

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA EL CÁLCULO DE
PÉRDIDAS DE CARGA Y SU APLICACIÓN EN UN SISTEMA
DE CONTRAINCENDIOS Y ROCIADO DE UN
PATRULLERO DE 56 METROS
DE ESLORA**

Leonardo IPIALES MARÍN



Centro: E. U. I. T. NAVAL
Titulación: I. T. NAVAL
Fecha: Julio 2009



INDICE

MEMORIA	1
MEMORIA DESCRIPTIVA	2
ALCANCE Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
INTRODUCCION	4
NORMATIVA Y REGLAMENTACION APLICABLE	5
ACRONIMOS	6
DESCRIPCION GENERAL DEL BUQUE	7
1.1.6. DESCRIPCION GENERAL DE LOS SISTEMAS DE EXTINCION	8
1.1.6.1. SISTEMA CONTRA INCENDIOS	8
1.1.6.1.1. Generalidades	9
1.1.6.2. DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS	15
1.1.6.2.1. Demandas de caudal del contraincendios	15
1.1.6.2.2. Caudal para las mangueras	16
1.1.6.2.3. Caudal para los rociadores	16
1.1.6.2.4. Caudal para los servicios conectados al C.I.	16
1.1.6.2.5. Caudal para los servicios conectados al C.I. en emergencia	16
1.1.6.3. CAUDAL NECESARIO DE CONTRA INCENDIOS	17
1.1.6.4. SELECCIÓN DE LAS BOMBAS DE CONTRA INCENDIOS	17
1.1.6.4.1. Número y caudal de las bombas C.I.	17
1.1.6.4.2. Presión de las bombas C.I.	18
1.1.6.5. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DEL SISTEMA C.I.	19
1.1.6.5.1. Anillo de contra incendios	19
1.1.6.6. SISTEMAS DE ROCIADO	21
1.1.6.6.1. Generalidades	21
1.1.6.6.2. Descripción del sistema	21
1.1.6.7. SISTEMAS DE ESPUMA	22
1.1.6.8. OTROS SISTEMAS DE EXTINCION	22
1.1.7. CALCULO DE LONGITUDES TOTALES	23
1.1.7.1. Longitud total en la aspiración de la bomba N° 1	23
1.1.7.2. Longitud total desde la descarga de la bomba N°1, hasta el colector transversal	23

1.1.7.3. Longitud total del colector transversal hacia estribor	24
1.1.7.4. Longitud total desde el extremo de estribor del colector de popa hasta el extremo de estribor del colector medio	24
1.1.7.5. Longitud total desde el extremo de estribor del colector medio hasta salir de la cámara de maquinas por proa	24
1.1.7.6. Longitud total desde el estrechamiento de proa por estribor hasta el colector transversal de proa	25
1.1.7.7. Longitud total en la aspiración de la bomba N° 3	25
1.1.7.8. Longitud total desde la bomba N° 3 al colector transversal de proa por babor	25
1.1.7.9. Longitud total del transversal de proa	26
1.1.7.10. Longitud total desde el extremo de estribor del transversal de proa a la boca de manguera (O)	26
1.1.7.11. Longitud total desde el extremo de babor del transversal de proa que alimenta los sprinklers del pañol de proa	26
1.1.7.12. Longitud total desde la t situada a popa del colector transversal de proa a la t que alimenta los sprinklers del pañol de proa	27
1.1.7.13. Longitud total en el circuito de rociadores del pañol de municiones proa	27
1.1.7.14. Longitud total desde la misma t que alimenta los sprinklers a la boca de manguera (H)	27
1.1.7.15. Longitud total en la aspiración de la bomba N° 2	28
1.1.7.16. Longitud total desde la descarga de la bomba N° 2 al transversal medio	28
1.1.7.17. Longitud total del colector transversal medio hacia babor	28
1.1.7.18. Longitud total del colector transversal medio hacia estribor	29
1.1.7.19. Longitud total desde el colector de babor del transversal medio al extremo de babor del transversal de popa	29
1.1.7.20. Longitud total desde el extremo de babor del colector medio hacia el estrechamiento por proa	29
1.1.7.21. Longitud total desde el estrechamiento de proa por babor a la t que alimenta a los sprinklers de proa	30
1.1.7.22. Longitud total desde el colector de popa a babor	30
1.1.7.23. Longitud total desde el extremo de babor del colector de popa hacia el estrechamiento de popa	30

1.1.7.24. Longitud total del estrechamiento de popa por babor hasta la t que alimenta los rociadores de popa	31
1.1.7.25. Longitud total desde la t que alimenta a los rociadores de popa a la boca de manguera (T)	31
1.1.7.26. Longitud total desde la t que alimenta a los rociadores de popa a los mismos	31
1.1.7.27. Longitud total desde el extremo de estribor del transversal de popa hacia el estrechamiento de popa	32
1.1.7.28. Longitud total desde el estrechamiento de estribor por popa hacia la boca de manguera (X)	32
1.1.8. REPARTO DE CAUDALES	33
1.1.8.1. Reparto de caudales para el primer supuesto de incendio	33
1.1.8.2. Reparto de caudales para el segundo supuesto de incendio	38
1.1.8.3. Reparto de caudales para el tercer supuesto de incendio	42
1.1.9. CALCULO DE LAS PRESIONES DE SALIDA	46
1.1.9.1. Calculo de las pérdidas de carga y presiones en los distintos puntos de salida para el primer supuesto de incendio	47
1.1.9.1.1. Presión en la manguera (H) a partir de las bombas 1, 2 y 3	50
1.1.9.1.2. Presión en la manguera (O) a partir de las bombas 1, 2 y 3	51
1.1.9.1.3. Presión en el sistema de rociado de proa, a partir de las bombas 1, 2 y 3	51
1.1.9.2. Calculo de las pérdidas de carga y presiones en los distintos puntos de salida para el segundo supuesto de incendio	52
1.1.9.2.1. Presión en la manguera (X) a partir de las bombas 1, 2 y 3	55
1.1.9.2.2. Presión en la manguera (T) a partir de las bombas 1, 2 y 3	56
1.1.9.2.3. Presión en el sistema de rociado de proa, a partir de las bombas 1, 2 y 3	57
1.1.9.2.4. Presión en la manguera (Z) a partir de las bombas 1, 2 y 3	58
1.1.9.3. Calculo de las pérdidas de carga y presiones en los distintos puntos de salida para el tercer supuesto de incendio	59
1.1.9.3.1. Presión en la manguera (S) a partir de las bombas 1, 2 y 3	62
1.1.9.3.2. Presión en la manguera (Z) a partir de las bombas 1, 2 y 3	63
1.1.9.3.3. Presión en la manguera (O) a partir de las bombas 1, 2 y 3	64
1.1.9.3.4. Presión en la manguera (V) a partir de las bombas 1, 2 y 3	65
1.1.9.3.5. Presión en la manguera (F) a partir de las bombas 1, 2 y 3	66

1.1.10. DEMANDA DE LOS SISTEMAS DE ROCIADO	67
1.1.10.1. Distribución de los rociadores del pañol de proa	67
1.1.10.2. Distribución de los rociadores del pañol de popa	68
1.1.10.3. Elección del tipo de sprinklers	68
1.1.11. CAVITACIÓN	71
1.1.12. GOLPE DE ARIETE	72
1.1.13. CALCULO DE LA FUERZA EJERCIDA POR EL FLUIDO SOBRE LOS CODOS	73
1.1.13.1. Calculo de la fuerza ejercida por el fluido sobre los codos de DN 100	75
1.1.13.2. Calculo de la fuerza ejercida por el fluido sobre los codos de DN 80	76
1.1.13.3. Calculo de la fuerza ejercida por el fluido sobre los codos de DN 65	77
1.1.13.4. Calculo de la fuerza ejercida por el fluido sobre los codos de DN 50	78
1.1.14. CALCULO DE RESISTENCIA	79
1.1.14.1. ESFUERZO PRODUCIDO POR LA PRESIÓN DEL FLUIDO SOBRE LA TUBERÍA	79
1.1.14.1.1. Esfuerzo producido por la presión del fluido sobre la tubería DN 100	79
1.1.14.1.2. Esfuerzo producido por la presión del fluido sobre la tubería DN 80	80
1.1.14.1.3. Esfuerzo producido por la presión del fluido sobre la tubería DN 65	80
1.1.14.1.4. Esfuerzo producido por la presión del fluido sobre la tubería DN 50	80
1.1.14.2. RESISTENCIA DE LOS TRAMOS DE TUBERÍAS HORIZONTALES A LA FLEXION GENERADA POR SU PROPIO PESO	80
1.1.14.3. CÁLCULOS DE LOS ZUNCHOS PARA LAS TUBERÍAS	86
1.1.15. BIBLIOGRAFÍA	88
1.2. ANEXOS	90
2. TABLAS	104
3. DIAGRAMAS	111
4. PRESUPUESTO	113
4.1. ALCANCE DEL MATERIAL	114
4.2. MANEJO DEL MATERIAL	115

4.3. FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TUBERÍAS	115
4.4. MONTAJE DE VÁLVULAS Y ACCESORIOS DE TUBERÍAS	116
4.5. COSTE TOTAL	116

1. MEMORIA

1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.1. Alcance y objetivos del proyecto.

El proyecto desarrolla una hoja de cálculo, que nos permite automatizar el desarrollo de un sistema de contraincendios y rociado, aplicado a un patrullero de 56 metros de eslora.

El objetivo a alcanzar del proyecto es demostrar que mi diseño cumple con los requisitos a cumplir por la normativa vigente para el sistema de contraincendios una vez calculadas las pérdidas de carga.

Brevemente aclaro el título del proyecto, debido a que puede inducir a error, puesto que no se va a desarrollar un programa, sino una hoja de Microsoft Excel para los cálculos. Indico que el título más acertado para el proyecto sería “Automatización del cálculo de pérdidas de carga y su aplicación en un sistema de contraincendios y rociado de un patrullero de 56 metros de eslora”.

1.1.2. *Introducción.*

La lucha de contraincendios a bordo no se diferencia mucho de la que se realiza en tierra, si se considera que ambas disponen o pueden disponer de los mismos medios. Pero un mejor análisis del problema pone en evidencia una clara distinción entre ellas.

La principal consiste en cuantificación de dichos medios, pues mientras la disponibilidad de agua como agente extintor puede ser escasa en tierra, a bordo, mientras en el buque este flote, es ilimitada pero con el inconveniente de tener que ser utilizada con mucha precaución para asegurar la flotabilidad y estabilidad.

Si consideramos otros agentes extintores, en tierra pueden reponerse con relativa facilidad mientras que a bordo los consumos de estos agentes son irrenovables.

También encontramos claras diferencias cuando tenemos incendios en niveles inferiores a cubierta ya que no podemos actuar por cualquier costado sino solo a través de escotillas o sistemas fijos de rociado.

En este proyecto trataremos de buscar soluciones a cuantos problemas, relativos a incendios, puedan surgir a bordo de un patrullero de 56 m. de eslora.

1.1.3. *Normativa y reglamentación aplicable*

REFERENCIAS:

1. NAVSEA T95010-AA-PRO-030, CHAPTER 521D. “Navsea Practices and Criteria Manual for Firemain System”.
2. DDS-522-1 Design Data Sheet- Shipboard Sprinkler Systems.
3. GL-2003, CHAPTER 3. “Fire Detection and Fire Alarm System”.

1.1.4. Acrónimos.

C.I.	Contraincendios
DN	Diámetro Nominal
MTBF	Mean Time Between Fail
ref.	Referencia

1.1.5. Descripción general del buque.

El sistema que tratamos de diseñar será para un patrullero de altura con las siguientes dimensiones:

Eslora total	56 m.
Manga	7.54 m.
Puntal	4.5 m.
Longitud total de cámara de maquinas	16.5 m.
Calado en popa	1.89 m.

El buque tendrá dos cubiertas, una principal y una baja.

La cámara de maquinas estará dividida en cámara de maquinas proa y popa.

1.1.6. Descripción general de los sistemas de extinción.

A bordo vamos a instalar varios sistemas de extinción de fuego que están estudiados para que cada sistema tenga una misión en función de las características del lugar que protege.

Los sistemas son los siguientes:

- Sistema contraincendios.
- Sistemas de rociado.
- Sistemas de espuma.
- Otros sistemas de extinción.

En este estudio profundizaremos en todo lo referente a sistemas de contraincendios y rociado.

1.1.6.1. Sistema contraincendios.

Los diagramas N°1 y N°2 son una representación en perspectiva isométrica mostrando las tuberías, válvulas, accesorios y bombas pertenecientes al sistema de contraincendios principal que tratamos de diseñar. Basándonos en esas representaciones haremos todos los cálculos y comprobaremos si sería adecuada esa instalación.

El agua a presión se suministra por medio de bombas que aspiran del mar.

Es importante destacar que en este sistema de contraincendios disponemos de válvulas de seccionamiento en cruz para dividir dicho sistema en dos colectores, babor y estribor. Además se dispondrán otras válvulas de seccionamiento en sentido transversal dividiéndolo en tres anillos.

Dichas válvulas tendrán tres condiciones de trabajo:

- condición de navegación: todas las válvulas permanecerán abiertas.
- condición de guerra: las válvulas situadas en crujía estarán cerradas.
- condición de combate: las válvulas situadas en el sentido transversal permanecerán cerradas.

Analizamos la condición de combate por ser la más restrictiva, dispondremos de una bomba en cada uno de los anillos, de este modo cada uno de ellos trabajara independientemente y así se evitara que el sistema C.I. quede inutilizado.

1.1.6.1.1. Generalidades.

La misión del sistema de contraincendios principal es mantener agua a presión de forma permanente en sus tuberías tanto para poder combatir un incendio como para alimentar otros sistemas auxiliares que requerirán agua a presión

El sistema de C.I. suministrara agua salada a los siguientes sistemas o equipos:

- Bocas de C.I.
- Sistemas de rociado de pañoles de munición de proa y popa.
- Sistema de lastre del buque.
- Sistemas de espuma.
- Otros sistemas como enfriadores de aire, circulación de agua salada.

Hemos supuesto varios casos de incendios y mediante los cálculos realizados vemos conveniente instalar 3 bombas de contraincendios (C.I.) de 95 m³/h. localizadas en los siguientes locales:

- Una bomba en la cámara de Maquinas de proa.
- Una bomba en la cámara de Maquinas de popa.
- Una bomba en el pique de proa.

El material de las bombas de contra incendios será en general, bronce para cuerpo, rodete impulsor y camisa y acero inoxidable AISI 316 para el eje impulsor.

El sistema dispondrá de dos colectores longitudinales separados lo más posible. Ambos colectores irán interconectados para formar una serie de anillos. Las bombas descargarán en dichas interconexiones.

Los colectores longitudinales estarán dispuestos horizontalmente bajo la segunda cubierta a proa de la cámara de máquinas de proa y bajo la cubierta principal en popa de la cámara de máquinas popa.

Se instalará un colector de DN 100 en proa que unirá los dos colectores longitudinales y que junto con los colectores de alimentación formarán unos anillos parciales que permitirán mantener el servicio en caso de avería.

El colector quedará protegido por el sistema anti-incrustante y anticorrosivo instalado en las tomas de mar.

Las tuberías ascendentes y ramales de servicio no atravesarán mamparos estancos de subdivisión principal.

El número de conexiones de los servicios se reducirá al mínimo. Se instalará una sola conexión para alimentar a los servicios en zonas próximas. Las conexiones de los servicios se dispondrán de manera tal que se minimice la instalación de válvulas de seccionamiento. Las conexiones para los servicios de emergencia se situarán de forma que el cierre de una válvula de seccionamiento de otros servicios no corte el flujo de agua a los primeros.

Los servicios serán alimentados con agua salada procedente del sistema de contra incendios desde dos secciones independientes, conectándolo mediante un ramal independiente desde cada una de las dos secciones.

Con propósito de extinción de incendios a bordo del buque con éste en puerto, el colector de contraincendios del buque dispondrá de dos conexiones internacionales a tierra de acuerdo con el capítulo 2 del International Code for Fire Safety Systems (IMO).

