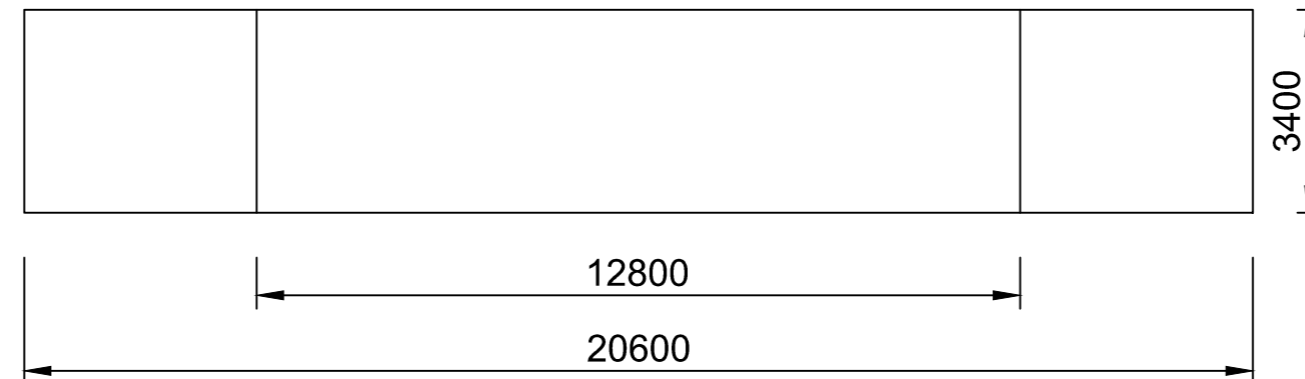
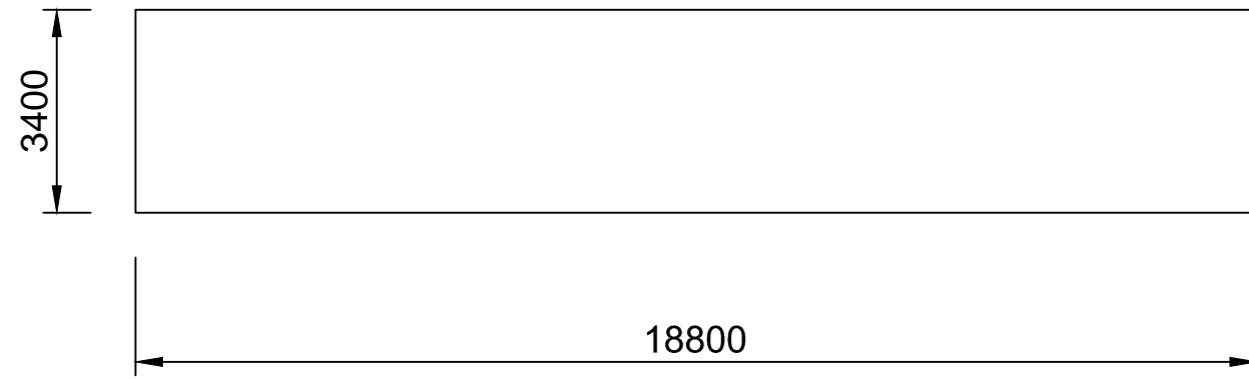
LENGTH O. A.	Abt. 136,474 M
LENGTH B. P.	128,500 M
BREADTH (M.L.D.)	21,000 M
DEPTH (M.L.D.)	11,400 M
DRAFT (M.L.D.) D.L.W.L	8,400 M
DRAFT (M.L.D.) SCANTLING	8,480 M
GROSS TONNAGE	Abt. 9,750 T
DEAD WEIGHT (at D.L.W.L)	Abt. 14,250 T
(at SCANTLING)	Abt. 14,450 T
MAIN ENGINE	MAK 6M43C x 1 SET
MCR	5,400 KW x 500 RPM
NCR (85% of MCR)	4,590 KW x 500 RPM
SPEED (SERVICE)	Abt. 14,50 KTS
COMPLEMENT	16 PERSONS
CLASSIFICATION : BUREAU VERITAS (B.V)	
1+HULL, GENERAL CARGO SHIP,	
HEAVY CARGO (CARGO HOLDS, 196.2kN/m <sup>2</sup> )	
UNRESTRICTED NAVIGATION, INWATERSURVEY	
+MACH, AUT-UMS, MON-SHAFT	

 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b> <b>E.T.S.N.M</b> <b>TECNOLOGÍAS MARINAS</b>	<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b> <b>CÓDIGO: GTM / E-30-15</b>	
		<b>TÍTULO DEL TRABAJO: "CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO2 Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO"</b>
<b>TÍTULO DEL PLANO:</b> DISPOSICIÓN GENERAL DEL BUQUE		<b>FECHA:</b> JUNIO 2015
<b>AUTOR:</b> DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ	<b>FIRMA:</b>	<b>ESCALA:</b> 1/400
		<b>PLANO Nº:</b> 1




NOTAS GENERALES:  
 VOLUMEN CUBIERTA MOTOR PRINCIPAL: VTMP=692,2029 M3

 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b> E.T.S.N.M TECNOLOGÍAS MARINAS		TRABAJO DE FIN DE GRADO CÓDIGO: GTM / E-30-15
TÍTULO DEL TRABAJO: "CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO2 Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO"		
TÍTULO DEL PLANO: VOLUMEN DE CUBIERTA DE MOTOR PRINCIPAL		FECHA: JUNIO 2015
AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ		ESCALA: 1/150
FIRMA:		PLANO Nº: 2

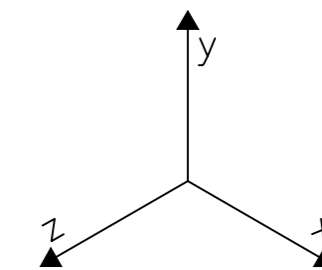
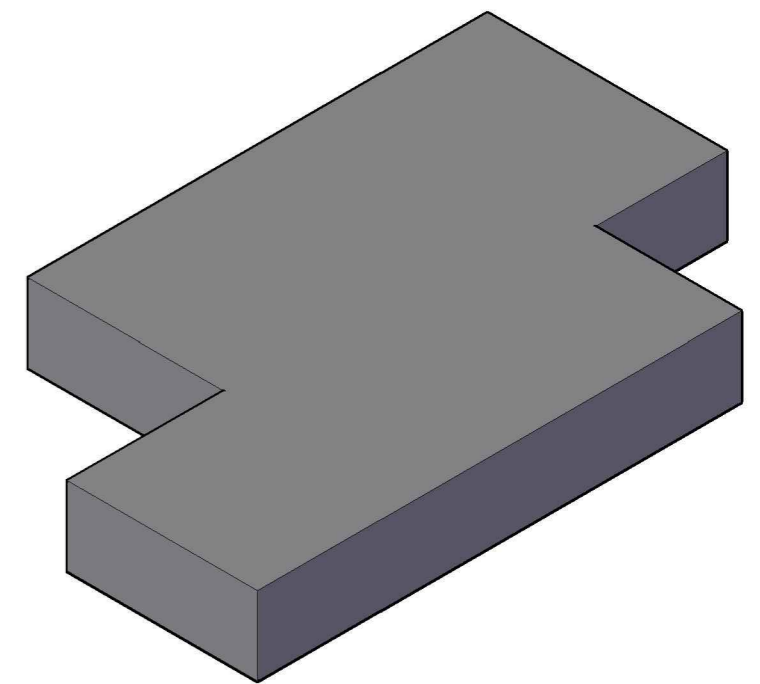
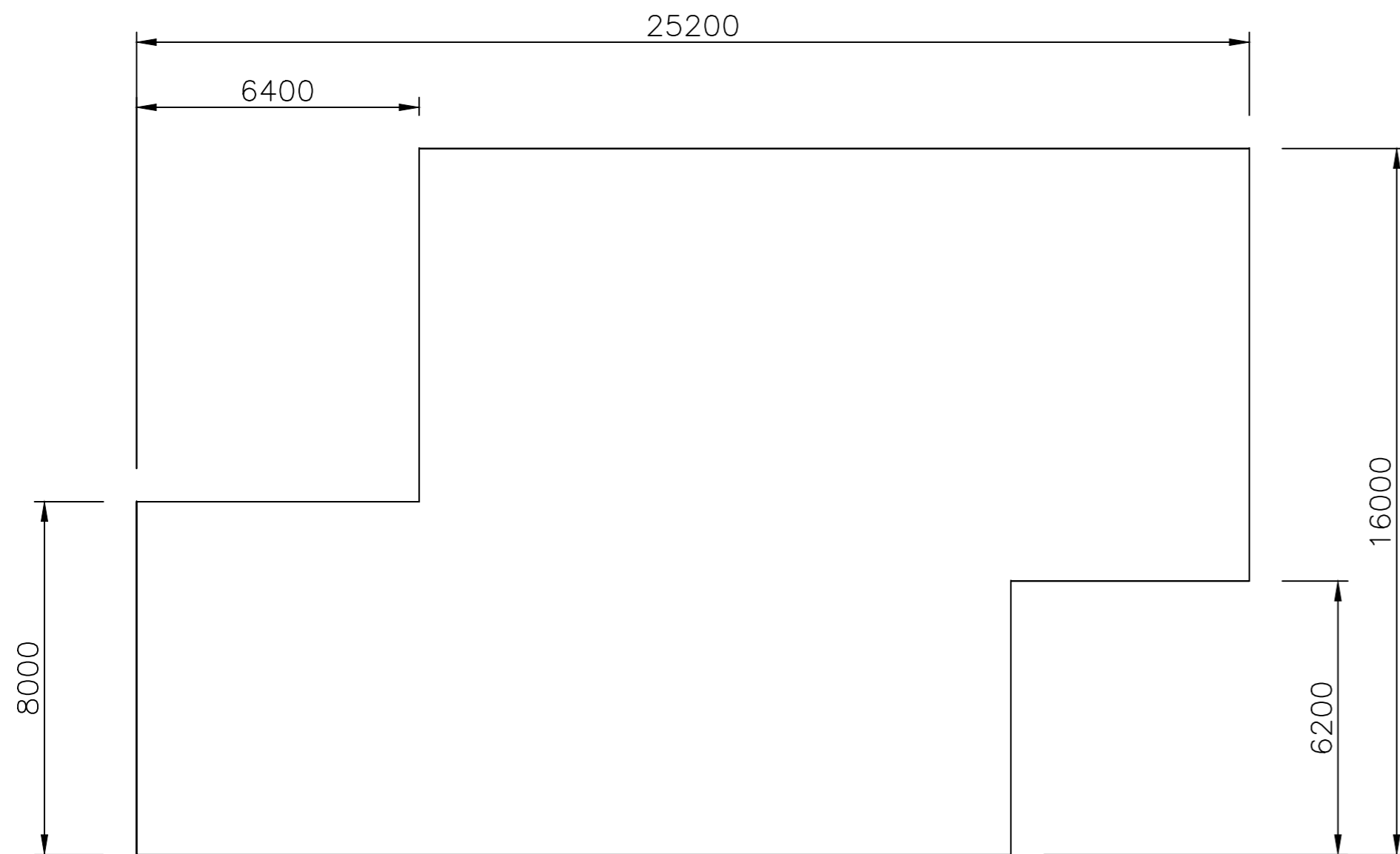
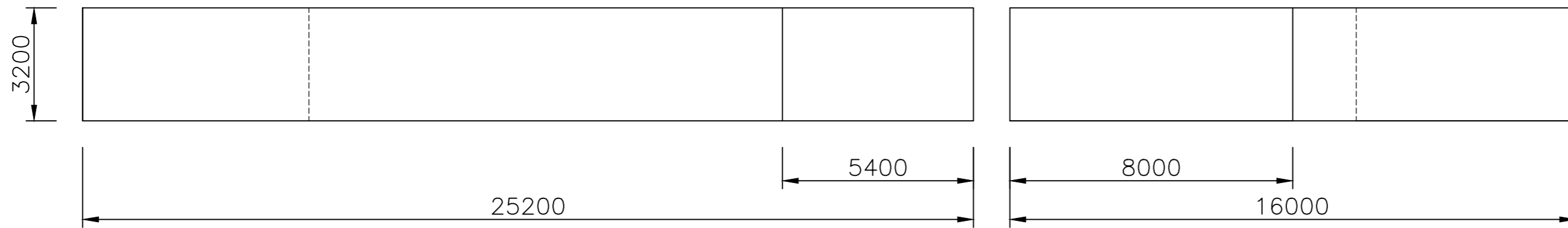