Mediante **las válvulas de seccionamiento** se podrán aislar zonas de la instalación permitiendo reparaciones sin tener que parar la instalación con vistas al control de averías. Para ello las válvulas se instalarán de acuerdo con la ref. 1.

La siguiente tabla corresponde a las principales válvulas de nuestra instalación indicando su localización y función.

Sobre cubierta principal:

Letra	Localización	Función
T	Intemperie.	Válvula con conexión de manguera.
X	Intemperie.	Válvula con conexión de manguera.
Z	Intemperie.	Válvula con conexión de manguera.
H	Intemperie.	Válvula con conexión de manguera.
O	Intemperie.	Válvula con conexión de manguera.

Cámaras de maquinas proa:

Número	Localización	Función
1	Toma de mar de la bomba C.I. N°2.	Secciona la aspiración de la bomba C.I. N°2.
2	Salida de la bomba C.I. N°2.	Secciona sistema C.I. y evita retorno de flujo a la bomba.
3	Próxima al colector de C.I. de estribor.	Secciona alimentación al colector de estribor.
4	Próxima al mamparo de proa de la cámara de maquinas proa por estribor.	Seccionar el colector longitudinal de estribor.
5	Próxima al colector de C.I. de babor.	Seccionar alimentación al colector de babor.
6	Próxima al mamparo de proa de la cámara de maquinas de proa por babor	Seccionar el colector longitudinal de babor

Cámara de maquinas popa:

Número	Localización	Función
7	Toma de mar de la bomba C.I. N°1	Seccionar la aspiración de la bomba C.I. N°1
8	Salida de la bomba C.I. N°1	Secciona sistema C.I. y evita retomo de flujo a la bomba
9	Próxima al colector de C.I. de estribor.	Secciona alimentación al colector de estribor.
10	Próxima al mamparo de proa de la cámara de maquinas popa por estribor.	Secciona el colector longitudinal de estribor.
11	Próxima al colector de C.I. de babor.	Secciona alimentación al colector de babor.
12	Próxima al mamparo de proa de la cámara de maquinas popa por babor.	Secciona el colector longitudinal de babor.

Bajo cubierta baja:

Número	Localización	Función
13	Toma de mar de la bomba C.I. N° 3	Seccionar la aspiración de la bomba C.I. N° 3.
14	Salida de la bomba de C.I. N° 3.	Secciona sistema C.I. y evita retomo de flujo a la bomba.
15	Próxima al colector de C.I. por estribor, en proa.	Secciona el sistema C.I. en el transversal de proa.
16	Colector longitudinal de babor en proa.	Secciona el colector longitudinal de babor.

Bajo cubierta principal:

Número	Localización	Función
17	Compartimento a proa de pañol de municiones popa.	Seccionar alimentación a pañol de municiones popa y manguera de cubierta (T).
18	Compartimento a proa del pañol de municiones de popa.	Seccionar alimentación al sistema de rociado de popa.
19	Compartimento a proa del pañol de municiones de proa.	Seccionar alimentación a pañol de municiones proa y manguera de cubierta (H).
20	Compartimento a proa del pañol de municiones proa.	Seccionar alimentación al sistema de rociado de proa.

A lo largo del sistema se dispondrán **transmisores de presión** con sus correspondientes señales luminosas de alarma de baja presión en el pupitre del puente de gobierno.

Se dispondrán **conexiones a tierra** que permiten alimentar el sistema C.I. y mantener la presión y caudal en el mismo, cuando el buque este en puerto con las bombas paradas. Esta seria alguna de las conexiones de manguera que habrá dispuesta sobre cubierta.

Cada bomba C.I. aspirara a través de su correspondiente toma de mar y descargara a los colectores. Estas serán de tipo centrífugo accionadas por motor eléctrico. Cada bomba estará provista de una línea de recirculación para proteger a estas cuando no haya demanda de flujo en el sistema.

Las bombas de contraincendios principales (serán autocebadas si fuese necesario) tendrán una capacidad de aproximadamente 95 m³/h cada una y con una presión de descarga de 10 bar y funcionamiento continuo. Se priorizará la selección de bombas horizontales compatible con las facilidades de instalación, operación y mantenimiento

Las bombas de contraincendios tendrán un MTBF mínimo de 12.000 horas en condiciones normales de trabajo.

Las válvulas de seccionamiento del sistema serán de tipo mariposa de altas prestaciones, a excepción de las válvulas de seccionamiento en los extremos de proa y popa del colector que serán válvulas de compuerta.

Los **motores de cada bomba** se **alimentaran** de un cuadro de distribución secundario y estos a su vez se alimentaran del cuadro principal mas próximo, pudiéndose conmutar a otro en caso de avería o por otras causas.

El **arranque y parada** de las bombas se podrá realizar desde su propia estación local o desde la cámara de control central.

Las **bocas de manguera** serán válvulas con acoplo reglamentario para manguera de 1^{1/2"}. Las bocas se dispondrán de forma que sea posible alcanzar cualquier punto desde dos bocas con 15 m. de manguera. Las bocas de incendio se colocaran cerca de los accesorios verticales para facilitar la lucha contra incendios de forma progresiva. Por razones de seguridad tanto para hombres, como para equipos no se instalara boca de incendio en el local de radio ni en ninguno similar. La presión en las toberas de mangueras será de al menos 4,9 bares.

Todos las bocas de contra incendios instalados en el buque serán de bronce y estarán equipados con filtro.

Las bocas de contra incendios expuestos a la intemperie estarán equipados con válvulas de seccionamiento, instaladas en el interior del buque y podrán purgarse.

Se instalará una boca de contra incendios en las proximidades de los pañoles y bodegas de pólvoras y municiones.

Las conexiones de manguera, a las cuales éstas no están normalmente conectadas, estarán provistas de un tapón roscado con cadena de suspensión.

Llevaremos a bordo una **moto bomba diesel** que podrá ser conectada al sistema por cualquier boca de incendio en caso de avería de alguna de las bombas eléctricas o que tengamos una demanda de caudal mayor del que dispongamos.

Por ultimo el sistema se diseñara para evitar los golpes de ariete, teniendo en cuenta un adecuado uso del sistema.

1.1.6.2. Dimensionamiento de los sistemas

1.1.6.2.1. Demandas de caudal del contraincendios

De acuerdo con el punto 3.1.1 de la ref. 1, la capacidad del sistema C.I. se expresa en términos de la demanda total de caudal de C.I., que se describe como la expresión:

$$Q_C = Q_L + Q_S + Q_E$$

Donde:

Q_C = Caudal total calculado de C.I. [m^3/h]

Q_L = Demanda máxima de C.I. [m^3/h]

Q_S = Demanda de los servicios alimentados de C.I. [m^3/h]

Q_E = Demanda de agua salada de los servicios con alimentación de emergencia desde el C.I. [m^3/h]

Q_L es el caudal de agua necesario para combatir el mayor fuego individual o peligro de explosión o la mayor demanda individual de sistemas tales como el de descontaminación. Cualquiera que sea mayor.

En el caso de combatir el fuego o peligro de explosión, este caudal lo denominaremos Q_{LI} y lo determinaremos como la suma de:

$$Q_{LI} = Q_{LH} + Q_{LS}$$

Donde:

Q_{LH} = Caudal para las mangueras C.I. [m^3/h]

Q_{LS} = Caudal para los rociadores [m^3/h]

1.1.6.2.2. Caudal para las mangueras

De acuerdo con la ref. 1, apartado 3.1.1.1 el caudal demandado por las mangueras C.I. en barcos auxiliares es de 744 gal/min (169 m³/h), que dan servicio a 2 mangueras de 1 ½” para combatir el fuego y para 6 mangueras de 1 ½” para enfriamiento de mamparos.

1.1.6.2.3. Caudal para los rociadores

El caudal para el rociado de los paños se tratara posteriormente en el punto 7 de este documento.

1.1.6.2.4. Caudal para los servicios conectados al C.I.

De acuerdo con la ref. 1, apartado 3.1.1.2, son aquellos servicios que están conectados permanentemente al colector de C.I. y que deben permanecer operativos durante la condición de batalla.

Los servicios conectados de forma permanente al C.I. tienen una demanda en puerto de 65 m³/h (4 m³/h desde las descargas de las bombas y 61 m³/h directamente desde el anillo).

1.1.6.2.5. Caudal para los servicios conectados al C.I. en emergencia.

Los servicios que se alimentan del C.I. en emergencia (los datos de caudal proceden de la condición más desfavorable) son:

- Suministro al sistema de circulación de agua salada de los diesel generadores. 2 unidades de 26 m³/h; 52 m³/h.
- Suministro al sistema de circulación de agua salada a las plantas de agua refrigerada. 1 unidad de 58 m³/h; 58 m³/h.

El caudal a considerar será el mayor de:

- Mayor caudal individual: $52 \text{ m}^3/\text{h}$
- 10% del caudal total: $0,1 \times (52+58) = 11 \text{ m}^3/\text{h}$

El caudal a considerar $Q_E = 52 \text{ m}^3/\text{h}$

1.1.6.3. Caudal necesario de contraincendios

Q_{L1} = Demanda para atacar el mayor fuego individual [m^3/h]

$$Q_{L1} = Q_{LH} + Q_{LS} = 170 + 43 = 213 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Q_L = Demanda máxima de C.I. = $Q_{L1} = 213 \text{ m}^3/\text{h}$.

Q_S = Demanda de los servicios alimentados de C.I. = $11 \text{ m}^3/\text{h}$

Q_E = Demanda de agua salada de los servicios con alimentación de emergencia desde el
C.I. = $52 \text{ m}^3/\text{h}$

Por lo que Q_C será:

$$Q_C = Q_L + Q_S + Q_E = 213 + 11 + 52 = 276 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.1.6.4. Selección de las bombas de contraincendios

Lo expuesto en el apartado 3.1, justifica el número de bombas C.I. En los cálculos posteriores se profundiza más sobre ellas.

1.1.6.4.1. Número y caudal de las bombas C.I.

El número de bombas C.I. y su caudal está definido en la ref. 1 para el cálculo del número de bombas. Por lo tanto esto el buque dispondrá de 3 bombas principales C.I. de $95 \text{ m}^3/\text{h}$, las cuales deben cubrir la totalidad de la demanda, por lo que:

$$3 \times 95 = 285 \text{ m}^3/\text{h} > 276 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.1.6.4.2. Presión de las bombas C.I.

De acuerdo con la ref. 1, apartado 3.1.3, se determina la altura mínima total requerida de las bombas C.I. mediante la expresión:

$$H_m = P_d + 0.44 \times D_1 + F_1$$

Donde:

H_m = Altura mínima total requerida [lbs/in²]

P_d = Presión requerida en la descarga del boquil C.I. [lbs/in²]. Debe ser de 4,9 bares (71,2 lbs/in²)

D_1 = Distancia vertical desde el calado en rosca hasta la mitad del nivel más alto de la superestructura [ft]. El calado en rosca es de aproximadamente 4,2 m desde la línea de base. La mitad del nivel más alto será entre la cubierta superior y el techo de la superestructura que da una distancia de 10,5 m desde la línea de base. Tomaremos por lo tanto como distancia $D_1 = 6,3$ m (20,7 ft).

F_1 = Pérdida de carga de la red de tuberías de 15 lbs/in².

0.44 es un factor de conversión de ft a lbs/in².

Introducimos los valores:

$$H_m = 71,2 + 0.44 \times 20,7 + 15 = 95,3 \text{ lbs/in}^2 = 6,6 \text{ bar}$$

La presión establecida para las bombas C.I. es de 10 bar, suficiente para garantizar los 4,9 bares de necesidad de cualquier boquil.

1.1.6.5. Dimensionamiento de tuberías del sistema C.I.

De acuerdo con la ref. 1, CHAPTER 521D. “Navsea Practices and Criteria Manual for Firemain System”:

- Las máximas velocidades admisibles del agua de mar, en los sistemas sujetos a periodos cortos de funcionamiento, tales como los sistemas de descontaminación, sistemas de rociado, sistemas de achique, etc., se permitirá una máxima velocidad de flujo de m/seg.
- El sistema de contraincendios será proyectado para una velocidad de agua salada de 4,5 m/seg., cuando el sistema esté suministrando el 75% de la capacidad total requerida de descarga de contraincendios a la presión nominal.

Para el cálculo de los diámetros utilizaremos la siguiente expresión:

$$Q = v \times A = v \times \pi \frac{D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{3600 \times \pi \times v}} [m]$$

Establecemos como:

$$Q = \text{Caudal de contraincendios [m}^3/\text{h]}$$

$$v = \text{Velocidad de agua en la sección de tubería en [m/s]}$$

$$A = \text{Área interna de la sección de tubería [m}^2\text{]}$$

$$D_c = \text{Diámetro del tubo [m]}$$

1.1.6.5.1. Anillo de contraincendios

Para obtener el diámetro del anillo, se supone el barco en condición de combate, la cual produce el máximo número de segregaciones del sistema C.I. (ref. 3, apartado 2.2.3.2) requeridos durante el combate y cuando otras situaciones de riesgo sean inminentes o puedan aparecer, como incendios y colisiones.

Establecemos 2 condiciones:

(a) Situación normal de combate.

(b) Situación de emergencia.

Condición A: En el anillo descargan 1 bomba en el colector de babor y 1 en el de estribor. La velocidad debe ser inferior a 4,5 m/seg.:

$$Q = 95 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{3600 \times \pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 95}{3600 \times \pi \times 4,5}} = 0,086 \text{ Mts.} = 86 \text{ mm.}$$

Condición B: El anillo tiene un tramo inutilizado. Descargan las 3 bombas en el colector de babor o estribor. De acuerdo con la ref. 1, la velocidad debe ser inferior a 4,5 m/seg el 75% de la demanda máxima. El caudal en el colector será el 75% del total de las 3 bombas menos la demanda de otros servicios y emergencia que toman el agua salada desde un punto anterior al colector (apartado 1.1.6.2.4 y 1.1.6.2.5):

$$Q = (3 \times 95 - 52 - 65) \times 0,75 = 126 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{3600 \times \pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 126}{3600 \times \pi \times 4,5}} = 0,100 \text{ Mts.} = 100 \text{ mm.}$$

Se instalará un anillo de DN 100 (4").

1.1.6.5.2. *Colectores de descarga y aspiración de bombas de contraincendios*

- **Descarga / aspiración de una bomba C.I. principal:**

$$Q = 95 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v = 4,5 \text{ m/s}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{3600 \times \pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 95}{3600 \times \pi \times 4,5}} = 0,086 \text{ m} = 86 \text{ mm.}$$

Se instalará tubería de DN 100 (4").

1.1.6.6. *Sistemas de rociado.*

En el diagrama N°1 tenemos representado en perspectiva isométrica el circuito de tuberías donde aparecen las instalaciones que alimentan a los sprinklers.

1.1.6.6.1. *Generalidades.*

Los sistemas de rociado tienen como misión refrescar o inundar en caso necesario, los espacios donde se almacenan y se ponen en servicio municiones y armas. Para ello emplean agua salada procedente del C.I. que conducidas por ramales que arrancan de una válvula de control descarga a través de boquillas rociadoras dispuesta por el techo del compartimento que atienden.

1.1.6.6.2. *Descripción del sistema.*

El sistema estará formado por dos grupos de rociadores que protegen cada uno de ellos un compartimento. Estos son los pañoles de municiones de proa y popa.

Son de **tipo seco**, es decir, la tubería de distribución a las cabezas rociadoras desde la válvula de control de rociado permanecerá sin agua mientras no funcione el grupo.

Los **grupos de rociado** se alimentaran desde el C.I. a través de válvulas abiertas.

Los **caudales de rociado** serán de $0,49 \text{ m}^3/\text{h}$. por m^2 de mamparo y techo del pañol. Según los cálculos realizados en el pañol de proa necesitaremos $25,4 \text{ m}^3/\text{h}$ y en el de popa $17,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

El rociado de cada grupo se controlara mediante una válvula de control de rociado que podrá ser accionada manualmente, esta abre el paso de agua salada a los sprinklers.

Estas válvulas se podrán accionar tanto desde el compartimento adjunto al pañol correspondiente como desde la cubierta principal.

Se **instalara en dichos pañoles unos sensores** que activen una alarma en caso de peligro de incendio en los mismos.

1.1.6.7. Sistemas de espuma.

La misión de este sistema será la formación, distribución y aplicación de una mezcla de espuma acuosa con agua salada procedente del C.I. en los lugares donde puedan producirse incendios de combustibles y aceites.

La mezcla formara una capa flotante sobre los líquidos inflamables que extinguirá el incendio por sofocación y enfriamiento, cortando la formación de los vapores combustibles y el acceso del oxígeno a ellos.

La función del sistema es la de proporcionar espuma de baja expansión para la extinción de incendios en aquellas zonas en las que sean ineficaces otros sistemas de protección instalados en el buque. Entrará en operación por accionamiento manual de manera remota o local.

1.1.6.8. Otros sistemas de extinción.

Extinción de agentes químicos, este sistema estará constituido básicamente por una serie de extintores portátiles de polvo seco **A, B, C** situados estratégicamente por todo el buque.

Los extintores portátiles son adecuados para la extinción de incendios de cualquier clase, pero su uso esta especialmente indicado para incendios de equipos eléctricos.

La función de los extintores portátiles es la de proporcionar un medio de extinción de incendios de tipo local, para aquellos espacios no atendidos por los sistemas de extinción de incendios y como medio redundante de los que sí lo están.

1.1.7. *Cálculo de longitudes totales.*

Como ya hemos mencionado vamos a centrar el proyecto en lo referente a C.I. y rociado de paños de municiones. Para la realización de los cálculos vamos a esquematizar la instalación y a calcular las longitudes equivalentes de los accesorios de la misma basándonos en los Diagramas N°1 y N°2. Estas longitudes las calculamos mediante el gráfico que figura en la tabla 1. (Anexo 1 y 2)

1.1.7.1. *Longitud total en la aspiración de la bomba N°1. (Diagrama N°2)*

a. Tramos rectos 0,45 m.; DN 100

b. Pasaremos las perdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta	0,68
Tee	7,00
Filtro	0,55
Junta de expansión	0,2

TOTAL = 8,88 Mts.

1.1.7.2. *Longitud total desde la descarga de la bomba N°1, hasta el colector transversal. (Diagrama N°2)*

a. Tramos rectos 1,45 m.; DN 100

b. Pasaremos las perdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de retención	7,00
Codo 90°	7,00
Tee	2 x 7,00
Junta de expansión	0,2

TOTAL = 29,65 Mts.

1.1.7.3. Longitud total del colector transversal hacia estribor. (Diagrama N°2)

a. Tramos rectos 2,05 m.; DN 100

b. Pasaremos las perdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta	0,68
---------------------------	------

Tee	7,00
-----	------

TOTAL = 9,73 Mts.

1.1.7.4. Longitud total desde el extremo de estribor del colector de popa hasta el extremo de estribor del colector medio. (Diagrama N°2)

a. Tramos rectos 8,15 m. DN 100

b. Pasaremos las perdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta	0,68
---------------------------	------

Tee	6 x 7,00
-----	----------

Junta de dilatación	0,2
---------------------	-----

TOTAL = 51,03 Mts.

1.1.7.5. Longitud total desde el extremo de estribor del colector medio hasta salir de la cámara de maquinas por proa. (Diagrama N°2)

a. Tramos rectos 2.25 m. DN 100

b. Pasaremos las perdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta	0,68
---------------------------	------

Codo 90°	2 x 7,00
----------	----------

Tee	7,00
-----	------

Junta de dilatación	0,2
---------------------	-----

TOTAL = 24,13 Mts.

1.1.7.6. Longitud total desde el estrechamiento de proa por estribor hasta el colector transversal de proa. (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 16,7 m. DN 100

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Tee 7

Junta de expansión 3 x 0,2

TOTAL = 24,30 Mts.

1.1.7.7. Longitud total en la aspiración de la bomba N° 3. (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 1.85 m. DN 100

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta 0,68

Tee 7,00

Filtro 0,55

Junta de dilatación 0,2

TOTAL = 10,28 Mts.

1.1.7.8. Longitud total desde la bomba N° 3 al colector transversal de proa por babor. (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 1,1 m. DN 100

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de retención 7,00

Codo 90° 7,00

Tee 7,00

Junta de dilatación 0,2

TOTAL = 22,30 Mts.

1.1.7.9. Longitud total del transversal de proa. (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 2,6 m. DN 100

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta 0,68

Codo 90° 2 x 7,00

Tee 7,00

TOTAL = 24,28 Mts.

1.1.7.10. Longitud total desde el extremo de estribor del transversal de proa a la boca de manguera (O). (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 6,3 m. DN 65

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Codo 90° 2 x 4,35

V. cierre conexión manguera 0,5

TOTAL = 15,50 Mts.

1.1.7.11. Longitud total desde el extremo de babor del transversal de proa que alimenta los sprinklers del pañol de proa. (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 2,3 m. DN 100

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta 0,675

Codo 90° 7

Tee 7

TOTAL = 16,98 Mts.

1.1.7.12. Longitud total desde la T situada a popa del colector transversal de proa a la T que alimenta los sprinklers del pañol de proa. (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 4.1 m. DN 80

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta		0,54
Codo 90°	2 x	5,5
Tee		5,5

TOTAL = 21,14 Mts.

1.1.7.13. Longitud total en el circuito de rociadores del pañol de municiones proa. (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 11,5 m. DN 65

b. Pasamos las pérdidas menores a longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta		0,44
Codo 90°	6 x	4,35
Tee	3 x	4,35

TOTAL = 51,09 Mts.

1.1.7.14. Longitud total desde la misma T que alimenta los sprinklers a la boca de manguera (H). (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 2 m. DN 50

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Codo 90°	2 x	3,5
V. cierre conexión manguera		0,5

TOTAL = 9,50 Mts.

**1.1.7.15. Longitud total en la aspiración de la bomba N°2.
(Diagrama N°2)**

- a. Tramos rectos 1,35 m. DN 100
- b. Pasaremos las perdidas menores a sus longitudes equivalentes.
- | | |
|---------------------------|------|
| Válvula de cierre abierta | 0,68 |
| Codo 90° | 7,00 |
| Tee | 7,00 |
| Filtro | 0,55 |
| Junta de dilatación | 0,2 |

TOTAL = 16,78 Mts.

**1.1.7.16. Longitud total desde la descarga de la bomba N°2 al
transversal medio. (Diagrama N°2)**

- a. Tramos rectos 1,3 m. DN 100
- b. Pasaremos las perdidas menores a sus longitudes equivalentes.
- | | |
|----------------------|----------|
| Válvula de retención | 7,00 |
| Tee | 3 x 7,00 |
| Junta de dilatación | 0,2 |

TOTAL = 29,50 Mts.

**1.1.7.17. Longitud total del colector transversal medio hacia ba-
bor. (Diagrama N°2)**

- a. Tramos rectos 4,45 m. DN 80
- b. Pasaremos las perdidas menores a sus longitudes equivalentes.
- | | |
|---------------------------|---------|
| Válvula de cierre abierta | 0,54 |
| Codo 90° | 2 x 5,5 |
| Tee | 5,5 |

TOTAL = 21,49 Mts.

1.1.7.18. Longitud total del colector transversal medio hacia estribor. (Diagrama N°2)

a. Tramos rectos 5,3 m. DN 80

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta		0,54
Codo 90°	2 x	5,5
V. cierre conexión manguera		0,6

TOTAL = 17,44 Mts.

1.1.7.19. Longitud total desde el extremo de babor del transversal medio al extremo de babor del transversal de popa. (Diagrama N°2)

a. Tramos rectos 7,35 m. DN 100

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta		0,68
Junta de dilatación		0,2

TOTAL = 8,23 Mts.

1.1.7.20. Longitud total desde el extremo de babor del colector medio hacia el estrechamiento por proa. (Diagrama N°2)

a. Tramos rectos 1,25 m. DN 100

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta		0,675
Codo 90°	2 x	7
Junta de dilatación		0,2
Estrechamiento		0,5

TOTAL = 16,63 Mts.

1.1.7.21. Longitud total desde el estrechamiento de proa por babor a la T que alimenta a los sprinklers de proa. (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 11,5 m. DN 100

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Junta de dilatación	3 x 0,2
---------------------	---------

TOTAL = 12,10 Mts.

1.1.7.22. Longitud total desde el colector de popa a babor. (Diagrama N°2)

a. Tramos rectos 4,35 m. DN 100

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta	0,68
---------------------------	------

Codo 90°	2 x 7,00
----------	----------

Tee	7,00
-----	------

TOTAL = 26,03 Mts.

1.1.7.23. Longitud total desde el extremo de babor del colector de popa hacia el estrechamiento de popa. (Diagrama N°2)

a. Tramos rectos 11,6 m. DN 80

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Codo 90°	3 x 5,5
----------	---------

Tee	5,5
-----	-----

Estrechamiento	0,45
----------------	------

TOTAL = 34,05 Mts.

1.1.7.24. Longitud total del estrechamiento de popa por babor hasta la Te que alimenta los rociadores de popa. (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 6,90 m. DN 80

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Válvula de cierre abierta		0,54
Codo 90°	2 x	5,5
Tee		5,5

TOTAL = 23,94 Mts.

1.1.7.25. Longitud total desde la Te que alimenta a los rociadores de popa a la boca de manguera (T). (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 1,50 m. DN 50

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Codo 90°		3,5
V. cierre conexión manguera		0,5

TOTAL = 5,50 Mts.

1.1.7.26. Longitud total desde la Te que alimenta a los rociadores de popa a los mismos. (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 13,50 mm DN 80

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Codo 90°	5 x	5,5
Tee	6 x	5,5

TOTAL = 74,00 Mts.

1.1.7.27. Longitud total desde el extremo de estribor del transversal de popa hacia el estrechamiento de popa. (Diagrama N°2)

a. Tramos rectos 10,25 m. DN 80

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes.

Codo 90° 3 x 5,5

Estrechamiento 0,45

TOTAL = 27,20 Mts.

1.1.7.28. Longitud total desde el estrechamiento de estribor por popa hacia la boca de manguera (X). (Diagrama N°1)

a. Tramos rectos 4,80 m. DN 65

b. Pasaremos las pérdidas menores a sus longitudes equivalentes

Codo 90° 4 x 4,35

V. cierre conexión manguera 0,5

TOTAL (m) = 22,7

1.1.8. *Reparto de caudales.*

Ya tenemos pasados todos los accesorios a sus equivalentes en metros de tubería. Esto nos facilitara la aplicación del **método de Hardy Cross** para conocer el reparto de caudales y una vez conocido este reparto podremos calcular las pérdidas de energía en las tuberías y comprobar si con la instalación elegida se cumplen nuestras necesidades de presión en los distintos supuestos de incendio que plantearemos.

1.1.8.1. *Reparto de caudales para el primer supuesto de incendio.*

Supongamos un incendio en el pañol de municiones de proa y en la misma cubierta principal.

Según la ref. 1 necesitamos 0,49 m³/h de agua por metro cuadrado de mamparo y techo de pañol. Por tanto en el pañol de proa tendremos la siguiente demanda de caudal:

Mamparo de babor	4 x 3 =	12 m ²
Mamparo de estribor	4 x 2,5 =	10 m ²
Mamparo de proa	3 x 2,5 =	7,5 m ²
Mamparo de popa	3 x 3,2 =	9,6 m ²
Techo del pañol	4 x 3,2 =	12,8 m ²
	TOTAL =	52 m ²

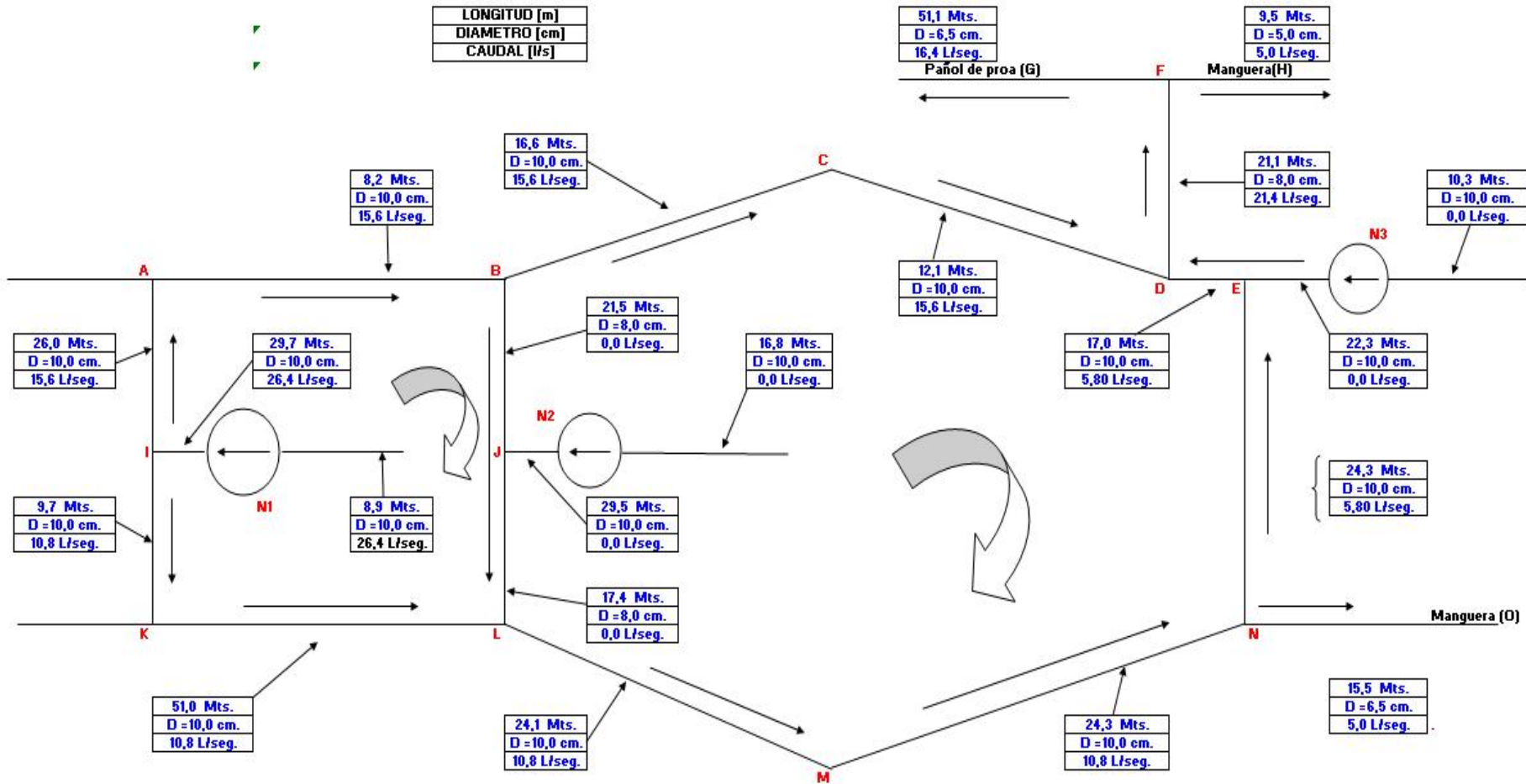
Por tanto necesitaremos 25,4 m³/h. Según el requerimiento según la ref. 1.

Además en la cubierta de proa tendremos 2 mangueras en activo, cada una de ellas con un caudal de 18 m³/h.

En total tendremos una demanda de 61,4 m³/h. Hemos supuesto que instalamos 3 bombas de 95 m³/h cada una por tanto el servicio estaría cubierto sin problemas.

Para aplicar el método de reparto de caudales hemos esquematizado el circuito de la siguiente forma:

Esquema reducido de la instalación con los caudales para el primer estudio.



Para la corrección de los caudales supuestos mediante el método de Hardy Cross usaremos las siguientes ecuaciones (anexo 4 y ref. 3):

$$V = 0,8494 \times C_1 \times R^{0,63} \times S^{0,54}$$

Donde:

V = Velocidad del fluido en m/s.