NOTAS GENERALES;

VOLUMEN CUBIERTA MOTORES AUXILIARES Y LOCAL DE PURIFICADORAS: VMMAA=778,3370 M3

 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b> E.T.S.N.M TECNOLOGÍAS MARINAS		TRABAJO DE FIN DE GRADO CÓDIGO: GTM / E-30-15
TÍTULO DEL TRABAJO: "CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO2 Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO"		
TÍTULO DEL PLANO: VOLUMEN DE CUBIERTA MOTORES AUXILIARES Y LOCAL PURIFICADORAS		FECHA: JUNIO 2015
AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ		ESCALA: 1/150
FIRMA:		PLANO Nº: 3




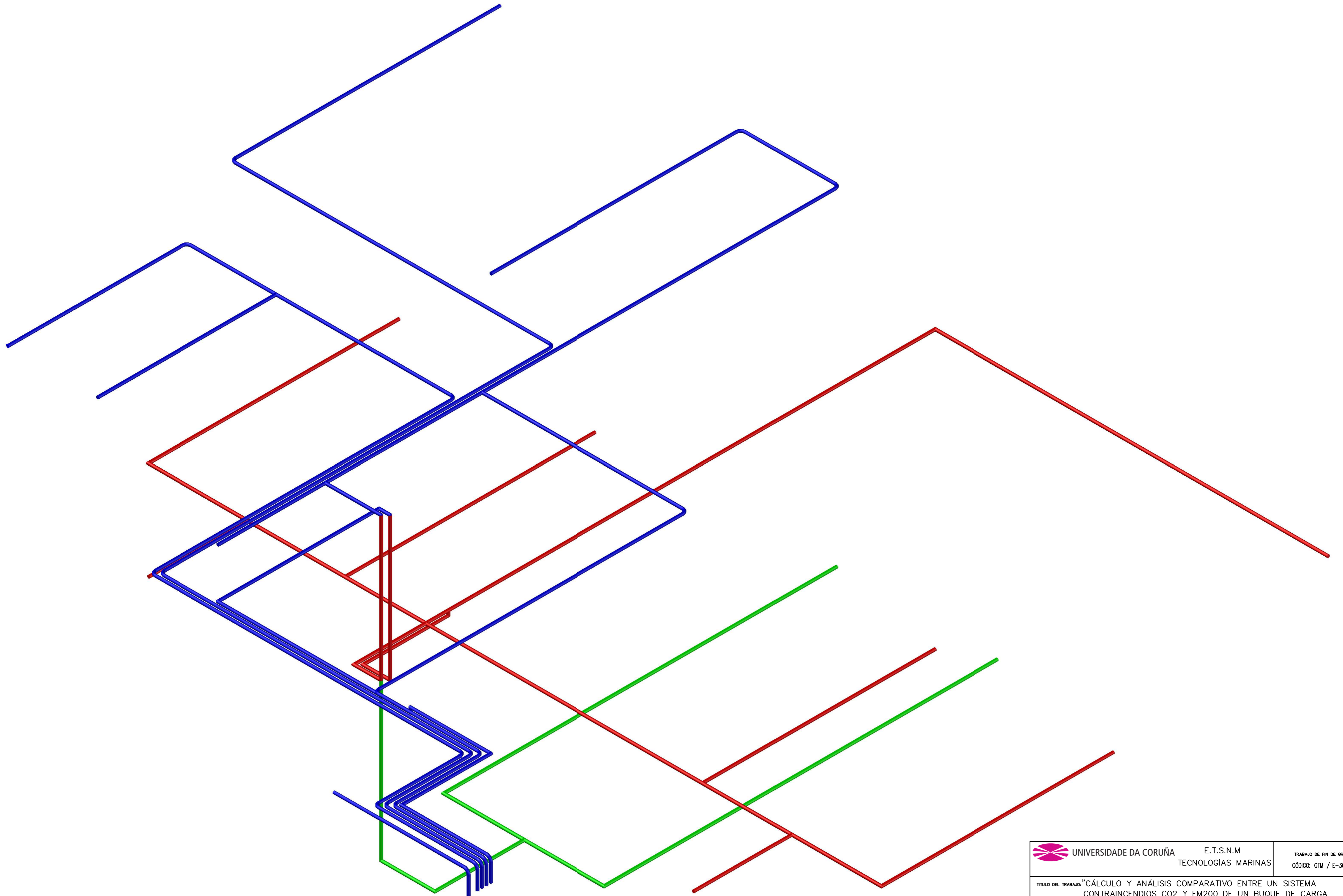



**NOTAS GENERALES;**

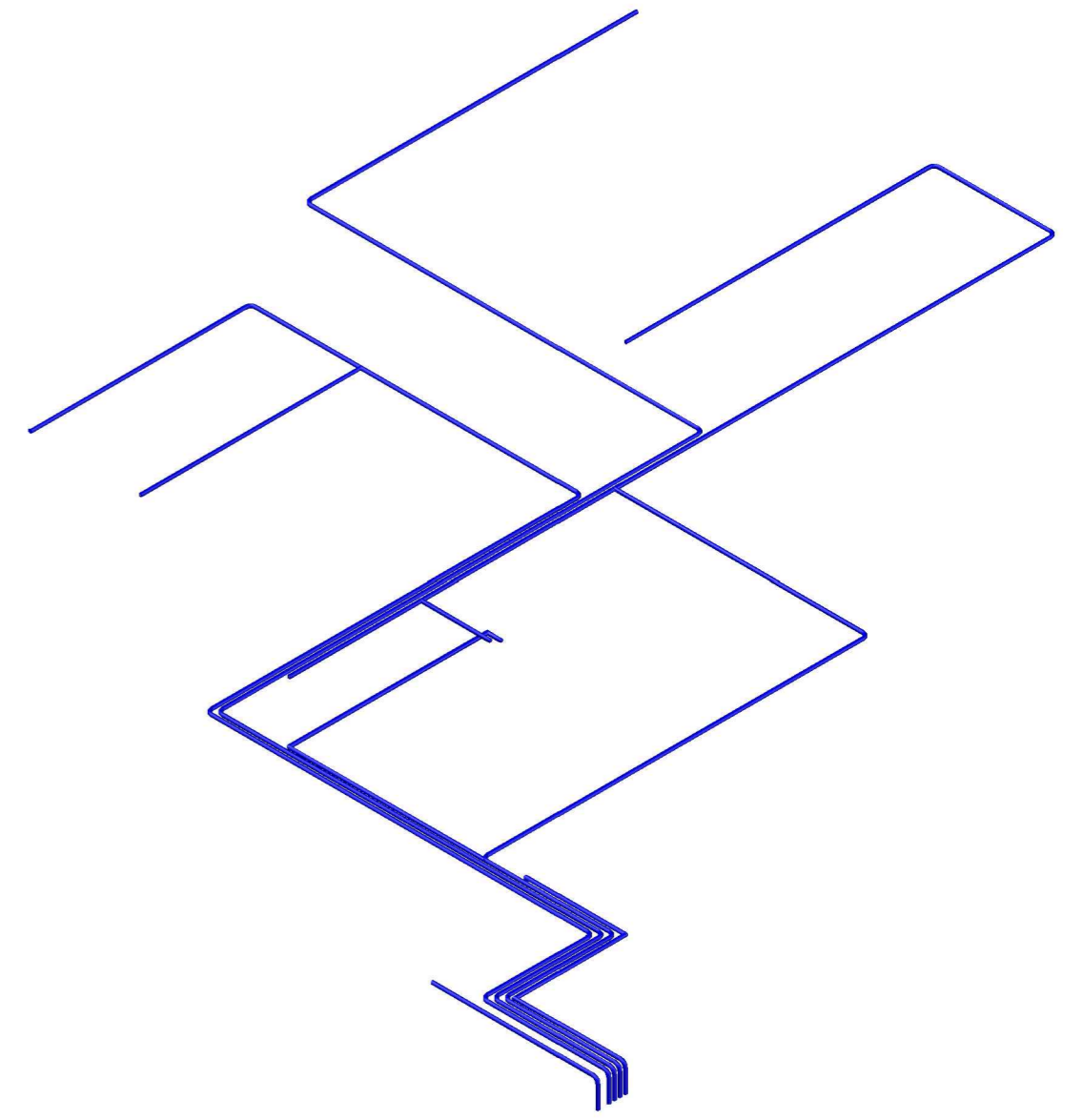
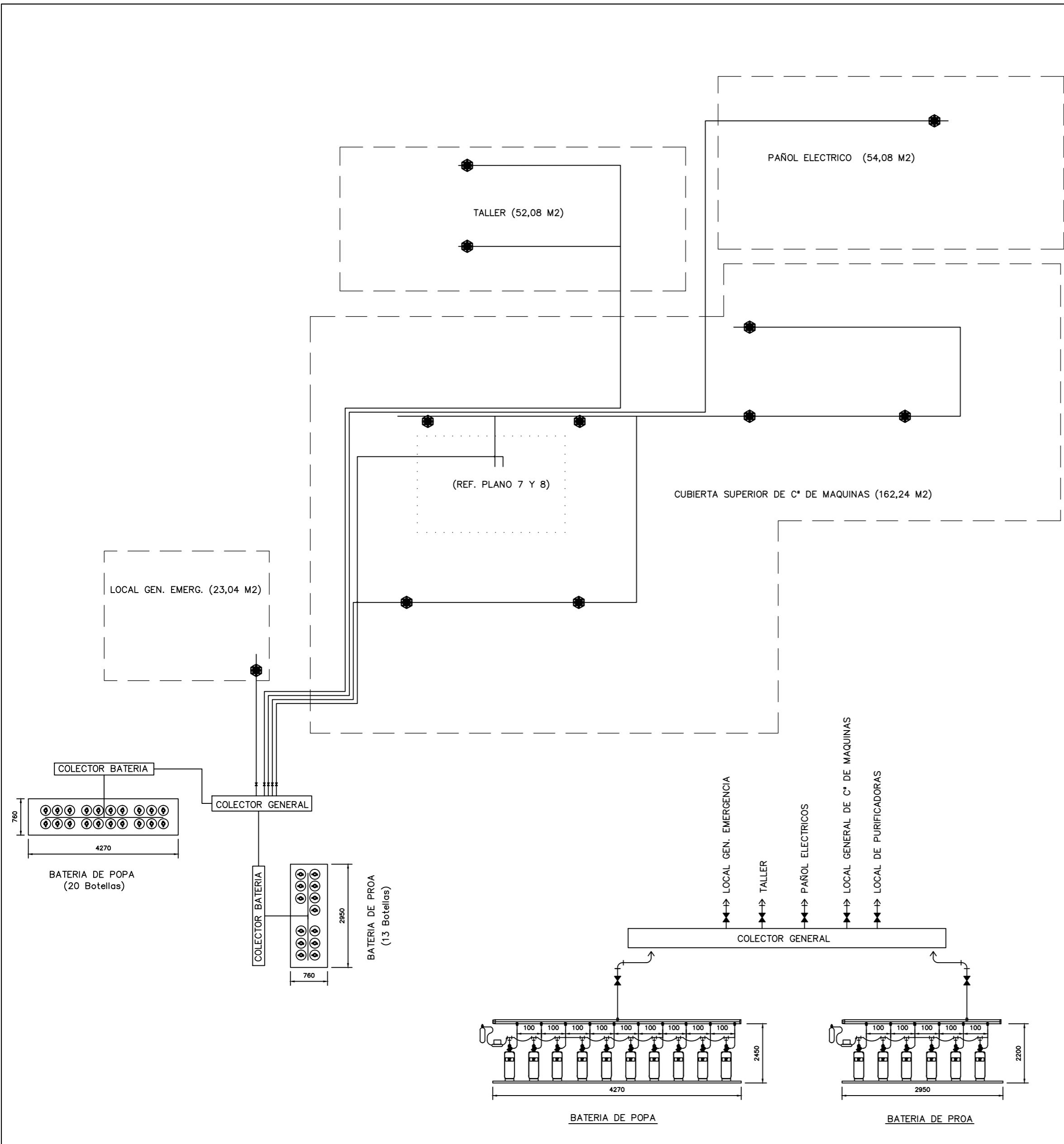
VOLUMEN CUBIERTA SUPERIOR C\*MAQUINAS:  $V_{TCBS}=1014,5280 \text{ M}^3$   
 (El volumen cubierta superior incluye el servo)

VOLUMEN LOCAL SERVO MOTOR:  $V_4=81,9200 \text{ M}^3$

 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b> E.T.S.N.M TECNOLOGÍAS MARINAS		TRABAJO DE FIN DE GRADO CÓDIGO: GTM / E-30-15