C_1 = Coeficiente de la rugosidad relativa de Hazen-Williams (tablas.2).

R = Radio hidráulico en metros.

S = Pendiente de la línea en altura piezométrica.

$$Q = S' \times V$$

Donde:

S = Sección de la tubería.

Con estas dos ecuaciones obtenemos la siguiente que nos servirá para calcular (S).

$$Q = S' \times [0,8494 \times C_1 \times R^{0,63} \times S^{0,54}]$$

El radio hidráulico lo calculamos con la siguiente expresión:

$$R = \frac{d}{4}$$

Donde (d) es el diámetro interior de la tubería en metros. Para el cálculo de las secciones usamos la ecuación siguiente:

$$S' = \pi \frac{d^2}{4}$$

Donde (d) es el diámetro de la tubería en metros. Para el cálculo del incremento usamos la siguiente expresión:

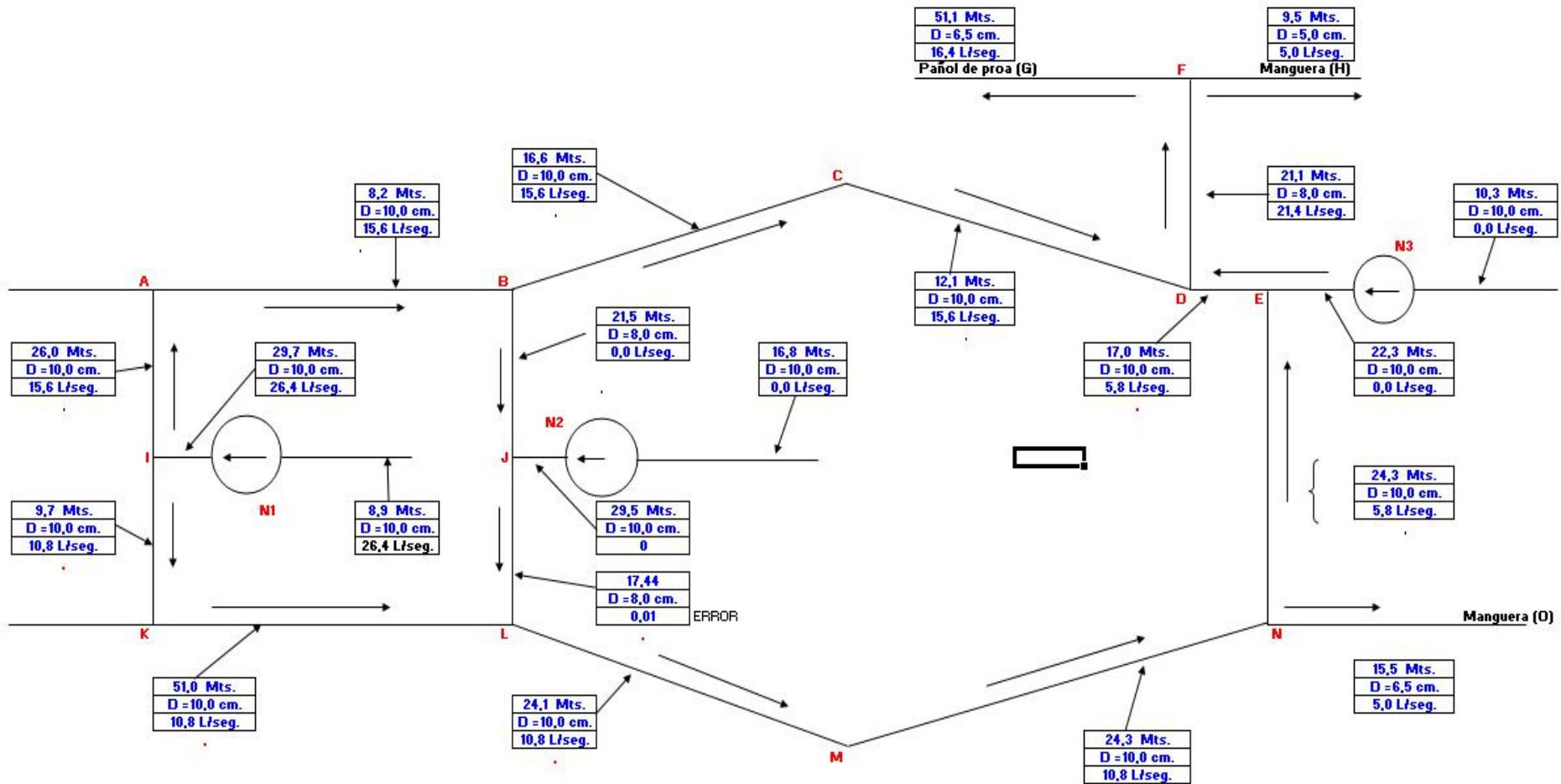
$$\Delta = - \frac{\sum H_l}{1.85 \sum \frac{H_l}{Q_0}}$$

MÉTODO DE HARDY CROSS

Tramo	DN cm	L m	Q ₀ supuesto	S	LH	LH/Q ₀	?		Q ₁
			L/s	m/1000 m	m				
IA	10	26,0 Mts.	15,6 L/seg.	401,41	10,447	0,670	0,000		15,6 L/seg.
AB	10	8,2 Mts.	15,6 L/seg.	401,41	3,302	0,212	0,000		15,6 L/seg.
BJ	8	21,5 Mts.	0,0 L/seg.	322,04	6,921	1180,573	0,000	0,009	0,0 L/seg.
JL	8	17,4 Mts.	0,0 L/seg.	322,04	5,616	958,082	0,000	0,009	0,0 L/seg.
LK	10	51,0 Mts.	-10,8 L/seg.	-400,73	-20,447	1,894	0,000		-10,8 L/seg.
IK	10	9,7 Mts.	-10,8 L/seg.	-400,73	-3,897	0,361	0,000		-10,8 L/seg.
1		E = 52,79	grafica		E = 1,941		2141,792		52,8 L/seg.
$? = - (ELH / (1,85 E(LH/Q))) = 0,000$									
JB	8	21,5 Mts.	0,0 L/seg.	-322,04	-6,921	1180,573	0,009	0,000	0,0 L/seg.
BC	10	16,6 Mts.	15,6 L/seg.	401,41	6,673	0,428	0,009		15,6 L/seg.
CD	10	12,1 Mts.	15,6 L/seg.	401,41	4,857	0,312	0,009		15,6 L/seg.
DE	10	17,0 Mts.	-5,8 L/seg.	-397,90	-6,754	1,164	0,009		-5,8 L/seg.
EN	10	24,3 Mts.	-5,8 L/seg.	-397,90	-9,659	1,665	0,009		-5,8 L/seg.
NM	10	24,3 Mts.	-10,8 L/seg.	-400,73	-9,738	0,902	0,009		-10,8 L/seg.
ML	10	24,1 Mts.	-10,8 L/seg.	-400,73	-9,668	0,895	0,009		-10,8 L/seg.
LJ	8	17,4 Mts.	0,0 L/seg.	-322,04	-5,616	958,082	0,009	0,000	0,0 L/seg.
2		E = 64,39	grafica		E = -36,826		2144,021		64,4 L/seg.
$? = - (ELH / (1,85 E(LH/Q))) = 0,009$									

Una vez efectuando el método de Hardy Cross en este primer supuesto los caudales están representados en el siguiente esquema. Como se puede apreciar los caudales requeridos quedan suficientemente cubiertos.

PRIMER SUPUESTO DE INCENDIO



1.1.8.2. *Reparto de caudales para el segundo supuesto de incendio.*

Este segundo supuesto estará localizado en el pañol de municiones de popa y en la misma cubierta principal. La demanda de caudal en el pañol la calculamos con la misma norma que en el caso anterior. Así obtenemos:

Techo	8,4 m ²
Mamparos	27,6 m ²
Total =	36,0 m ²

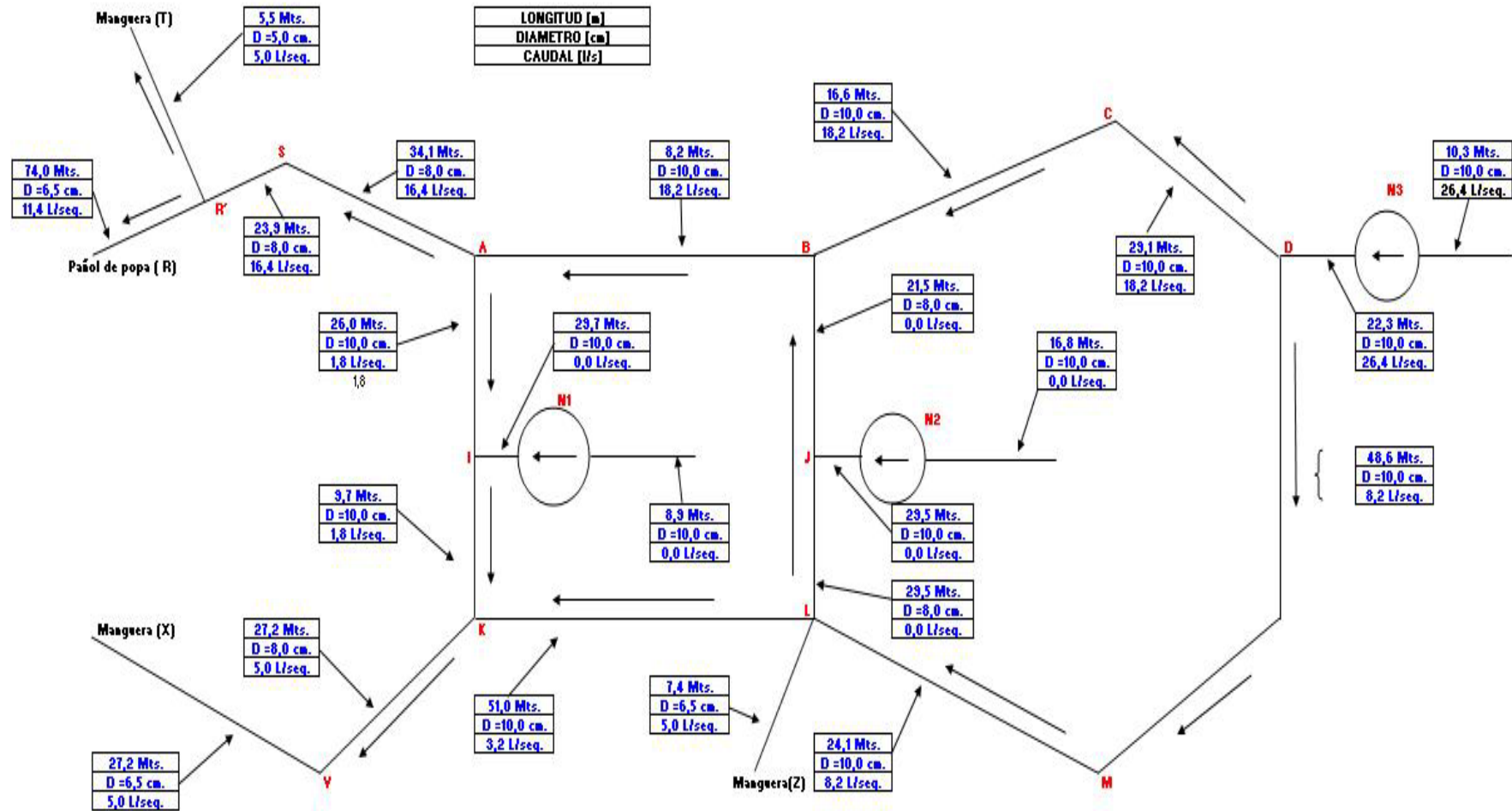
Por tanto necesitaremos 17,6 m³/h. Según el requerimiento según la ref. 1.

Además estarán en activo las 3 mangueras de popa con una demanda de caudal de 18 m³/h cada una.

En este caso tendremos una demanda total de 54 m³/h. Con las bombas elegidas para el primer supuesto tendremos suficiente.

A continuación esquematizamos la instalación para este segundo supuesto y hacemos un reparto de caudales. Estos serán corregidos por el mismo método que el anterior.

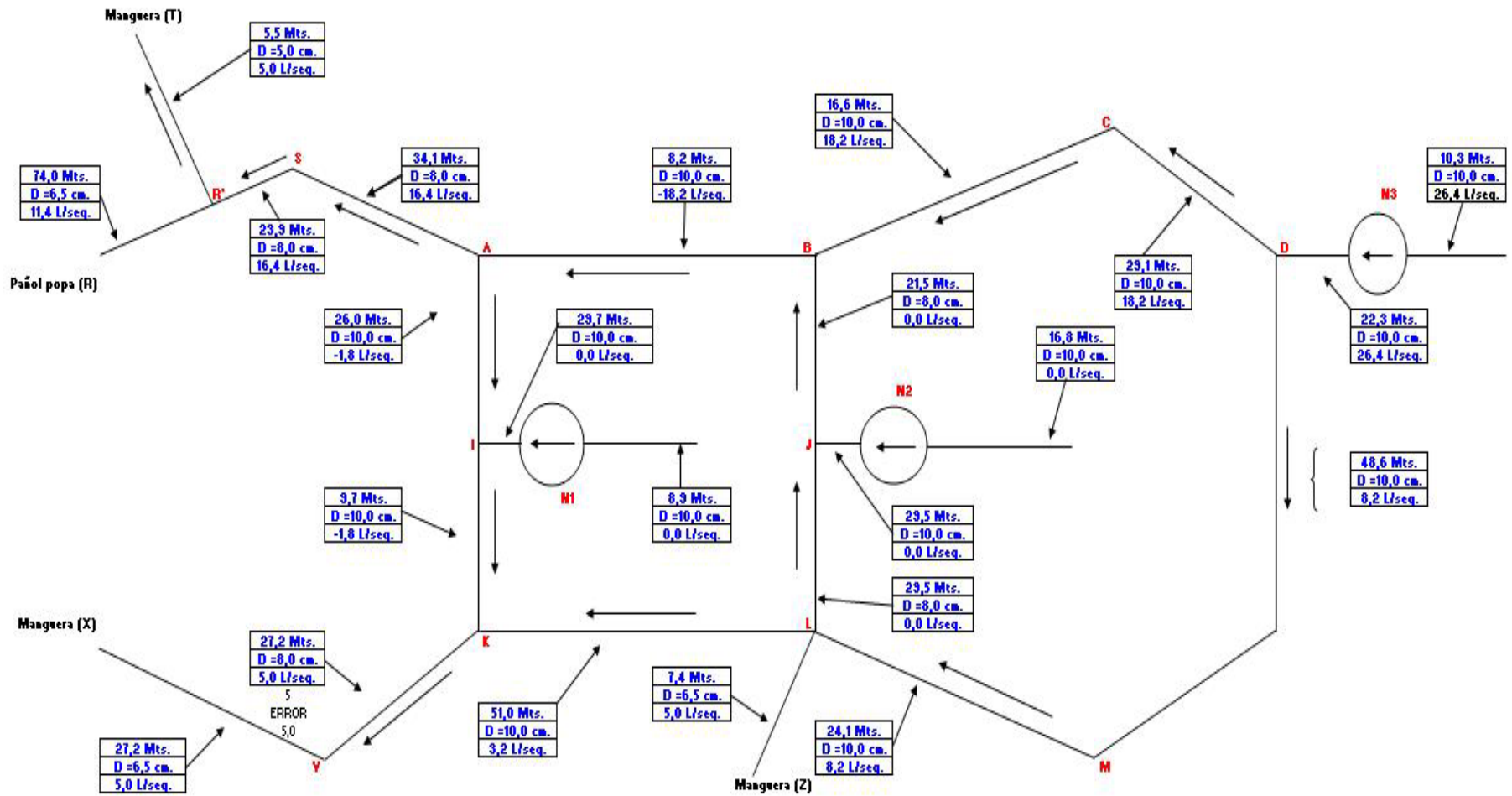
Esquema reducido de la instalación con los caudales para el segundo estudio.