TÍTULO DEL TRABAJO: "CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO2 Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO"		
TÍTULO DEL PLANO: VOLUMEN DE CUBIERTA SUPERIOR DE CÁMARA DE MÁQUINAS Y LOCALES		FECHA: JUNIO 2015
AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ		ESCALA: 1/150
FIRMA:		PLANO Nº: 4



 UNIVERSIDADE DA CORUÑA E.T.S.N.M TECNOLOGÍAS MARINAS		TRABAJO DE FIN DE GRADO CÓDIGO: GTM / E-30-15
TÍTULO DEL TRABAJO: "CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO2 Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO"		
TÍTULO DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN GENERAL DE TUBERIAS DEL SISTEMA DE CO2		FECHA: JUNIO 2015
AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ		FIRMA:  ESCALA: S/E
		PLANO Nº: 5




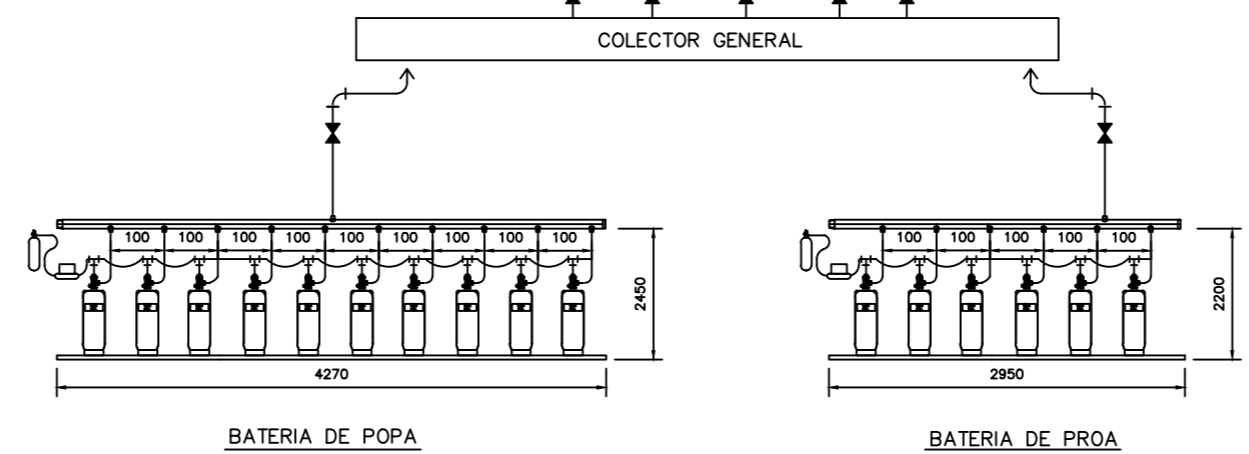
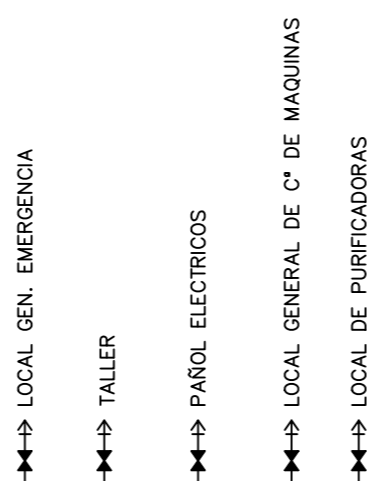
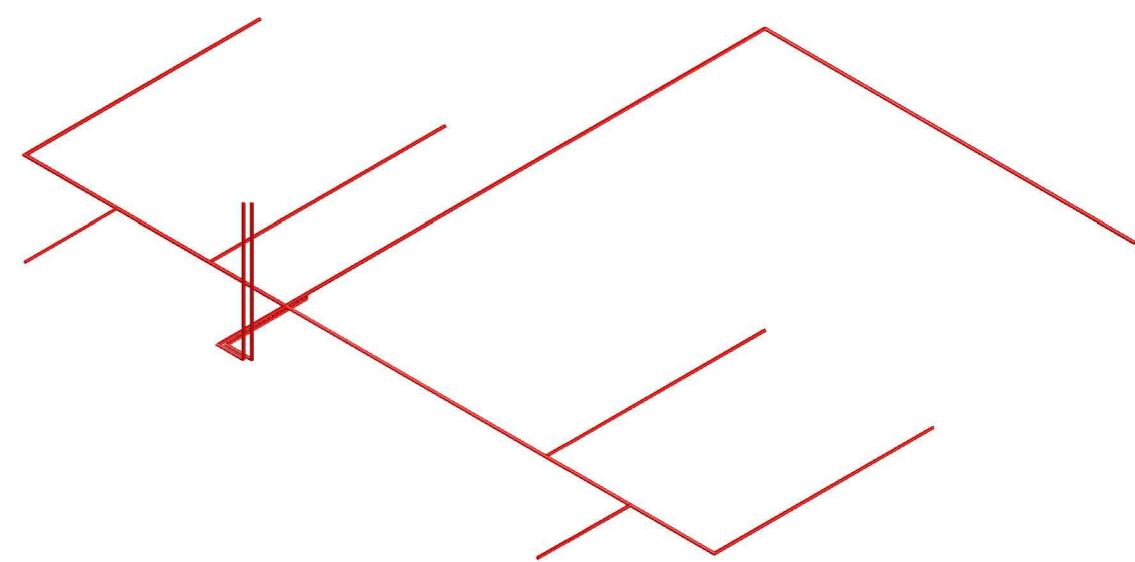
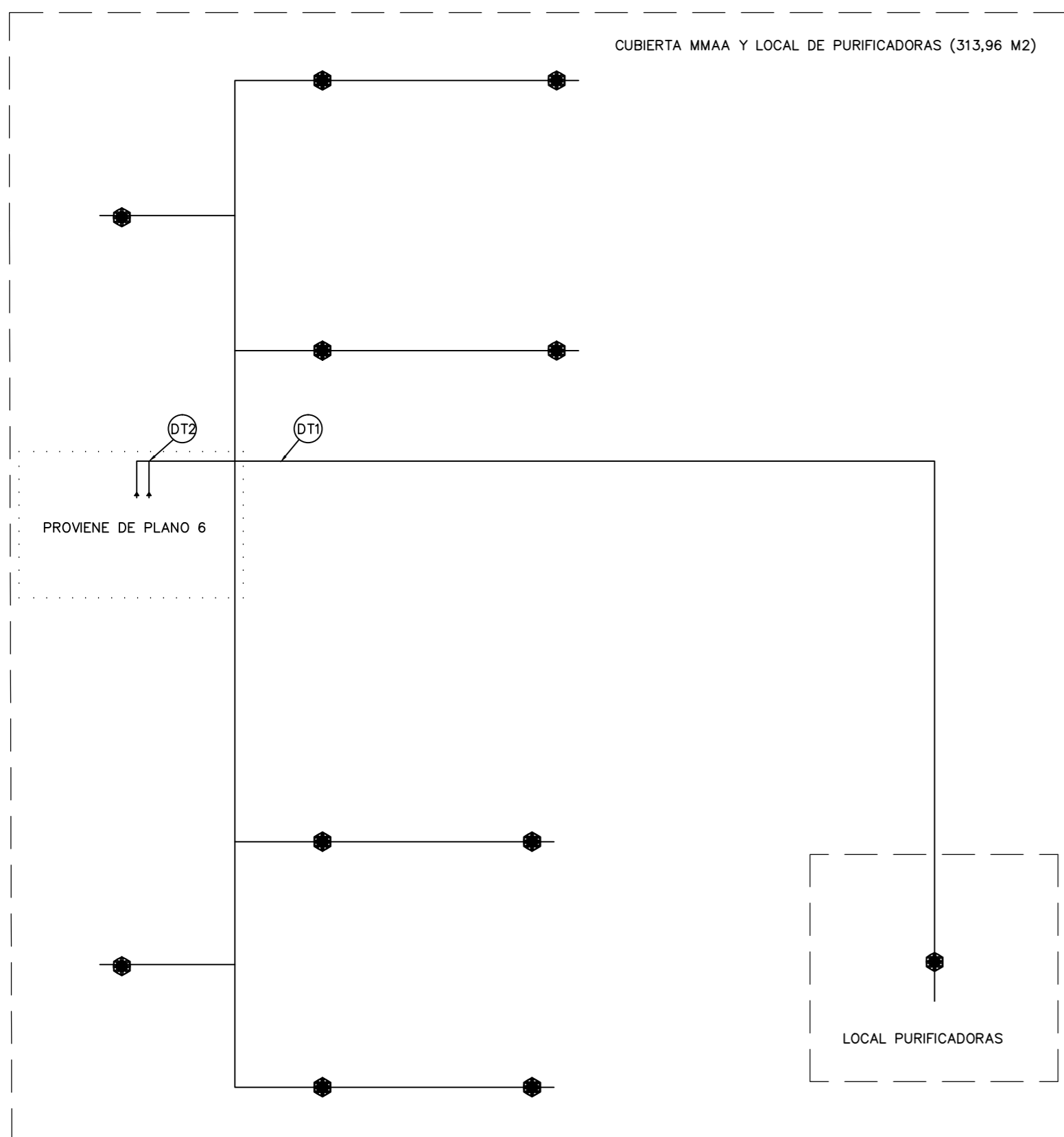
**NOTAS:**

TUBERIA: ASTM/ANSI B36.10 – XS  
 2 1/2" SCH 80  
 SIN SOLDADURA  
 SOPORTES CADA 2500 MM DE TUBERIA

CODOS: CODOS RADIO ANSI B16.9 B16.28  
 2 1/2" SCH 80

DIFUSORES: SOPORTES A CADA LADO A UNA DISTANCIA MAX. DE 300 MM  
 DISTANCIA MAX. ENTRE DIFUSOR Y CUBIERTA SUP. 300 MM

 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b> E.T.S.N.M TECNOLOGÍAS MARINAS	TRABAJO DE FIN DE GRADO CÓDIGO: GTM / E-30-15
	TÍTULO DEL TRABAJO: "CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO2 Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO"
TÍTULO DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS – CUBIERTA SUPERIOR DE C° MÁQUINAS Y LOCALES – SISTEMA CO2	FECHA: JUNIO 2015
AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ	ESCALA: 1/100
FIRMA:	PLANO Nº: 6




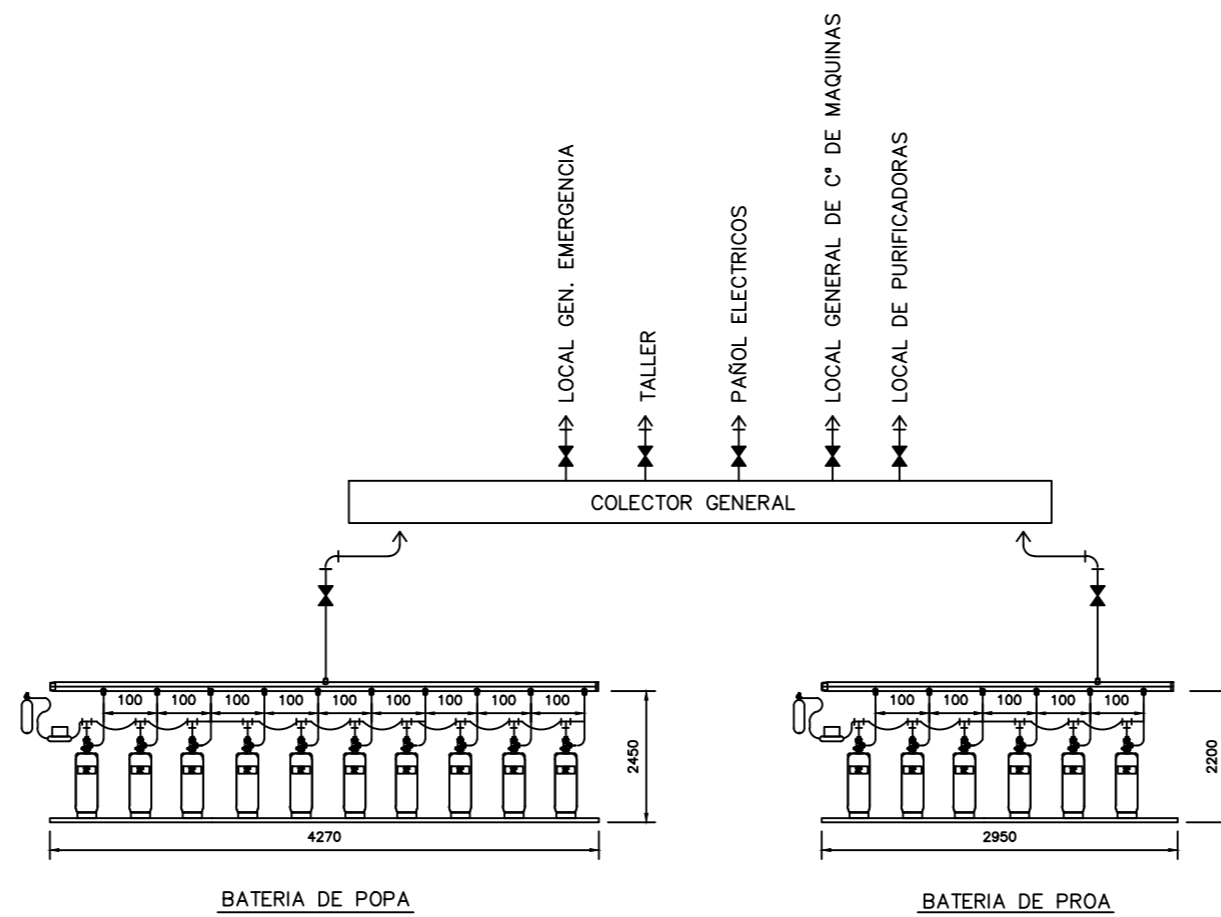
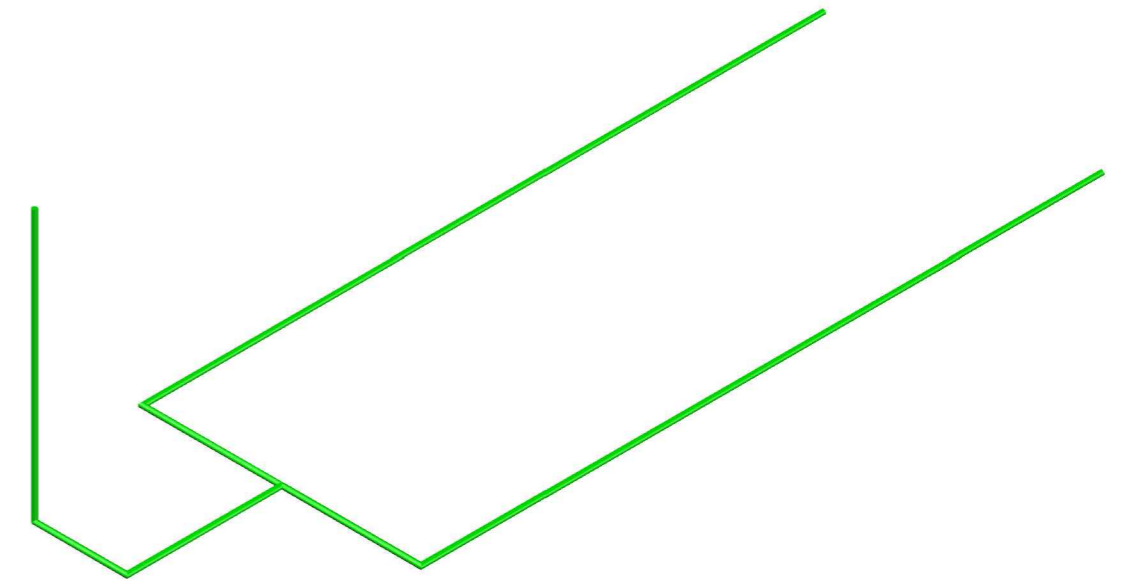
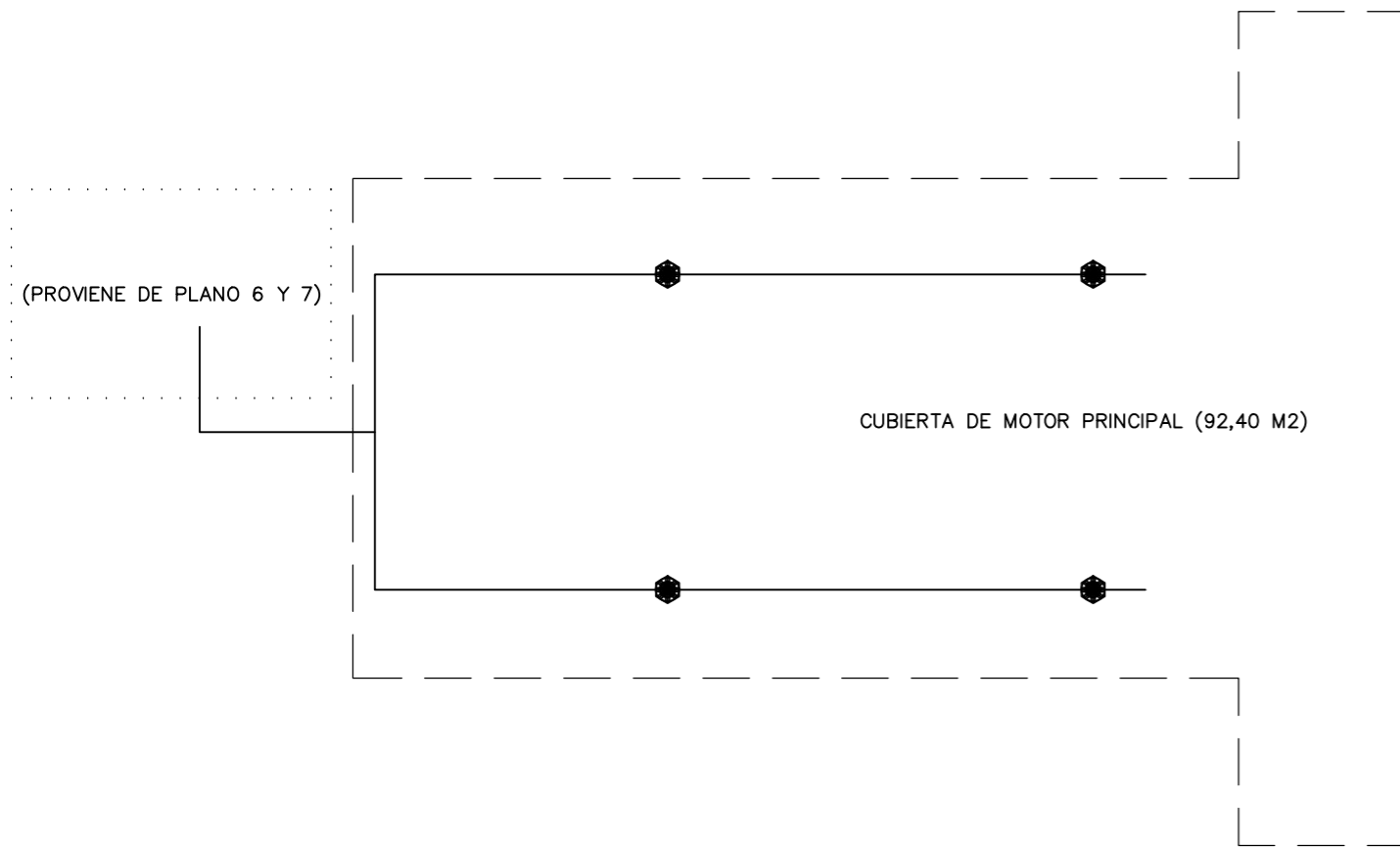
**NOTAS:**