MÉTODO DE HARDY CROOS

Tramo	DN cm	L m	Q ₀ supuesto	S	LH	LH/Q ₀	?		Q
			L/s	m/1000m	m				
IA	10	26,025	-1,8L/seg	-376,23	-9,791	5,440	-0,004		-1,80L/seg
AB	10	8,225	-18,2L/seg	-376,23	-3,094	0,170	-0,004		-18,19L/seg
BJ	8	21,49	0,0L/seg	322,05	6,921	1132,513	-0,004	-0,001	0,00L/seg
JL	8	29,5	0,0L/seg	322,05	9,501	1554,636	-0,004	-0,001	0,00L/seg
LK	10	51,025	3,2L/seg	390,14	19,907	6,221	-0,004		3,20L/seg
KI	10	9,725	-1,8L/seg	-376,23	-3,659	2,033	-0,004		-1,80L/seg
1	E = 25,00		grafica	E = 19,784		2701,012			21,39L/seg
$? = -(ELH / (1,85 E(LHQ))) = -0,004$									
JB	8	21,49	0,0L/seg	-376,23	-8,085	1323,020	0,001	0,004	0,00L/seg
BC	10	16,625	-18,2L/seg	-376,23	-6,255	0,344	0,001		-18,19L/seg
CD	10	29,075	-18,2L/seg	-376,23	-10,939	0,601	0,001		-18,19L/seg
DM	10	48,575	8,2L/seg	399,70	19,415	2,339	0,001		8,20L/seg
ML	10	24,125	8,2L/seg	399,70	9,643	1,177	0,001		8,20L/seg
LJ	8	29,5	0,0L/seg	-376,23	-11,039	1816,151	0,001	0,004	0,00L/seg
2	E = 52,79		grafica	E = -7,319		3143,662			52,78L/seg
$? = -(ELH / (1,85 E(LHQ))) = 0,001$									

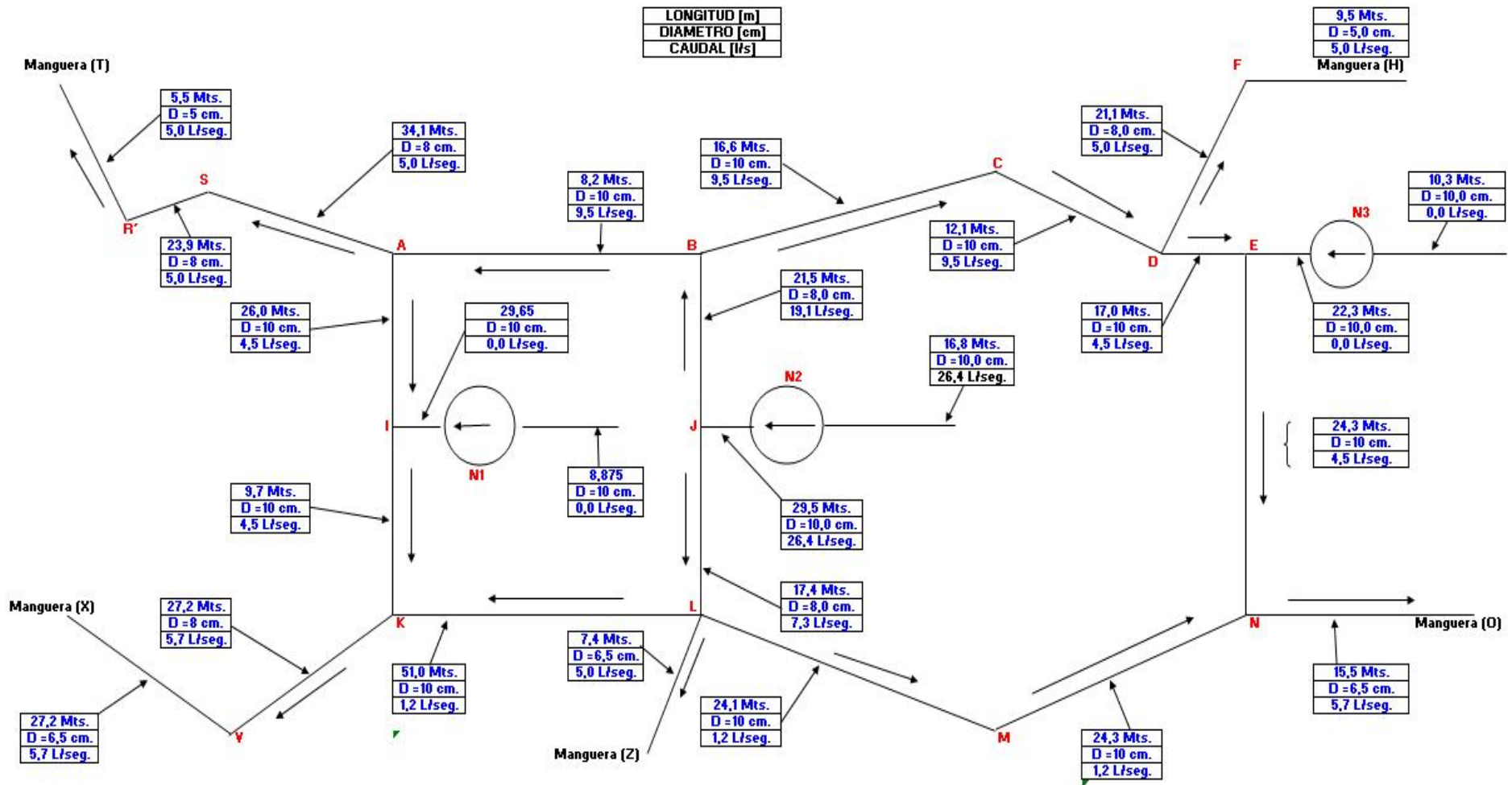
SEGUNDO SUPUESTO DE INCENDIO



1.1.8.3. *Reparto de caudales para el tercer supuesto de incendio.*

Vamos a considerar un ultimo caso en el cual vamos a tener un incendio en la cubierta principal, así estarían en servicio todas las mangueras de cubierta. Serían 5 con un caudal de 5 l/s cada una en total serían 25 l/s es decir 90 m³/h. Con las bombas ya elegidas tendríamos suficiente caudal. Para el reparto de caudales volvemos a aplicar Hardy Cross.

Esquema reducido de la instalación con los caudales para el tercer estudio.



MÉTODO DE HARDY CROSS

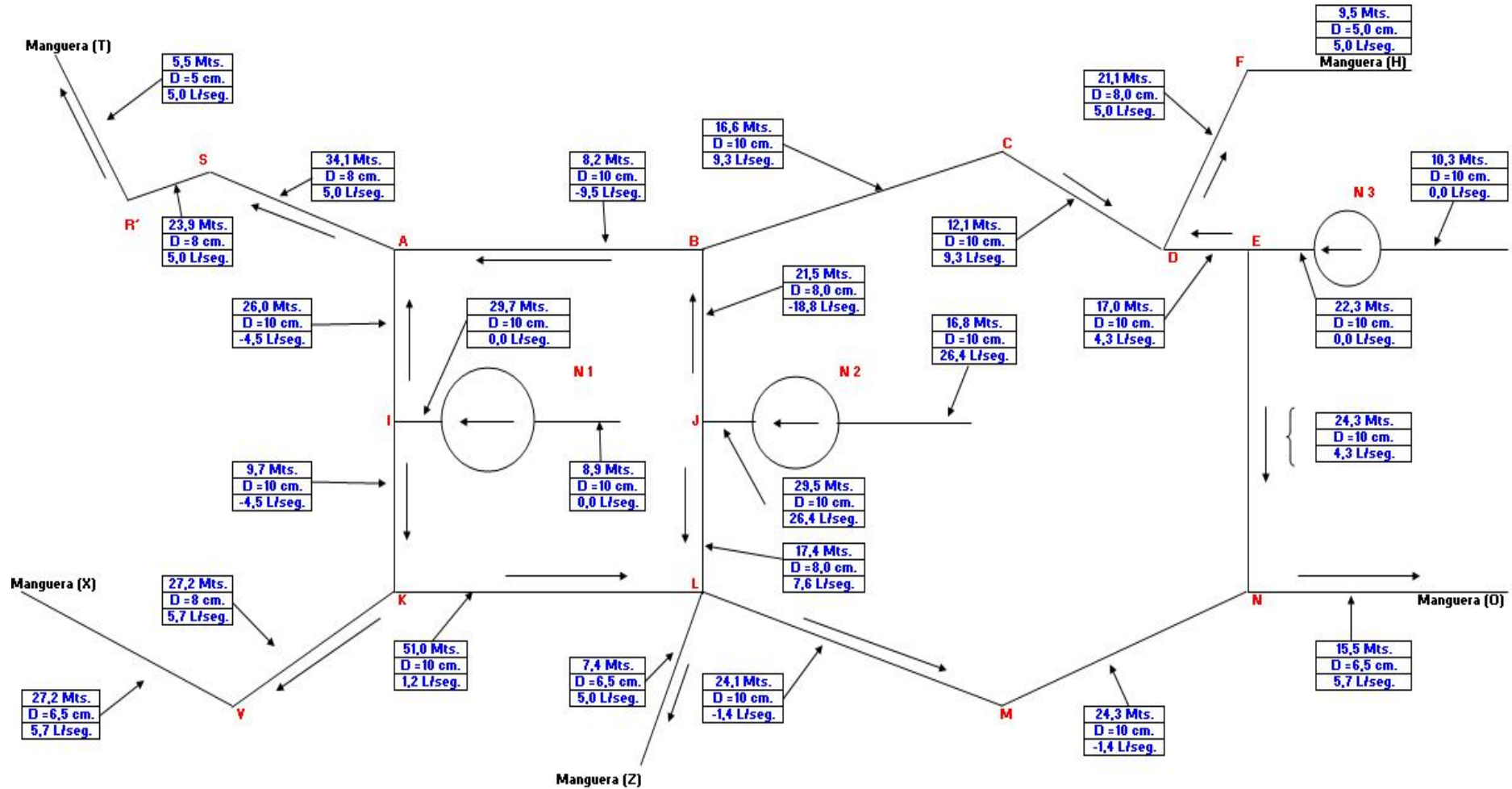
Tramo	DN cm	L m	Q ₀ supuesto	S	LH	LH/Q ₀	?		Q ₁
			L/s	m/1000 m	m				
IA	10	26,025	-4,5 L/seg.	-396,25	-10,312	2,279	0,012		-4,51 L/seg.
AB	10	8,225	-9,5 L/seg.	-396,25	-3,259	0,342	0,012		-9,51 L/seg.
BJ	8	21,49	-19,1 L/seg.	-396,25	-8,515	0,447	0,012	0,244	-18,79 L/seg.
JL	8	17,44	7,3 L/seg.	399,25	6,963	0,949	0,012	0,244	7,60 L/seg.
LK	10	51,025	1,2 L/seg.	362,89	18,516	15,833	0,012		1,18 L/seg.
KI	10	9,725	-4,5 L/seg.	-396,25	-3,8535	0,852	0,012		-4,51 L/seg.
1	E = 46,133		grafica	E = -0,461		20,702			37,08

$$? = - (ELH / (1,85 E(LH/Q))) = 0,012$$

JB	8	21,49	19,1 L/seg.	401,57	8,630	0,453	-0,244	-0,012	18,79 L/seg.
BC	10	16,625	9,5 L/seg.	400,29	6,655	0,699	-0,244		9,28 L/seg.
CD	10	12,1	9,5 L/seg.	400,29	4,844	0,509	-0,244		9,28 L/seg.
DE	10	16,975	4,5 L/seg.	396,25	6,726	1,486	-0,244		4,28 L/seg.
EN	10	24,275	4,5 L/seg.	396,25	9,619	2,126	-0,244		4,28 L/seg.
NM	10	24,3	-1,2 L/seg.	-401,57	-9,758	8,344	-0,244		-1,41 L/seg.
ML	10	24,125	-1,2 L/seg.	-401,57	-9,688	8,284	-0,244		-1,41 L/seg.
LJ	8	17,44	-26,4 L/seg.	-401,57	-7,003	0,265	-0,244	-0,012	-26,65 L/seg.
2	E = 66,83		grafica	E = 10,024		22,166			66,83

$$? = - (ELH / (1,85 E(LH/Q))) = -0,244$$

TERCER SUPUESTO DE INCENDIO



1.1.9. *Cálculo de las presiones de salida.*

Para ello, una vez que hemos corregido los caudales supuestos, tenemos que conocer las pérdidas de energía en cada tramo. Estos cálculos habrá que realizarlos en cada supuesto.

Para estos cálculos usaremos las siguientes expresiones (ref. 1 y anexo 3):

$$h_p = f \frac{V^2}{2g} \left[\frac{L_e + L_r}{D} \right]$$

Donde:

V = Velocidad del fluido en el tramo considerado en m/s.

L_e = Longitud equivalente en metros de los accesorios.

L_r = Longitud de tramos rectos.

D = Diámetro de la tubería en metros.

f = Coeficiente de rozamiento que obtendremos en el diagrama de Moody (tabla. 3).

$$Q = S \cdot V$$

Donde:

Q = Caudal en m³/s.

S = Sección en m².

V = Velocidad del fluido en m/s.

$$S = \pi \frac{D^2}{4}$$

$$R = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

Donde ν sería coeficiente de viscosidad cinemática (tabla 4).

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D}$$

Donde:

ε = Valor de rugosidad absoluta medida en cm.

ε_r = Valor de rugosidad relativa.

D = Diámetro de la tubería en cm.

El valor de ε según la tabla 2 es de 0,00015 cm. para acero comercial.

Para estos cálculos usaremos los esquemas reducidos de la instalación. En cada caso partiremos de cada bomba hasta llegar a los puntos que alimenta.

Las presiones de salida las calculamos aplicando la siguiente fórmula.

$$P = E - E_p = E_1 - [(h_{AB} + h_{BC} + h_{CD} + h_{DE} + h_{EF} + h_{...})\gamma]$$

Donde:

P = Presión de salida en kg/cm².

E = Presión inicial en kg/cm².

E_p = Pérdida de presión en kg/cm².

h = Pérdida de energía en cada tramo en m.

γ = Peso específico de agua salada (1025 Kg/ m³).

Una vez calculada la presión de salida para cada supuesto, se procede a verificar si la presión obtenida es correcta de acuerdo a los requisitos de nuestro sistema.

1.1.9.1. Cálculo de las pérdidas de carga y presiones en los distintos puntos de salida para el primer supuesto de incendio.

Para ello usaremos las expresiones anteriores.

Como se muestra en la tabla siguiente, Se ha calculado las pérdidas de carga para cada tramo del primer supuesto.