TUBERIA: ASTM/ANSI B36.10 – XS  
 2 1/2" SCH 80  
 SIN SOLDADURA  
 SOPORTES CADA 2500 MM DE TUBERIA

CODOS: CODOS RADIO ANSI B16.9 B16.28  
 2 1/2" SCH 80

DIFUSORES: SOPORTES A CADA LADO A UNA DISTANCIA MAX. DE 300 MM  
 DISTANCIA MAX. ENTRE DIFUSOR Y CUBIERTA SUP. 300 MM

 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b> E.T.S.N.M TECNOLOGÍAS MARINAS	TRABAJO DE FIN DE GRADO CÓDIGO: GTM / E-30-15
	TÍTULO DEL TRABAJO: "CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO2 Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO"
TÍTULO DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS – CUBIERTA MOTORES AUX. Y LOCAL PURIFICADORAS – SISTEMA CO2	FECHA: JUNIO 2015
AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ	ESCALA: 1/100
FIRMA:	PLANO Nº: 7




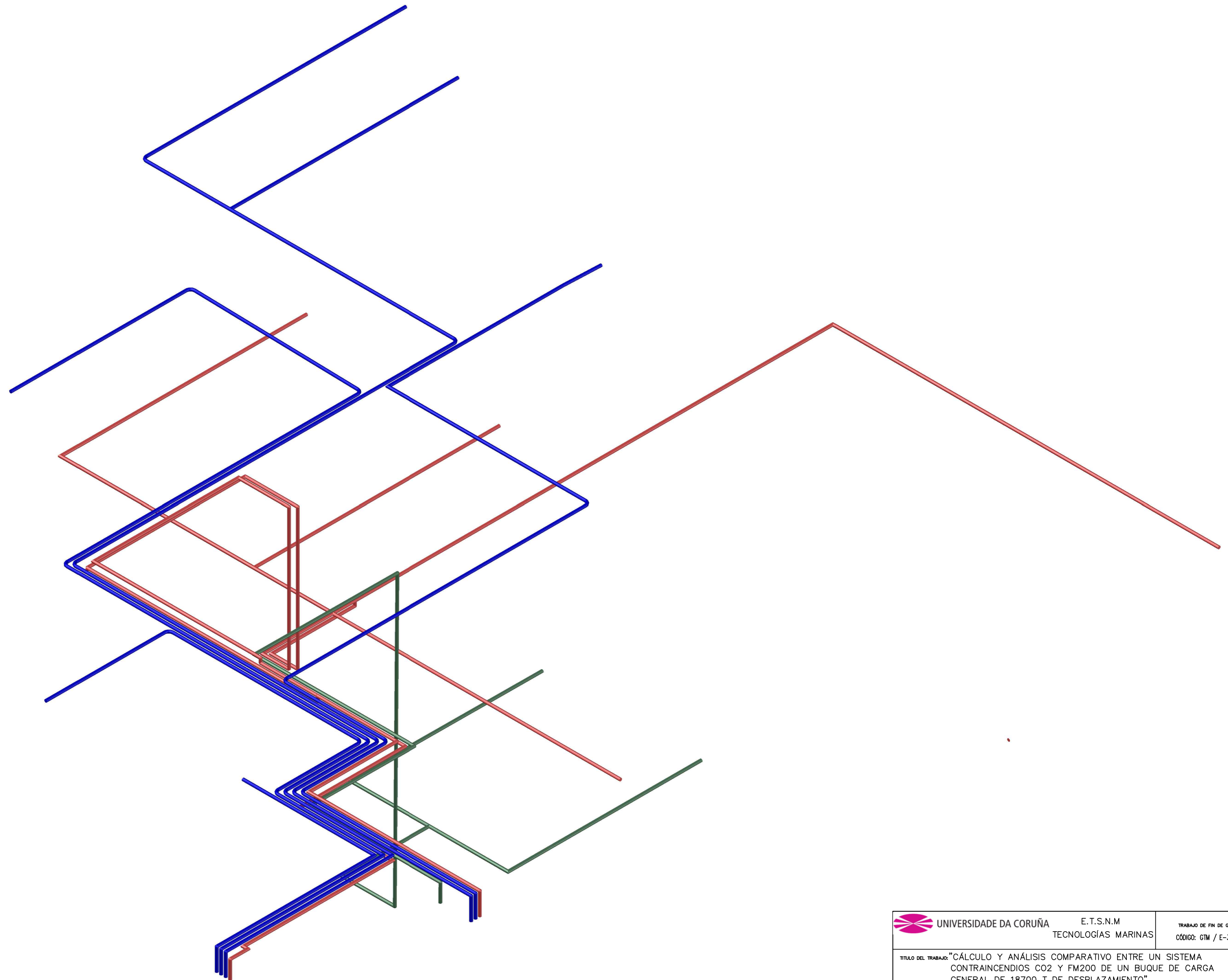
**NOTAS:**


TUBERIA: ASTM/ANSI B36.10 – XS  
2 1/2" SCH 80  
SIN SOLDADURA  
SOPORTES CADA 2500 MM DE TUBERIA

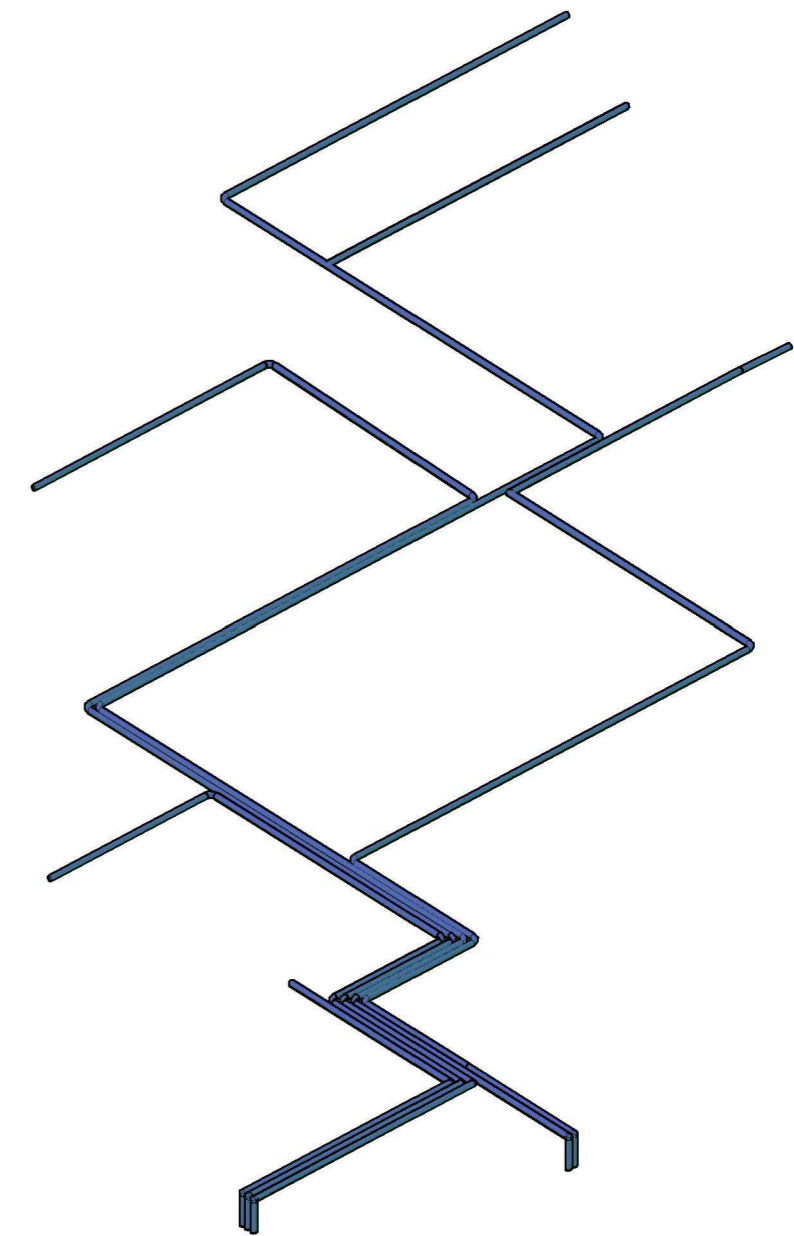
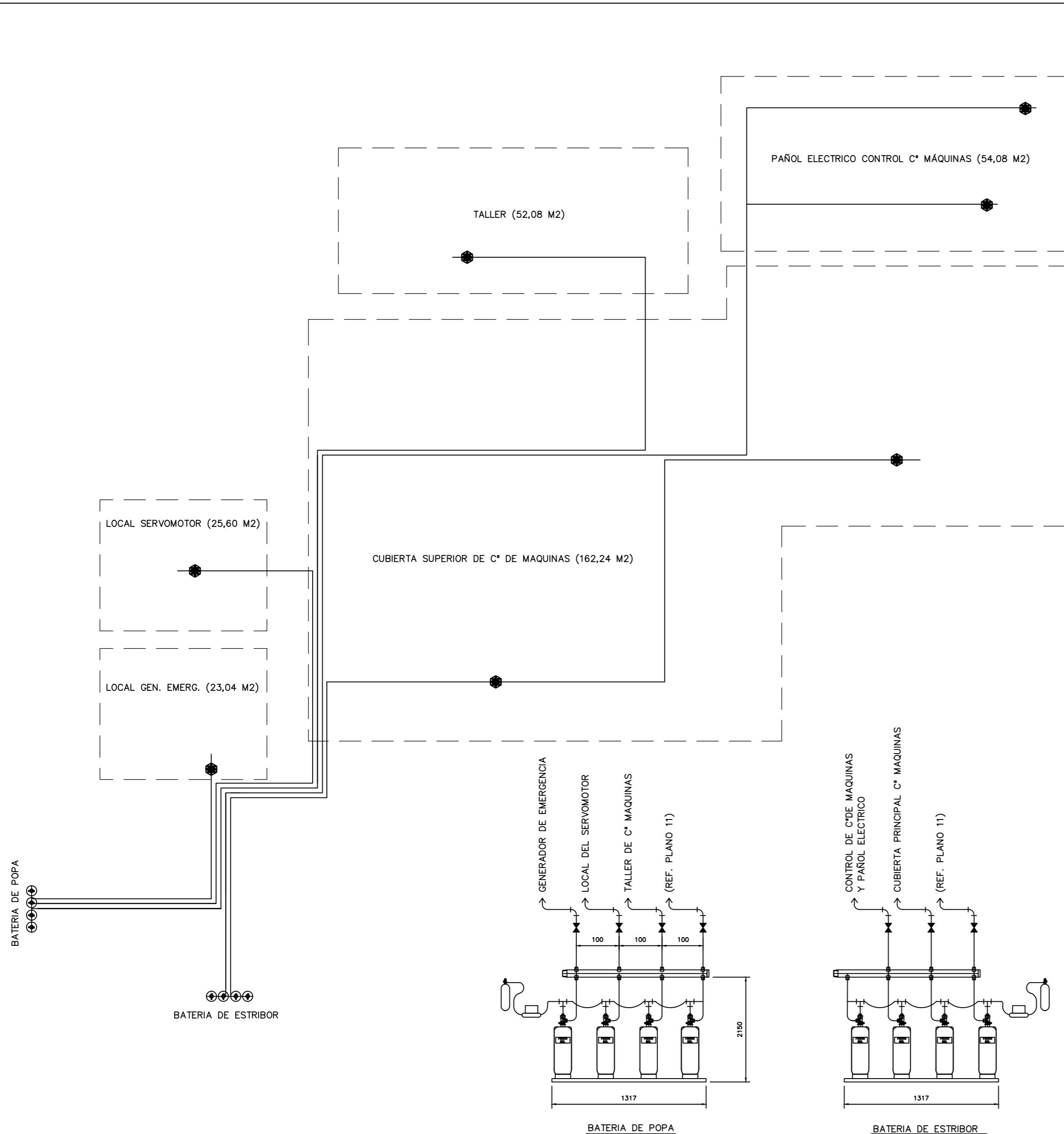
CODOS: CODOS RADIO ANSI B16.9 B16.28  
2 1/2" SCH 80

DIFUSORES: SOPORTES A CADA LADO A UNA DISTANCIA MAX. DE 300 MM  
DISTANCIA MAX. ENTRE DIFUSOR Y CUBIERTA SUP. 300 MM

 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b> E.T.S.N.M TECNOLOGÍAS MARINAS	TRABAJO DE FIN DE GRADO CÓDIGO: GTM / E-30-15
	TÍTULO DEL TRABAJO: "CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO2 Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO"
TÍTULO DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS – CUBIERTA MOTOR PRINCIPAL – SISTEMA CO2	FECHA: JUNIO 2015
AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ	ESCALA: 1/100
FIRMA:	PLANO Nº: 8



 UNIVERSIDADE DA CORUÑA E.T.S.N.M TECNOLOGÍAS MARINAS	TRABAJO DE FIN DE GRADO CÓDIGO: GTM / E-30-15	
	TÍTULO DEL TRABAJO: "CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO2 Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO"	
TÍTULO DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN GENERAL DE TUBERIAS DEL SISTEMA DE FM200	FECHA: JUNIO 2015	ESCALA: S/E
AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ	FIRMA:	PLANO Nº: 9




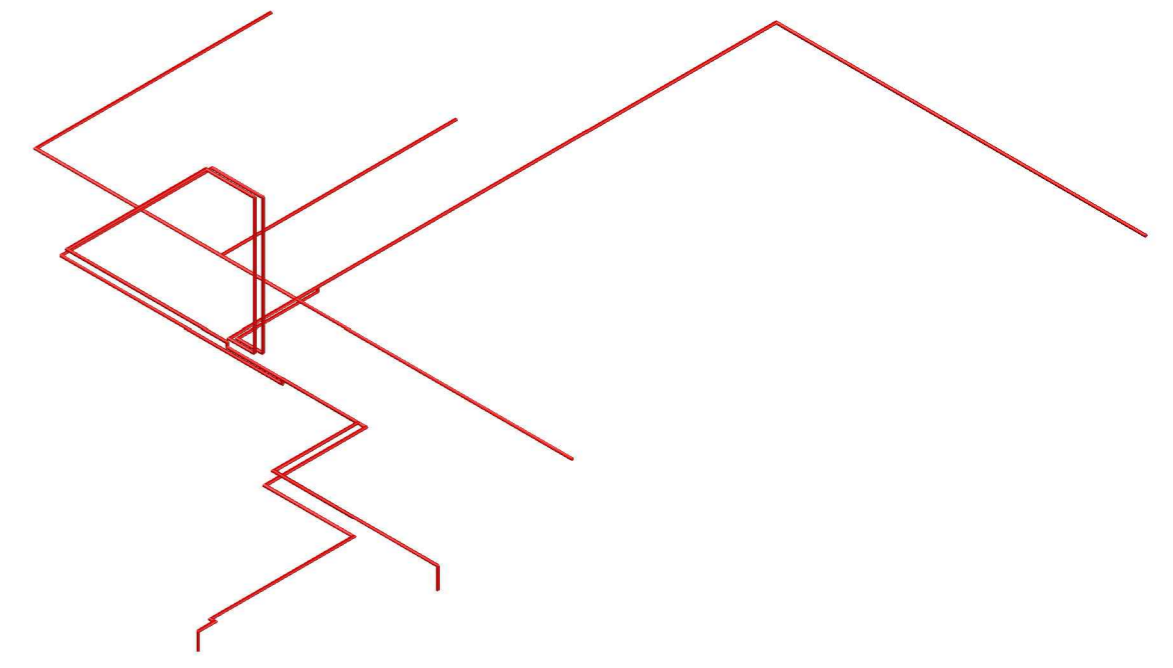
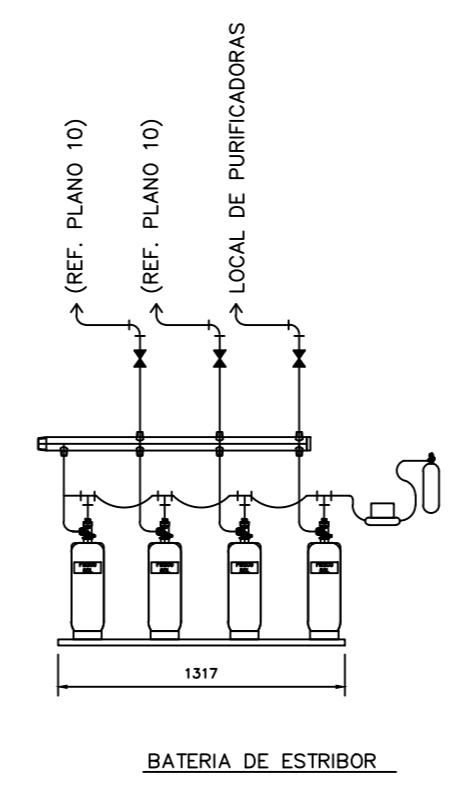
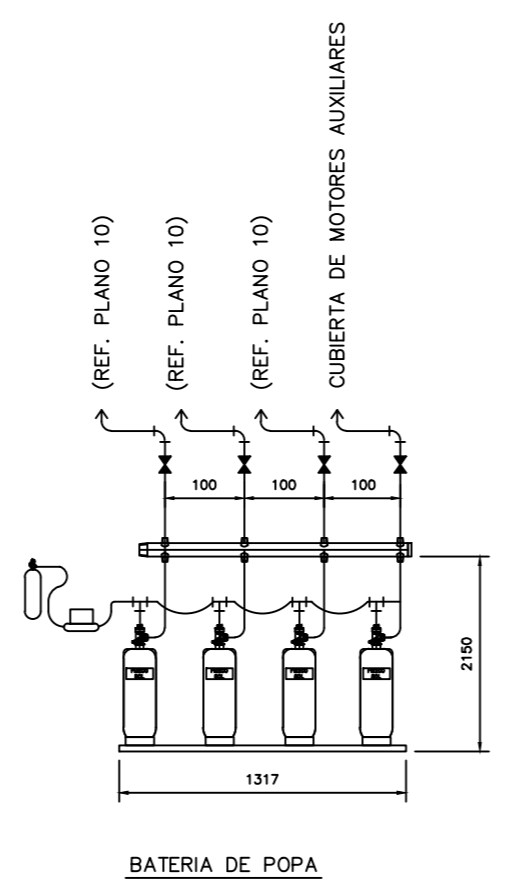
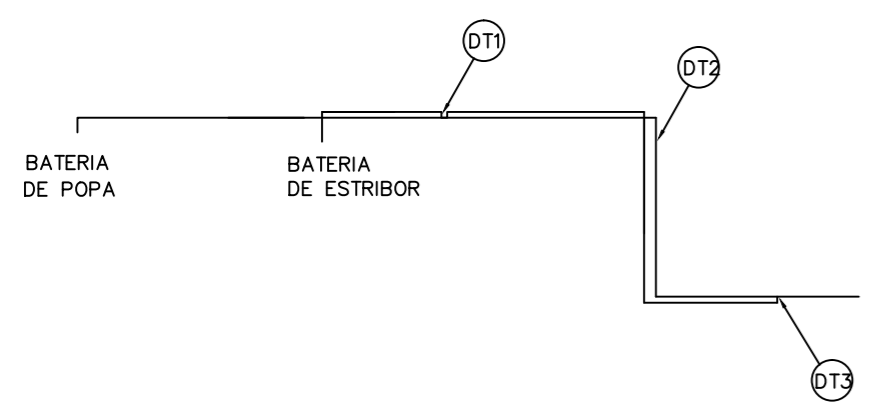
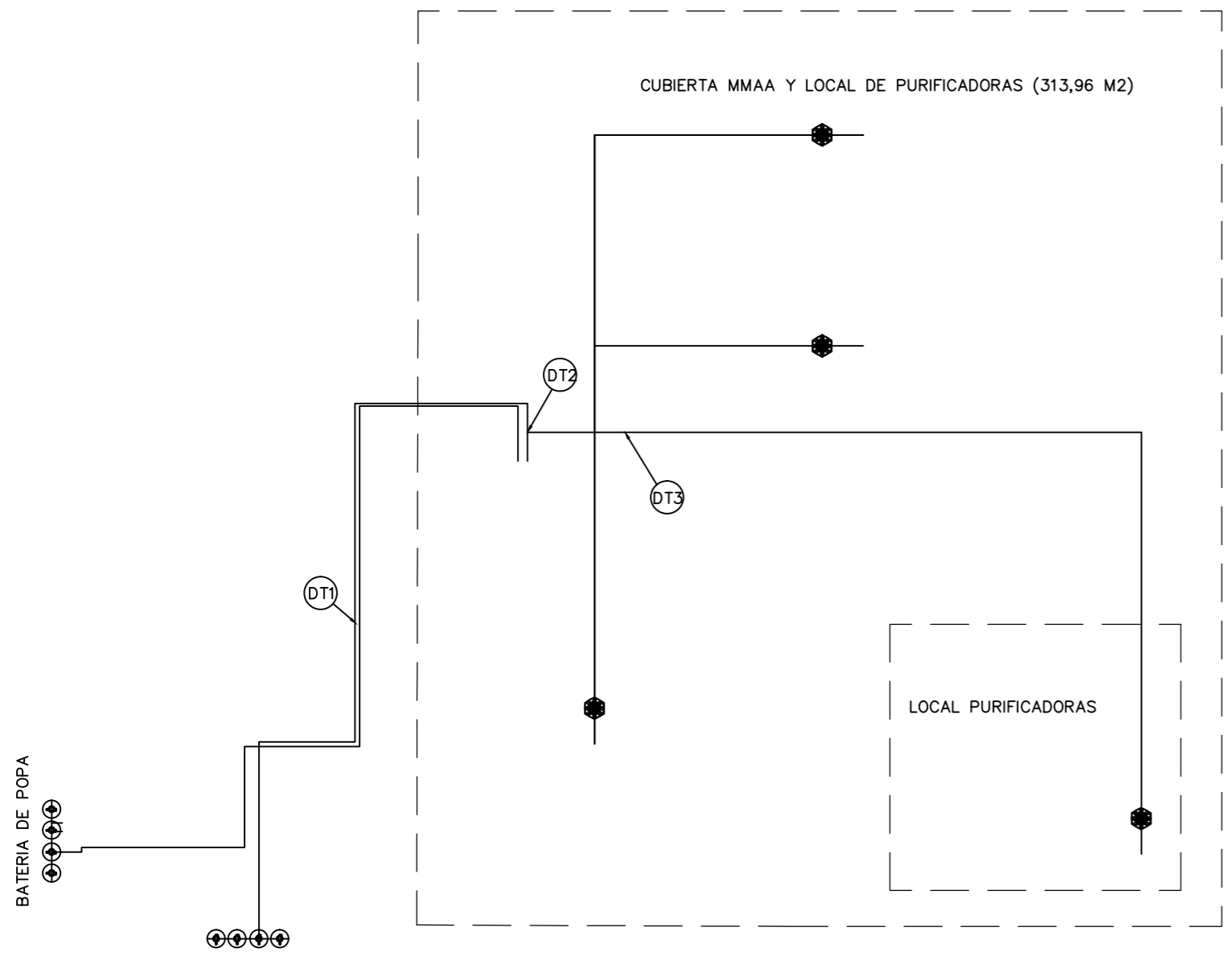
**NOTAS:**