PERDIDAS DE CARGAS POR TRAMOS PARA EL PRIMER SUPUESTO								
II	S = 7,854E-03 V = 3,360 R = 248186 C _r = 1,50E-05 f = 0,015 h _{II} = 2,56	m ² m / s turbulento m	CD	S = 7,854E-03 V = 1,986 R = 146687 C _r = 1,50E-05 f = 0,0138 h _{CD} = 0,34	m ² m / s turbulento m	IK	S = 7,854E-03 V = 1,375 R = 101535 C _r = 1,50E-05 f = 0,0215 h _{IK} = 0,20	m ² m / s turbulento m
IA	S = 7,854E-03 V = 1,985 R = 146651 C _r = 1,50E-05 f = 0,019 h _{IA} = 0,99	m ² m / s turbulento m	DF	S = 5,027E-03 V = 4,255 R = 251451 C _r = 1,88E-05 f = 0,015 h _{DF} = 3,66	m ² m / s turbulento m	KL	S = 7,854E-03 V = 1,375 R = 101535 C _r = 1,50E-05 f = 0,0215 h _{KL} = 1,06	m ² m / s turbulento m
AB	S = 7,854E-03 V = 1,985 R = 146651 C _r = 1,50E-05 f = 0,019 h _{AB} = 0,31	m ² m / s turbulento m	FH	S = 1,963E-03 V = 2,546 R = 94049 C _r = 3,00E-05 f = 0,018 h _{FH} = 1,13	m ² m / s turbulento m	LM	S = 7,854E-03 V = 1,37 R = 101498 C _r = 1,50E-05 f = 0,018 h _{LM} = 0,42	m ² m / s turbulento m
BC	S = 7,854E-03 V = 1,986 R = 146687 C _r = 1,50E-05 f = 0,014 h _{BC} = 0,47	m ² m / s turbulento m	FG	S = 3,318E-03 V = 4,939 R = 237133 C _r = 2,31E-05 f = 0,016 h _{FG} = 15,65	m ² m / s turbulento m	MN	S = 7,854E-03 V = 1,374 R = 101498 C _r = 1,50E-05 f = 0,018 h _{MN} = 0,42	m ² m / s turbulento m

JL $S = 5,027E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,003 \text{ m / s}$ $R = 172$ laminar $C_r = 1,88E-05$ $f = 0,021$ $h_{JL} = 0,00 \text{ m}$	3E $S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,000 \text{ m / s}$ $R = 0$ laminar $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,017$ $h_{3E} = 0,00 \text{ m}$	NO $S = 3,318E-03 \text{ m}^2$ $V = 1,507 \text{ m / s}$ $R = 72346$ turbulento $C_r = 2,31E-05$ $f = 0,0175$ $h_{NO} = 0,48 \text{ m}$
JB $S = 5,027E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,001 \text{ m / s}$ $R = 34$ laminar $C_r = 1,88E-05$ $f = 0,02$ $h_{JB} = 0,00 \text{ m}$	ED $S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,737 \text{ m / s}$ $R = 54474$ turbulento $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,0175$ $h_{ED} = 0,08 \text{ m}$	2J $S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,000 \text{ m / s}$ $R = 0$ laminar $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,015$ $h_{2J} = 0,00 \text{ m}$
	EN $S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,737 \text{ m / s}$ $R = 54474$ turbulento $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,028$ $h_{EN} = 0,19 \text{ m}$	

Las bombas que vamos a instalar van a dar una presión de 7 kg/cm^2 . Ahora vamos a ver si tenemos las presiones requeridas por el sistema en los puntos deseados.

1.1.9.1.1. Presión en la manguera (H) a partir de las bombas N° 1, 2 y 3 (Fig.2).

$$P_{H1} = E_1 - E_p = E_1 - [(h_{1I} + h_{IA} + h_{AB} + h_{BC} + h_{CD} + h_{DF} + h_{FH})\gamma]$$

$$P_{H2} = E_2 - E_p = E_2 - [(h_{2J} + h_{JB} + h_{BC} + h_{BC} + h_{CD} + h_{DF} + h_{FH})\gamma]$$

$$P_{H3} = E_3 - E_p = E_3 - [(h_{3I} + h_{ED} + h_{DF} + h_{FH})\gamma]$$

Cálculo de las presiones de salida en la MANGUERA "H"				
Presión de bombas =	7	kg/cm ²		
Presión en manguera -H a partir de la bomba 1	P _{H1} =	60296	kg/m ²	P _H = 6,03 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	5	kg/cm ²	Presión correcta
Presión en manguera -H a partir de la bomba 2	P _{H2} =	64263	kg/m ²	P _H = 6,43 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	5	kg/cm ²	Presión correcta
Presión en manguera -H a partir de la bomba 3	P _{H3} =	65002	kg/m ²	P _H = 6,50 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	5	kg/cm ²	Presión correcta

La presión que necesitábamos en este punto es de 7 kg/cm² y nosotros la superamos consideramos aceptable la bomba elegida.

1.1.9.1.2. Presión en la manguera (O) a partir de las bombas N° 1, 2 y 3 (Fig.2).

$$P_{O1} = E_1 - E_p = E_1 - [(h_{1I} + h_{IK} + h_{AB} + h_{KL} + h_{LM} + h_{MN} + h_{NO})\gamma]$$

$$P_{O2} = E_2 - E_p = E_2 - [(h_{2J} + h_{JL} + h_{LM} + h_{MN} + h_{LM} + h_{MN} + h_{NO})\gamma]$$

$$P_{O3} = E_3 - E_p = E_3 - [(h_{3E} + h_{EN} + h_{NO})\gamma]$$

Cálculo de las Presiones de salida en la MANGUERA “O”			
Presión de bombas =	7	kg / cm ²	
Presión en manguera - O a partir de la bomba 1	P _{O1} =	64728 kg/m ²	P _{O1} = 6,47 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	5 kg/cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - O a partir de la bomba 2	P _{O2} =	68644 kg/m ²	P _{O2} = 6,86 Kg/cm ²
Presión que necesita	P =	5 kg/cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - O a partir de la bomba 3	P _{O3} =	69311 kg/m ²	P _{O3} = 6,93 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	5 kg/cm ²	Presión correcta

La presión que necesitábamos en este punto es de 7 kg/cm² y nosotros la superamos consideramos aceptable la bomba elegida.

1.1.9.1.3. Presión en el sistema de rociado de proa, a partir de las bombas N° 1, 2 y 3 (Fig.2).

$$P_{G1} = E_1 - E_p = E_1 - [(h_{1I} + h_{AB} + h_{BC} + h_{CD} + h_{DF} + h_{FG})\gamma]$$

$$P_{G2} = E_2 - E_p = E_2 - [(h_{2J} + h_{JB} + h_{BC} + h_{CD} + h_{DF} + h_{FG})\gamma]$$

$$P_{G3} = E_3 - E_p = E_3 - [(h_{3E} + h_{ED} + h_{DF} + h_{FG})\gamma]$$

Cálculo de las Presiones de salida en ROCIADO DE PROA “G”			
Presión de bombas = 7 kg / cm ²			
Presión en rociado proa a partir de la bomba 1	P _{G1} = 46432 kg/m ²	P _{G1} = 4,64 kg/cm ²	
Presión que necesita	P = 3 kg/cm ²		Presión correcta
Presión en rociado proa a partir de la bomba 2	P _{G2} = 49380 kg/m ²	P _{G2} = 4,94 kg/cm ²	
Presión que necesita	P = 3 kg/cm ²		Presión correcta
Presión en rociado proa a partir de la bomba 3	P _{G3} = 50120 kg/m ²	P _{G3} = 5,01 kg/cm ²	
Presión que necesita	P = 3 kg/cm ²		Presión correcta

La presión en los sprinklers debe ser 3 kg/cm², con esta instalación esta suficientemente cubierto el servicio.

Por lo tanto para este primer supuesto de incendio tendríamos suficiente con 3 bombas de 95 m³/h y 7 kg/cm² de presión. Comprobaremos con los demás supuestos para asegurarnos que la instalación será adecuada en los casos planteados.

1.1.9.2. Cálculo de las pérdidas de carga y presiones en los distintos puntos de salida para el segundo supuesto de incendio.

Las perdidas de carga las calcularemos de igual modo que en los casos anteriores.

Para facilitar los cálculos usaremos los esquemas que a tenemos con los caudales calculados por el método de Hardy-Cross.

PERDIDAS DE CARGA POR TRAMOS PARA EL SEGUNDO SUPUESTO

1 I $S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,000 \text{ m / s}$ $R = 0$ laminar $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,015$ $h_{1I} = 0,000 \text{ m}$	DC $S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = 2,316 \text{ m / s}$ $R = 171111$ turbulento $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,0195$ $h_{DC} = 1,552 \text{ m}$	IK $S = 7,854E-03$ $V = 0,230$ $R = 16966$ $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,0212$ $h_{IK} = 0,006$
IA $S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = -0,230 \text{ m / s}$ $R = -16966$ laminar $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,0195$ $h_{IA} = 0,014 \text{ m}$	2J $S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,000 \text{ m / s}$ $R = 0$ laminar $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,015$ $h_{2J} = 0,000 \text{ m}$	KL $S = 7,854E-03$ $V = 0,407$ $R = 30059$ $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,0223$ $h_{KL} = 0,096$
AB $S = 7,85E-03 \text{ m}^2$ $V = 2,316 \text{ m / s}$ $R = 171102$ turbulento $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,017$ $h_{AB} = 0,382 \text{ m}$	TS $S = 1,963E-03 \text{ m}^2$ $V = 2,55 \text{ m / s}$ $R = 94049,3$ turbulento $C_r = 3,00E-05$ $f = 0,018$ $h_{TS} = 0,655 \text{ m}$	LM $S = 7,854E-03$ $V = 1,04$ $R = 77075$ $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,0204$ $h_{LM} = 0,273$
BC $S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = 2,316 \text{ m / s}$ $R = 171111$ turbulento $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,02$ $h_{BC} = 0,910 \text{ m}$	SR $S = 3,318E-03 \text{ m}^2$ $V = 3,433 \text{ m / s}$ $R = 164839$ turbulento $C_r = 2,31E-05$ $f = 0,017$ $h_{SR} = 11,639 \text{ m}$	AV $S = 5,027E-03$ $V = 3,261$ $R = 192712$ $C_r = 1,88E-05$ $f = 0,0157$ $h_{AV} = 3,622$

VS $S = 5,027E-03 \text{ m}^2$ $V = 3,261 \text{ m/s}$ $R = 192712$ turbulento $C_r = 1,88E-05$ $f = 0,0155$ $h_{VS} = 2,517 \text{ m}$	3D $S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = 3,360 \text{ m/s}$ $R = 248186$ turbulento $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,017$ $h_{3D} = 2,18 \text{ m}$	KY $S = 5,027E-03$ $V = 0,995$ $R = 58781$ $C_r = 1,88E-05$ $f = 0,0182$ $h_{KY} = 0,312$
JB $S = 5,027E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,000 \text{ m/s}$ $R = 11$ laminar $C_r = 1,88E-05$ $f = 0,0205$ $h_{JB} = 0,000 \text{ m}$	LZ $S = 3,318E-03 \text{ m}^2$ $V = 1,507 \text{ m/s}$ $R = 72346$ turbulento $C_r = 2,31E-05$ $f = 0,019$ $h_{LZ} = 0,25 \text{ m}$	YX $S = 3,318E-03$ $V = 1,507$ $R = 72346$ $C_r = 2,31E-05$ $f = 0,0181$ $h_{YX} = 0,877$
JL $S = 5,027E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,000 \text{ m/s}$ $R = 11$ laminar $C_r = 1,88E-05$ $f = 0,0203$ $h_{JL} = 0,000 \text{ m}$	DM $S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = 1,043 \text{ m/s}$ $R = 77075$ turbulento $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,0205$ $h_{DM} = 0,553 \text{ m}$	AV $S = 5,03E-03$ $V = 3,261$ $R = 192712$ $C_r = 1,88E-05$ $f = 0,017$ $h_{AV} = 3,922$
ST $S = 1,963E-03 \text{ m}^2$ $V = 2,546 \text{ m/s}$ $R = 94049$ turbulento $C_r = 3,00E-05$ $f = 0,0155$ $h_{ST} = 0,564 \text{ m}$		

Las bombas que vamos a instalar van a dar una presión de 7 kg/cm^2 . Ahora vamos a ver si tenemos las presiones requeridas por el sistema en los puntos deseados.

1.1.9.2.1. Presión en la manguera (X) a partir de las bombas N° 1, 2 y 3 (Fig.2).

$$P_{X1} = E_1 - E_p = E_1 - [(h_{1I} + h_{IK} + h_{KY} + h_{YX})\gamma]$$

$$P_{X2} = E_2 - E_p = E_2 - [(h_{2J} + h_{JL} + h_{LK} + h_{KY} + h_{YX})\gamma]$$

$$P_{X3} = E_3 - E_p = E_3 - [(h_{3D} + h_{DM} + h_{ML} + h_{LK} + h_{KY} + h_{YX})\gamma]$$

Cálculo de las Presiones de salida en la MANGUERA "X"			
Presión de bombas =	7	kg/cm ²	
Presión en manguera - X a partir de la bomba 1	P _{X1} =	68775 kg/m ²	P _{X1} = 6,88 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	5 kg/cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - X a partir de la bomba 2	P _{X2} =	68682 kg/m ²	P _{X2} = 6,87 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	5 kg/cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - X a partir de la bomba 3	P _{X3} =	65597 kg/m ²	P _{X3} = 6,56 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	5 kg/cm ²	Presión correcta

La presión que necesitábamos en este punto es de 5 kg/cm² y nosotros la superamos consideramos aceptable la bomba elegida.

1.1.9.2.2. Presión en la manguera (T) a partir de las bombas N° 1, 2 y 3 (Fig.2).

$$P_{T1} = E_1 - E_p = E_1 - [(h_{1l} + h_{1A} + h_{AV} + h_{VS} + h_{ST})\gamma]$$

$$P_{T2} = E_2 - E_p = E_2 - [(h_{2j} + h_{JB} + h_{BA} + h_{AV} + h_{VS} + h_{ST})\gamma]$$

$$P_{T3} = E_3 - E_p = E_3 - [(h_{3D} + h_{DC} + h_{CB} + h_{BA} + h_{AV} + h_{VS} + h_{ST})\gamma]$$

Cálculo de las Presiones de salida en la MANGUERA "T"			
Presión de bombas =	7	kg/cm ²	
Presión en manguera - T a partir de la bomba 1	P _{T1} =	62808 kg/m ²	P _{T1} = 6,28 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	5 kg/cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - T a partir de la bomba 2	P _{T2} =	62430 kg/m ²	P _{T2} = 6,24 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	5 kg/cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - T a partir de la bomba 3	P _{T3} =	57668 kg/m ²	P _{T3} = 5,77 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	5 kg/cm ²	Presión correcta

La presión que necesitábamos en este punto es de 5 kg/cm² y nosotros la superamos consideramos aceptable la bomba elegida.

1.1.9.2.3. Presión en el sistema de rociado de popa, a partir de las bombas N^o 1, 2 y 3 (Fig.4).

$$P_{R1} = E_1 - E_p = E_1 - [(h_{1I} + h_{1A} + h_{AV} + h_{VS} + h_{SR})\gamma]$$

$$P_{R2} = E_2 - E_p = E_2 - [(h_{2J} + h_{JB} + h_{BA} + h_{AV} + h_{VS} + h_{SR})\gamma]$$

$$P_{R3} = E_3 - E_p = E_3 - [(h_{3D} + h_{DC} + h_{CB} + h_{BA} + h_{AV} + h_{VS} + h_{SR})\gamma]$$

Cálculo de las Presiones de salida en ROCIADO DE POPA "R"			
Presión de bombas =	7	kg/cm ²	
Presión en rociado popa a partir de la bomba 1	P _{R1} =	51764 kg/m ²	P _{R1} = 5,2 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	3 kg/cm ²	Presión correcta
Presión en rociado popa a partir de la bomba 2	P _{R2} =	51386 kg/m ²	P _{R2} = 5,1 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	3 kg/cm ²	Presión correcta
Presión en rociado popa a partir de la bomba 3	P _{R3} =	46316 kg / m ²	P _{R3} = 4,6 kg/cm ²
Presión que necesita	P =	3 kg/cm ²	Presión correcta

La presión en los sprinklers debe ser 3 kg/cm², con esta instalación esta suficientemente cubierto el servicio.

1.1.9.2.4. Presión en la manguera (Z) a partir de las bombas N° 1, 2 y 3 (Fig.2).

Según los esquemas de reparto de caudales, esta bomba N°1 no alimenta esta manguera “Z” en este supuesto de incendio.

$$P_{Z2} = E_2 - E_p = E_2 - [(h_{2J} + h_{JL} + h_{LZ})\gamma]$$

$$P_{Z3} = E_3 - E_p = E_3 - [(h_{3D} + h_{DM} + h_{ML} + h_{LZ})\gamma]$$

Cálculo de las Presiones de salida en la MANGUERA "Z"			
Presión de bombas =	7	kg/cm ²	
Presión en manguera - Z	a partir de la bomba 1		
SEGÚN EL SUPUESTO ESTA BOMBA NO ALIMENTA ESTA MANGUERA "Z"			
Presión en manguera - Z	$P_{Z2} = 69745$	kg/m ²	$P_{Z2} = 6,97$ kg/cm ²
a partir de la bomba 2			
Presión que necesita	P = 5	kg/cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - Z	$P_{Z3} = 66660$	kg/m ²	$P_{Z3} = 6,67$ kg/cm ²
a partir de la bomba 3			
Presión que necesita	P = 5	kg/cm ²	Presión correcta

La presión que necesitábamos en este punto es de 5 kg/cm² y nosotros la superamos consideramos aceptable la bomba elegida.