TUBERIA: ASTM/ANSI B36.10 - XS  
 2 1/2" SCH 40  
 SIN SOLDADURA  
 SOPORTES CADA 2500 MM DE TUBERIA


CODOS: CODOS RADIO ANSI B16.9 B16.28  
 2 1/2" SCH 40

DIFUSORES: SOPORTES A CADA LADO A UNA DISTANCIA MAX. DE 300 MM  
 DISTANCIA MAX. ENTRE DIFUSOR Y CUBIERTA SUP. 300 MM

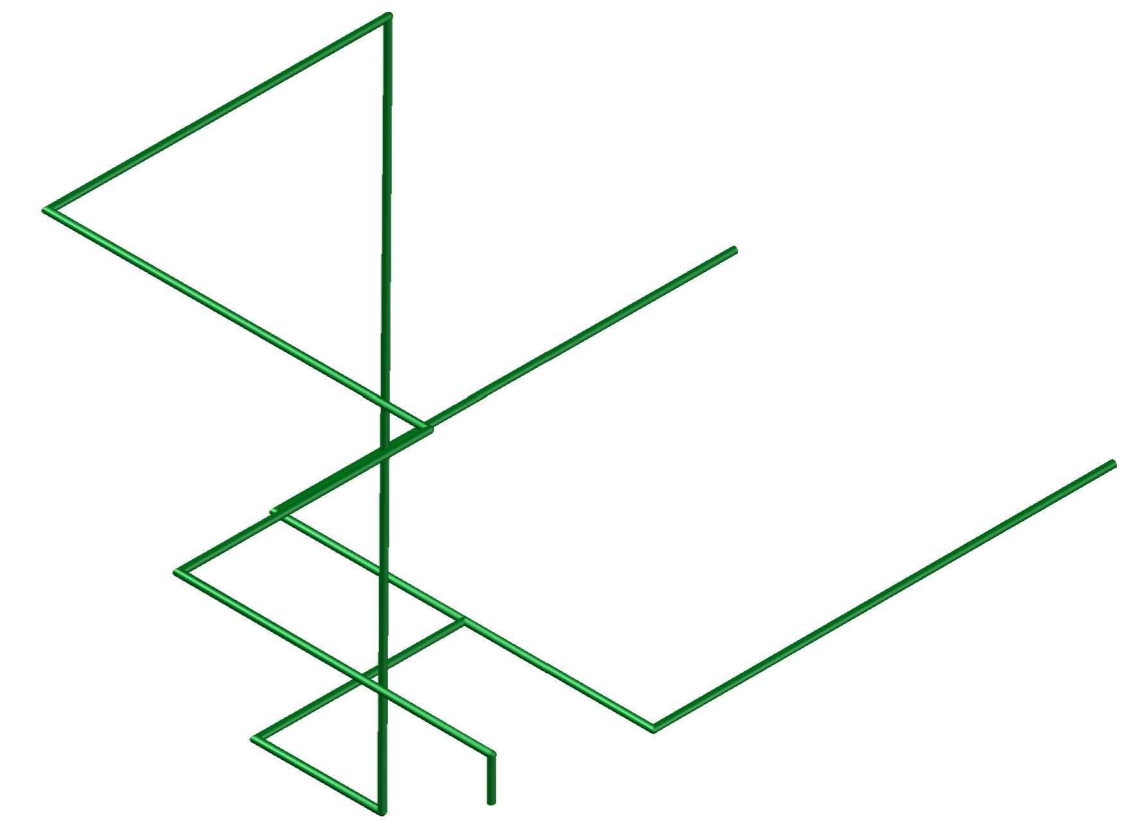
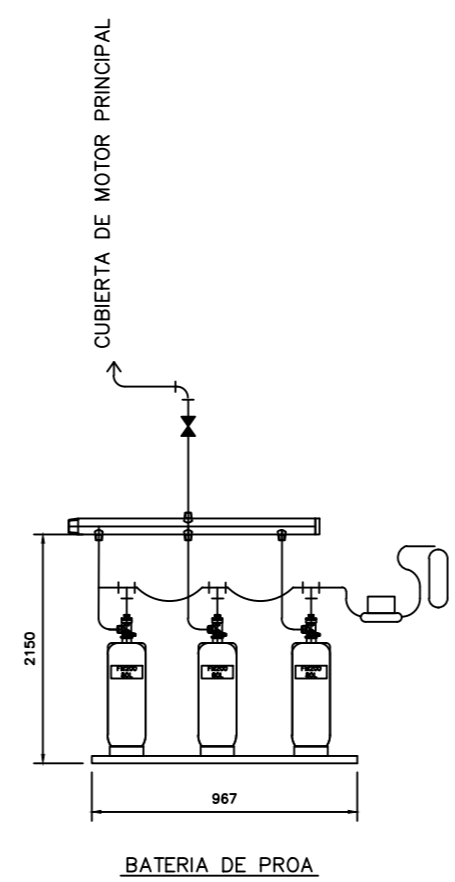
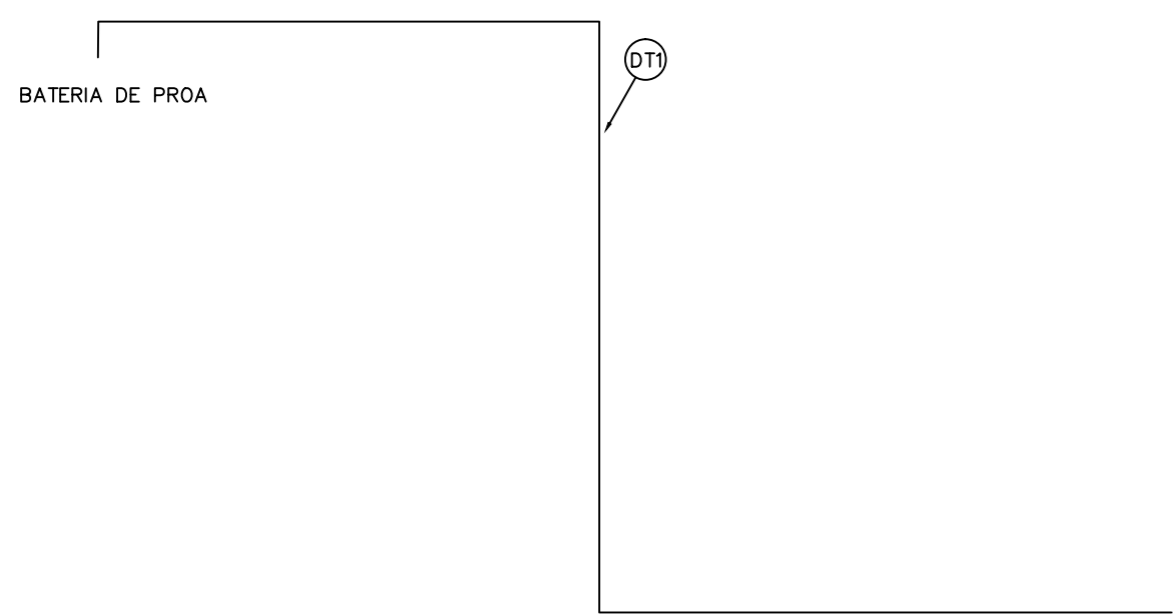
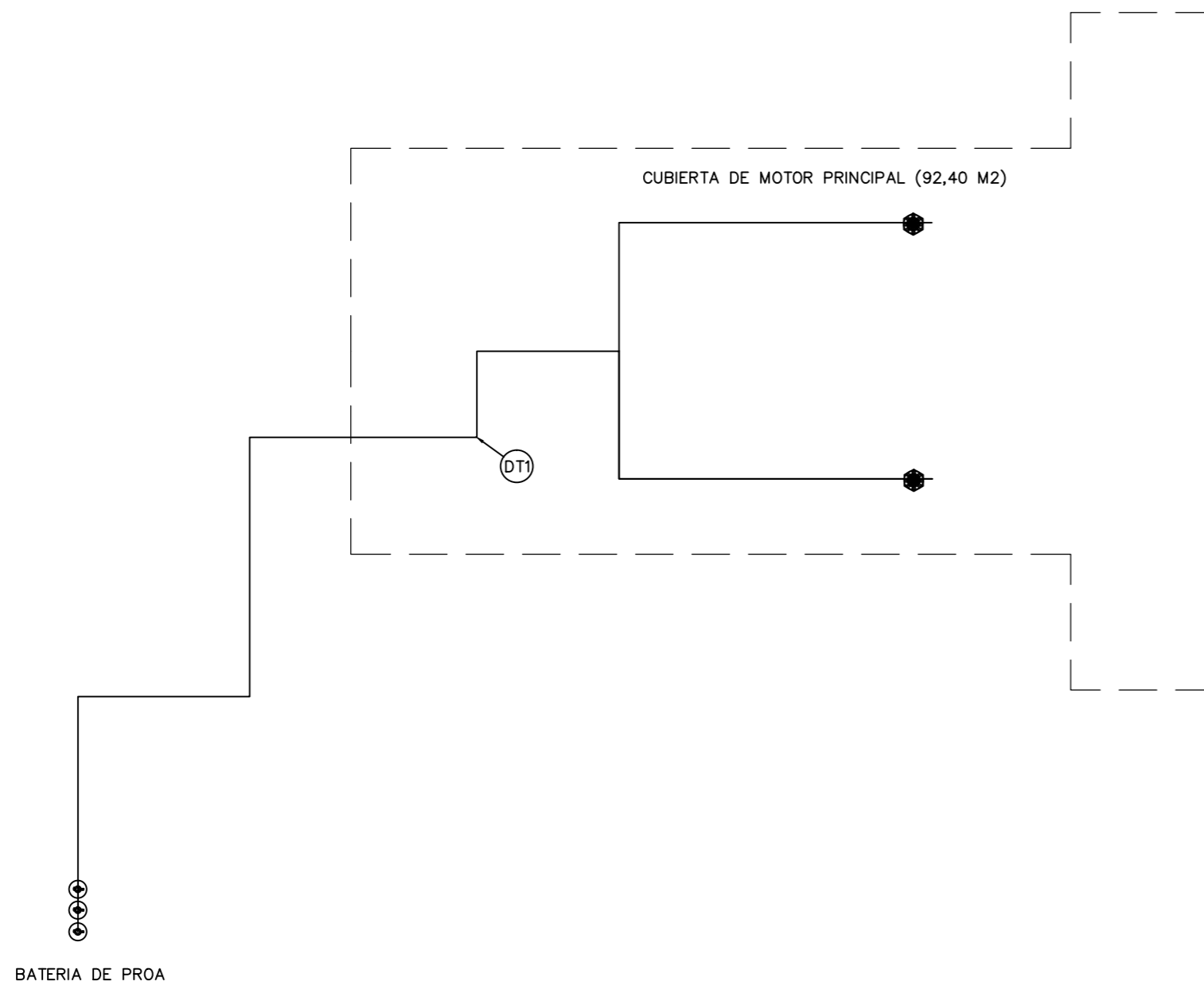
 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b> E.T.S.N.M TECNOLOGÍAS MARINAS	TRABAJO DE FIN DE GRADO CÓDIGO: GTM / E-30-15
	TÍTULO DEL TRABAJO: "CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO2 Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO"
TÍTULO DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS - CUBIERTA SUPERIOR DE C° DE MÁQUINAS Y LOCALES - SISTEMA FM200	FECHA: JUNIO 2015
AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ	ESCALA: 1/100
FIRMA:	PLANO Nº: 10




SIN SOLDADURA  
 SOPORTES CADA 2500 MM DE TUBERIA  
 CODOS: CODOS RADIO ANSI B16.9 B16.28  
 2 1/2" SCH 40  
 DIFUSORES: SOPORTES A CADA LADO A UNA DISTANCIA MAX. DE 300 MM  
 DISTANCIA MAX. ENTRE DIFUSOR Y CUBIERTA SUP. 300 MM