Por lo tanto para queda demostrado que este supuesto de incendio también quedaría cubierto con las bombas elegidas de 95 m³/h de caudal y 7 kg/cm² de presión.

1.1.9.3. Cálculo de las pérdidas de energía y presiones en los distintos puntos de salida para el tercer supuesto de incendio.

Las pérdidas de energía las calcularemos de igual modo que en los casos anteriores.

Para facilitarnos los cálculos usaremos los esquemas que ya tenemos con los caudales calculados por el método de Hardy-Cross.

PERDIDAS DE CARGAS POR TRAMOS PARA EL TERCER SUPUESTO					
1 I	S = 7,854E-03 m ² V = 0,000 m / s R = 0 laminar C _r = 1,50E-05 f = 0,015 h ₁₁ = 0,000 m	DC	S = 7,854E-03 m ² V = 1,182 m / s R = 87283 turbulento C _r = 1,50E-05 f = 0,022 h ₁₁ = 0,190 m	IK	S = 7,854E-03 m ² V = 0,575 m / s R = 42444 turbulento C _r = 1,50E-05 f = 0,0192 h ₁₁ = 0,031 m
IA	S = 7,854E-03 m ² V = -0,575 m / s R = -42444 laminar C _r = 1,50E-05 f = 0,0214 h ₁₁ = 0,094 m	2J	S = 7,854E-03 m ² V = 3,360 m / s R = 248186 turbulento C _r = 1,50E-05 f = 0,015 h ₁₁ = 2,549 m	KL	S = 7,854E-03 m ² V = 0,150 m / s R = 11112 turbulento C _r = 1,50E-05 f = 0,0245 h ₁₁ = 0,014 m
AB	S = 7,85E-03 m ² V = 1,211 m / s R = 89469 turbulento C _r = 1,50E-05 f = 0,022 h ₁₁ = 0,135 m	MN	S = 7,854E-03 m ² V = 0,180 m / s R = 13297 turbulento C _r = 1,50E-05 f = 0,028 h _{MN} = 0,011 m	LM	S = 7,854E-03 m ² V = 0,18 m / s R = 13297 turbulento C _r = 1,50E-05 f = 0,029 h ₁₁ = 0,012 m
BC	S = 7,854E-03 m ² V = 1,182 m / s R = 87283 turbulento C _r = 1,50E-05 f = 0,023 h ₁₁ = 0,272 m	DD'	S = 5,027E-03 m ² V = 0,995 m / s R = 58781 turbulento C _r = 1,88E-05 f = 0,0195 h ₁₁ = 0,260 m	AR	S = 5,027E-03 m ² V = 0,995 m / s R = 58781 turbulento C _r = 1,88E-05 f = 0,0157 h ₁₁ = 0,337 m
RR'	S = 5,027E-03 m ² V = 0,995 m / s R = 58781 turbulento C _r = 1,88E-05 f = 0,0185 h ₁₁ = 0,279 m	3E	S = 7,854E-03 m ² V = 0,000 m / s R = 0 laminar C _r = 1,50E-05 f = 0,017 h ₁₁ = 0,00 m	KT	S = 5,027E-03 m ² V = 1,133 m / s R = 66945 turbulento C _r = 1,88E-05 f = 0,021 h ₁₁ = 0,468 m

JB	$S = 5,027E-03 \text{ m}^2$ $V = -3,739 \text{ m/s}$ $R = -220940$ laminar $C_r = 1,88E-05$ $f = 0,021$ $h_{11} = 4,023 \text{ m}$	LZ	$S = 3,318E-03 \text{ m}^2$ $V = 1,507 \text{ m/s}$ $R = 72346$ turbulento $C_r = 2,31E-05$ $f = 0,0195$ $h_{11} = 0,26 \text{ m}$	TV	$S = 3,318E-03 \text{ m}^2$ $V = 1,716 \text{ m/s}$ $R = 82394$ turbulento $C_r = 2,31E-05$ $f = 0,0195$ $h_{11} = 1,226 \text{ m}$
JL	$S = 5,027E-03 \text{ m}^2$ $V = 1,511 \text{ m/s}$ $R = 89292$ turbulento $C_r = 1,88E-05$ $f = 0,0198$ $h_{11} = 0,503 \text{ m}$	EN	$S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,545 \text{ m/s}$ $R = 40258$ turbulento $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,02$ $h_{11} = 0,074 \text{ m}$	AR	$S = 5,03E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,995 \text{ m/s}$ $R = 58781$ turbulento $C_r = 1,88E-05$ $f = 0,019$ $h_{11} = 0,408 \text{ m}$
R'S	$S = 1,963E-03 \text{ m}^2$ $V = 2,546 \text{ m/s}$ $R = 94049$ turbulento $C_r = 3,00E-05$ $f = 0,0175$ $h_{11} = 0,637 \text{ m}$	D'F	$S = 1,963E-03 \text{ m}^2$ $V = 2,546 \text{ m/s}$ $R = 94049$ turbulento $C_r = 3,00E-05$ $f = 0,017$ $h_{FH} = 1,069 \text{ m}$	ED	$S = 7,854E-03 \text{ m}^2$ $V = 0,545 \text{ m/s}$ $R = 40258$ turbulento $C_r = 1,50E-05$ $f = 0,021$ $h_{ED} = 0,05 \text{ m}$
NO	$S = 3,318E-03 \text{ m}^2$ $V = 1,716 \text{ m/s}$ $R = 82394$ turbulento $C_r = 2,31E-05$ $f = 0,0195$ $h_{NO} = 0,699 \text{ m}$				

Las bombas que vamos a instalar van a dar una presión de 7 kg/cm^2 . Ahora vamos a ver si tenemos las presiones requeridas por el sistema en los puntos deseados.

1.1.9.3.1. Presión en la manguera (S) a partir de las bombas N° 1, 2 y 3 (Fig.2).

$$P_{S1} = E_1 - E_p = E_1 - [(h_{1I} + h_{1A} + h_{AR} + h_{RR'} + h_{AV} + h_{R'S})\gamma]$$

$$P_{S2} = E_2 - E_p = E_2 - [(h_{2J} + h_{JB} + h_{BA} + h_{AR} + h_{RR'} + h_{R'S})\gamma]$$

Cálculo de las Presiones de salida en la MANGUERA "S"			
Presión de bombas =	7	kg / cm ²	
Presión en manguera - S a partir de la bomba 1	P _{S1} =	68547 kg / m ²	P _{S1} = 6,85 kg / cm ²
Presión que necesitada	P =	5 kg / cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - S a partir de la bomba 2	P _{S2} =	61840 kg / m ²	P _{S2} = 6,18 kg / cm ²
Presión que necesitada	P =	5 kg / cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - S a partir de la bomba 3			
SEGÚN EL SUPUESTO ESTA BOMBA NO ALIMENTA ESTA MANGUERA			

La presión que necesitábamos en este punto es de 5 kg/cm² y nosotros la superamos consideramos aceptable la bomba elegida.

1.1.9.3.2. Presión en la manguera (Z) a partir de las bombas N° 1, 2 y 3 (Fig.2).

$$P_{Z1} = E_1 - E_p = E_1 - [(h_{1I} + h_{IK} + h_{KL} + h_{LZ})\gamma]$$

$$P_{Z2} = E_2 - E_p = E_2 - [(h_{2j} + h_{jL} + h_{LZ})\gamma]$$

Cálculo de las Presiones de salida en la MANGUERA "Z"			
Presión de bombas =	7	kg / cm ²	
Presión en manguera - Z a partir de la bomba 1	P _{Z1} =	69691 kg / m ²	P _{Z1} = 6,97 kg / cm ²
Presión que necesitada	P =	5 kg / cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - Z a partir de la bomba 2	P _{Z2} =	66610 kg / m ²	P _{Z2} = 6,66 kg / cm ²
Presión que necesitada	P =	5 kg / cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - Z a partir de la bomba 3			
SEGÚN EL SUPUESTO ESTA BOMBA NO ALIMENTA ESTA MANGUERA			

La presión que necesitábamos en este punto es de 5 kg/cm² y nosotros la superamos consideramos aceptable la bomba elegida.

1.1.9.3.3. Presión en la manguera (O) a partir de las bombas N° 1, 2 y 3 (Fig.2).

$$P_{O1} = E_1 - E_p = E_1 - [(h_{1I} + h_{IK} + h_{KL} + h_{LM} + h_{MN} + h_{NO})\gamma]$$

$$P_{O2} = E_2 - E_p = E_2 - [(h_{2J} + h_{JL} + h_{LM} + h_{MN} + h_{NO})\gamma]$$

$$P_{O3} = E_3 - E_p = E_3 - [(h_{3E} + h_{EN} + h_{NO})\gamma]$$

Cálculo de las Presiones de salida en la MANGUERA "O"			
Presión de bombas =	7	kg / cm ²	
Presión en manguera - O a partir de la bomba 1	P _{O1} =	69213 kg / m ²	P _{O1} = 6,92 kg / cm ²
Presión que necesitada	P =	5 kg / cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - O a partir de la bomba 2	P _{O2} =	66133 kg / m ²	P _{O2} = 6,61 kg / cm ²
Presión que necesitada	P =	5 kg / cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - O a partir de la bomba 3	P _{O3} =	69208 kg / m ²	P _{O3} = 6,92 kg / cm ²
Presión que necesitada	P =	5 kg / cm ²	Presión correcta

La presión que necesitábamos en este punto es de 5 kg/cm² y nosotros la superamos consideramos aceptable la bomba elegida.

1.1.9.3.4. *Presión en la manguera (V) a partir de las bombas N° 1, 2 Y 3 (Fig.2)*

$$P_{V1} = E_1 - E_p = E_1 - [(h_{1I} + h_{1K} + h_{KT} + h_{TV})\gamma]$$

Cálculo de las Presiones de salida en la MANGUERA "V"			
Presión de bombas =	7	kg / cm ²	
Presión en manguera - V a partir de la bomba 1	P _{V1} =	68232 kg / m ²	P _{V1} = 6,82 kg / cm ²
Presión que necesitada	P =	5 kg / cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - V a partir de la bomba 2			
SEGÚN ELSUPUESTO ESTA BOMBA NO ALIMENTA ESTA MANGUERA			
Presión en manguera – V a partir de la bomba 3			
SEGÚN ELSUPUESTO ESTA BOMBA NO ALIMENTA ESTA MANGUERA			

La presión que necesitábamos en este punto es de 5 kg/cm² y nosotros la superamos consideramos aceptable la bomba elegida.

1.1.9.3.5. Presión en la manguera (F) a partir de las bombas N° 1, 2 y 3 (Fig.2).

$$P_{F2} = E_2 - E_p = E_2 - [(h_{2J} + h_{JB} + h_{BC} + h_{CD} + h_{DD'} + h_{D'F})\gamma]$$

$$P_{F3} = E_3 - E_p = E_3 - [(h_{3E} + h_{ED} + h_{DD'} + h_{D'F})\gamma]$$

Cálculo de las Presiones de salida en la MANGUERA "F"			
Presión de bombas = 7 kg / cm ²			
Presión en manguera - F a partir de la bomba 1			
SEGÚN EL SUPUESTO ESTA BOMBA NO ALIMENTA ESTA MANGUERA			
Presión en manguera - F a partir de la bomba 2	$P_{F2} =$	61428 kg / m ²	$P_{F2} =$ 6,14 kg / m ²
Presión que necesitada	$P =$	5 kg / cm ²	Presión correcta
Presión en manguera - F a partir de la bomba 3	$P_{F3} =$	68583 kg / m ²	$P_{F3} =$ 6,86 kg / m ²
Presión que necesitada	$P =$	5 kg / cm ²	Presión correcta

La presión que necesitábamos en este punto es de 5 kg/cm² y nosotros la superamos consideramos aceptable la bomba elegida.

De acuerdo a los cálculos realizados en todos los supuestos de incendio que hemos planteado tenemos las presiones y caudales deseados. Por tanto consideramos aceptable la instalación de tres bombas de 95 m³/h. y una presión de 7 kg/cm².

1.1.10. *Demanda de los sistemas de rociado.*

Para la realización de esta nos basaremos en las normas establecidas para este fin.

Una vez estudiado nuestro caso en el apartado 1.1.6.6.2, así como nuestra situación concreta.

Como se puede apreciar en los planos hemos instalado una válvula de distribución a la entrada de cada sistema de rociado, de acuerdo a la ref. 1 apartado 2.6.4.1.

Se instalaran detectores de humos en los pañoles de acuerdo a la ref. 3.

Se instalaran puestos de llamada de accionamiento manual de acuerdo a la ref. 1 apartado 2.7.1.2.

Conociendo el ratio a cumplir por la normativa (ref. 2), procedo al cálculo de la demanda de caudal para los rociadores, en nuestro caso serán dos: pañol de municiones de popa y proa.

ESPACIOS	AREA [M2]	RATIO[M3/H · M2]	CAUDAL[M3/H]
PAÑOL MUNICION PR.	52	0,49	25,4
PAÑOL MUNICION PP.	36	0,49	17,6

1.1.10.1. *Distribución de los rociadores del pañol de proa.*

Una vez conocido el caudal requerido para cada pañol en el apartado anterior, cálculo el número de rociadores en cada caso.

Aplicado la siguiente formula:

$$\frac{Q}{s} = N$$

s = Velocidad de descarga de cada rociador es de 12,9 [m³/h].

Q = Caudal requerido en cada espacio [m³/h].

Como resultado de dichos cálculos necesito para rociar el pañol de municiones de proa 9 rociadores.

En la figura siguiente mostramos la distribución de dichos rociadores.

1.1.10.2. Distribución de los rociadores en el pañol de popa.

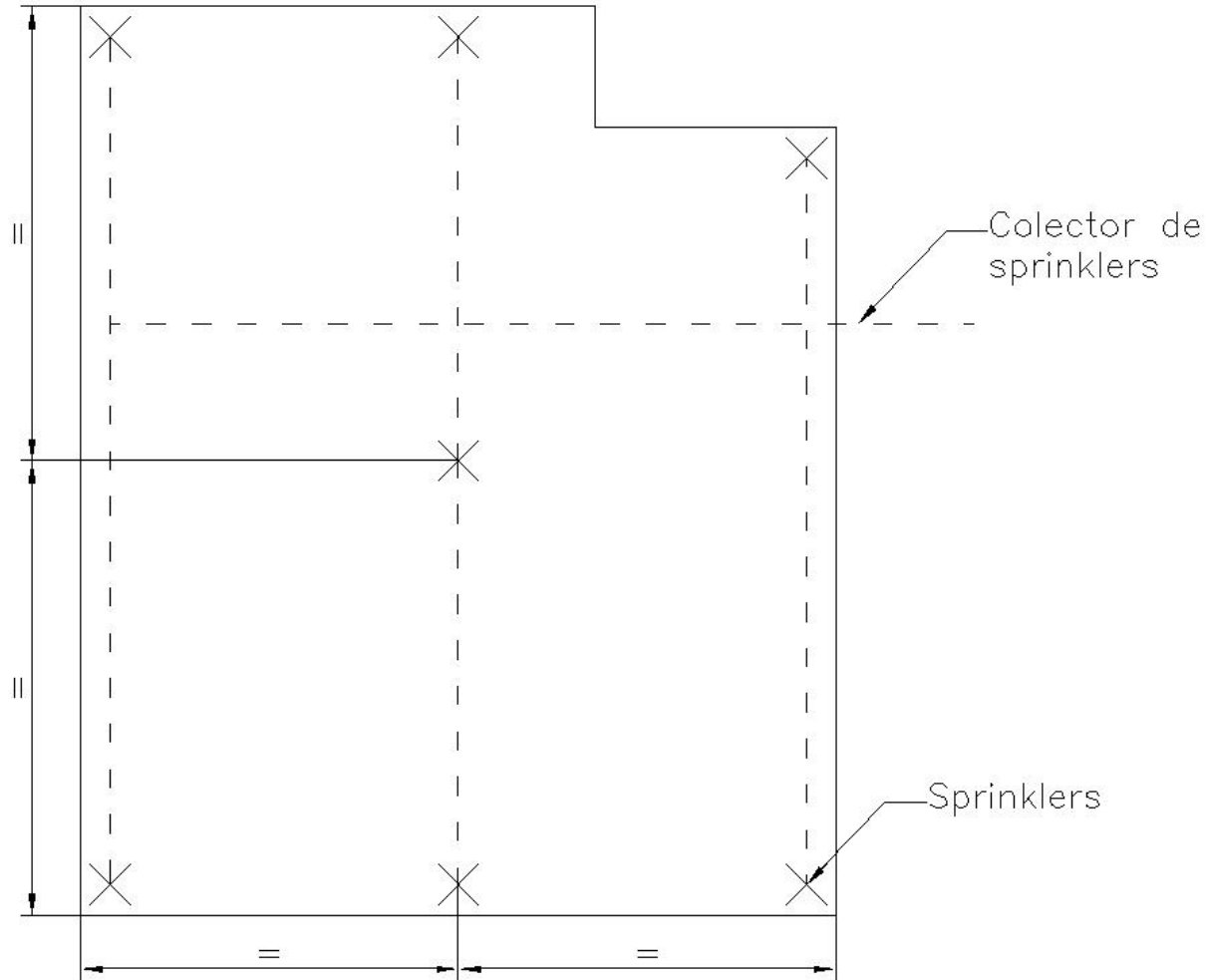
De forma análoga al pañol de proa, resultando de dichos cálculos 7 rociadores.