 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b> E.T.S.N.M TECNOLOGÍAS MARINAS	TRABAJO DE FIN DE GRADO CÓDIGO: GTM / E-30-15
	TÍTULO DEL TRABAJO: "CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO2 Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO"
TÍTULO DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS – CUBIERTA MOTORES AUX. Y LOCAL PURIFICADORAS – SISTEMA FM200	FECHA: JUNIO 2015
AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ	ESCALA: 1/150
FIRMA:	PLANO Nº: 11





- NOTAS:**
- TUBERIA: ASTM/ANSI B36.10 – XS  
2 1/2" SCH 40  
SIN SOLDADURA  
SOPORTES CADA 2500 MM DE TUBERIA
  - CODOS: CODOS RADIO ANSI B16.9 B16.28  
2 1/2" SCH 40
  - DIFUSORES: SOPORTES A CADA LADO A UNA DISTANCIA MAX. DE 300 MM  
DISTANCIA MAX. ENTRE DIFUSOR Y CUBIERTA SUP. 300 MM

 <b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b> E.T.S.N.M TECNOLOGÍAS MARINAS		TRABAJO DE FIN DE GRADO CÓDIGO: GTM / E-30-15
TÍTULO DEL TRABAJO: "CÁLCULO Y ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS CO2 Y FM200 DE UN BUQUE DE CARGA GENERAL DE 18700 T DE DESPLAZAMIENTO"		
TÍTULO DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN DE TUBERIAS – CUBIERTA DE MOTOR PRINCIPAL – SISTEMA FM200		FECHA: JUNIO 2015
AUTOR: DANIEL SÁNCHEZ ESTÉVEZ		ESCALA: 1/100
FIRMA:		PLANO Nº: 12