En la figura siguiente mostramos la distribución de dichos rociadores.

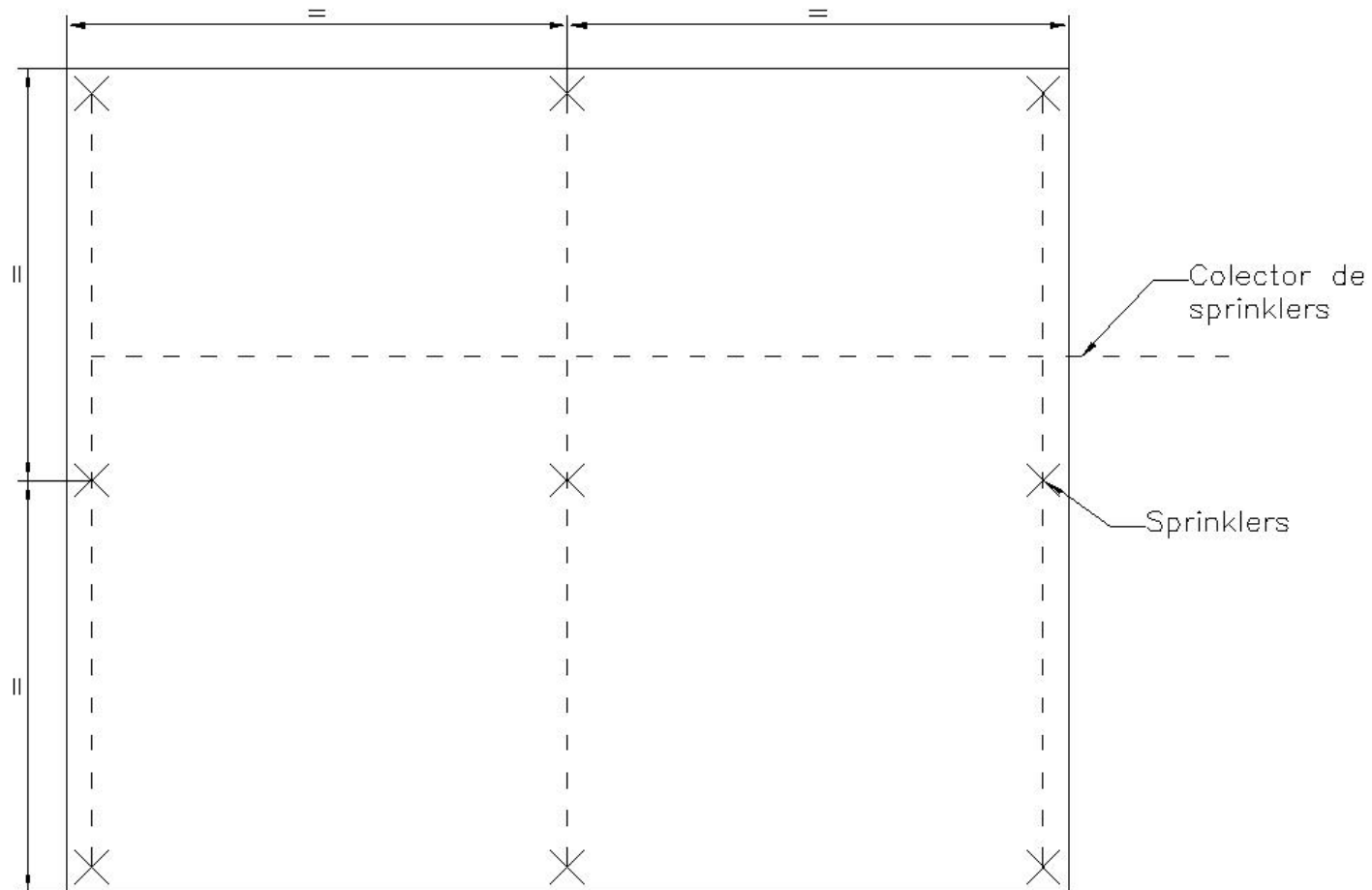
1.1.10.3. Elección del tipo de Sprinklers.

Instalaremos rociadores de 1/2" tipo convencional. Estos serán de tipo ampolla, color rojo, se accionaran a los 68 ° C.

Planta de la instalación de los sprinklers del pañol de popa.



Planta de la instalación de los sprinklers en el pañol de proa.



1.1.11. Cavitación.

En nuestro caso las bombas no van a cavitarse ya que estarán situadas por debajo de la línea de flotación del buque.

Para las bombas N° 1 y N° 2 su carga positiva neta de succión es:

(bibliografía. 2)

$$NPSH = \frac{V_e^2}{2g} = \frac{2.525^2}{2 \cdot 9.81} = 0.324m$$

Donde:

NPSH = Es la carga positiva neta de succión medida en metros.

V_e = Velocidad del fluido en m/s.

Por tanto la altura máxima de aspiración de estas bombas sería 0,324 m.

Para la bomba N° 3 será:

$$NPSH = \frac{V_e^2}{2g} = \frac{2.93^2}{2 \cdot 9.81} = 0.437m$$

De igual modo la altura máxima de aspiración de esta bomba es 0,437 m. Las velocidades aplicadas en estas formulas son las mismas que tenemos calculadas en las pérdidas de energías.

1.1.12. Golpe de ariete.

Este cálculo lo efectuaremos para el tramo de tubería mas desfavorable, es decir el mas largo, donde tenemos intercalada una válvula de cierre. (bibliografía. 3)

Este tramo es la tubería de babor que une la bomba N° 2 con la N° 1. Su longitud es de 6,5 m. y su diámetro de 100 mm Consideramos aceptable el tiempo de cierre igual a dos segundos y el material de la tubería acero galvanizado ($k = 0,5$). El espesor será de 3 mm (tabla. 6).

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D}{e}}} = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 0.5 \frac{100}{3}}} = 1228,25 \frac{m}{s}$$

Donde:

k = Constante que depende del modulo de elasticidad del material de la tubería.

D = Es el diámetro de la tubería en mm

e = Es el espesor de la tubería en mm

La longitud critica:

$$L_c = \frac{T \cdot c}{2} = \frac{2 \cdot 1228,25}{2} = 1228.25 > 6.5; \text{ Longitud corta}$$

Donde:

L_c = Longitud critica medida en metros.

T = Tiempo de cierre en segundos.

c = Velocidad de propagación de la onda.

$$\frac{\Delta_p}{\gamma} = 2 \cdot \frac{L \cdot V}{g \cdot T} = 2 \cdot \frac{6,5 \cdot 5,794 \cdot 10^{-3}}{9,81 \cdot 2} = 3.83 \cdot 10^{-3} m. = 0.383 cm.$$

$$\Delta_p = 0.373 \frac{kg}{cm^2}$$

Donde:

Δ_p = Golpe de ariete medido en kg/cm^2 .

γ = Peso específico del fluido en kg/cm^3 .

L = Longitud de la tubería en m.

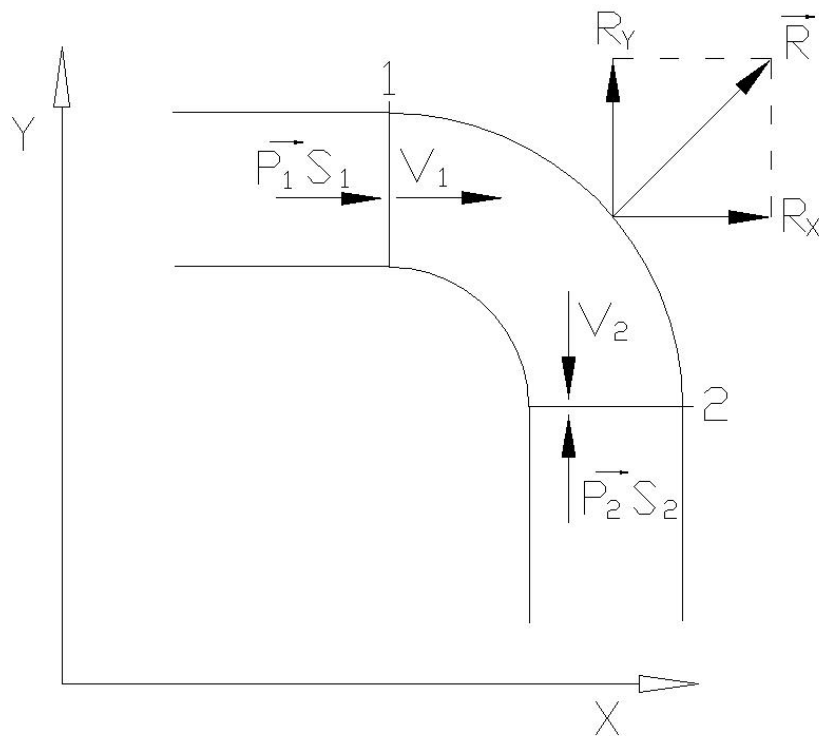
v = Caudal en m^3/s calculado anteriormente en los esquemas de reparto.

Dado su escaso valor no causara problemas en las válvulas.

1.1.13. Cálculo de la fuerza ejercida por el fluido sobre los codos.

Estas fuerzas las calcularemos para las distintas secciones que tenemos en nuestra instalación.

Para ello usaremos las siguientes expresiones: (bibliografía 3)



Fuerza sobre el codo:

$$F_x = P_1 \cdot S_1 + 0 + R_x$$

$$F_y = 0 + P_2 \cdot S_2 + R_y$$

Donde:

F_x = Fuerza sobre el codo en la dirección (x).

F_y = Fuerza sobre el codo en la dirección (y).

R_x = Reacción en el eje (x).

R_y = Reacción en el eje (y).

P_1 = Presión antes del codo.

P_2 = Presión después del codo.

S_1 = Sección antes del codo.

S_2 = Sección después del codo.

Reacciones:

$$R_x = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot (V_{1x} - V_{2x})$$

$$R_y = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot (V_{1y} - V_{2y})$$

Donde:

Q = Caudal en m³ / s.

γ = Peso específico del agua en kg / m³.

V_{1x} = Velocidad del fluido en el punto 1 en la dirección (x) medido en m / s.

V_{1y} = Velocidad del fluido en el punto 1 en la dirección (y) medido en m / s.

V_{2x} = Velocidad del fluido en el punto 2 en la dirección (x) medido en m / s.

V_{2y} = Velocidad del fluido en el punto 2 en la dirección (y) medido en m / s.

1.1.13.1. Cálculo de la fuerza ejercida por el fluido sobre los codos de DN 100.

Vamos a realizar el estudio para el caso mas desfavorable, es decir en la salida de las bombas N°1 y N°2, donde el caudal $Q = 95 \text{ m}^3/\text{h} = 26,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. La velocidad del fluido $V = V_1 = V_2 = 0,74 \text{ m/s}$ (calculado anteriormente en las perdidas de carga). La presión que da la bomba es de 7 kg/cm^2 .

$$R_x = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot (V_{1x} - V_{2x}) = \frac{26,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1025}{9,81} \cdot (0,74 - 0) = 2,03 \text{ kg}$$

$$R_y = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot (V_{1y} - V_{2y}) = \frac{26,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1025}{9,81} \cdot (0 - (-0,74)) = 2,03 \text{ kg}$$

Fuerza sobre el codo cuando hay flujo:

$$F_x = P_1 \cdot S_1 + 0 + R_x = 70000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} + 2,03 = 543,78 \text{ kg}$$

$$F_y = 0 + P_2 \cdot S_2 + R_y = 70000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} + 2,03 = 543,78 \text{ kg}$$

En el caso de una parada suponemos que la presión aumentara a 12 kg/cm^2 y las fuerzas sobre el codo serán las siguientes:

$$F = P_1 \cdot S_1 + P_2 \cdot S_2$$

$$F_x = 120000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} + 0 = 942,48 \text{ kg}$$

$$F_y = 0 + 120000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} = 942,48 \text{ kg}$$

En los codos de este diámetro habrá que colocar un anclaje que soporte esta última fuerza.

1.1.13.2. Cálculo de la fuerza ejercida por el fluido sobre los codos de DN 80.

Vamos a realizar el estudio para el caso mas desfavorable, es decir en la salida de las bombas N°1 y N°2, donde el caudal $Q = 95 \text{ m}^3/\text{h} = 26,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. La velocidad del fluido $V = V_1 = V_2 = 4,255 \text{ m/s}$ (calculado anteriormente en las perdidas de carga). La presión que da la bomba es de 7 kg/cm^2 .

$$R_x = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot (V_{1x} - V_{2x}) = \frac{26,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1025}{9,81} \cdot (4,255 - 0) = 11,73 \text{ kg}$$

$$R_y = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot (V_{1y} - V_{2y}) = \frac{26,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1025}{9,81} \cdot (0 - (-4,255)) = 11,73 \text{ kg}$$

Fuerza sobre el codo cuando hay flujo:

$$F_x = P_1 \cdot S_1 + 0 + R_x = 70000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} + 11,73 = 351,86 \text{ kg}$$

$$F_y = 0 + P_2 \cdot S_2 + R_y = 70000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} + 11,73 = 351,86 \text{ kg}$$

En el caso de una parada suponemos que la presión aumentara a 12 kg/cm^2 y las fuerzas sobre el codo serán las siguientes:

$$F = P_1 \cdot S_1 + P_2 \cdot S_2$$

$$F_x = 120000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} + 0 = 603,19 \text{ kg}$$

$$F_y = 0 + 120000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} = 603,19 \text{ kg}$$

En los codos de este diámetro habrá que colocar un anclaje que soporte esta última fuerza.

1.1.13.3. Cálculo de la fuerza ejercida por el fluido sobre los codos de DN 65.

Vamos a realizar el estudio para el caso mas desfavorable, es decir a la salida de la bomba N° 3 donde la presión es de 7 kg/cm², el caudal 95 m³/h y la velocidad del fluido 4,94 m/s (calculada anteriormente en las perdidas de carga).

$$R_x = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot (V_{1x} - V_{2x}) = \frac{26,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1025}{9,81} \cdot (4,94 - 0) = 13,62 \text{ kg}$$

$$R_y = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot (V_{1y} - V_{2y}) = \frac{26,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1025}{9,81} \cdot (0 - (-4,94)) = 13,62 \text{ kg}$$

Fuerza sobre el codo cuando hay flujo:

$$F_x = P_1 \cdot S_1 + 0 + R_x = 70000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,065^2}{4} + 13,62 = 232,28 \text{ kg}$$

$$F_y = 0 + P_2 \cdot S_2 + R_y = 70000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,065^2}{4} + 13,62 = 232,28 \text{ kg}$$

En el caso de una parada suponemos que la presión aumentara a 12 kg/cm² y las fuerzas sobre el codo serán las siguientes:

$$F = P_1 \cdot S_1 + P_2 \cdot S_2$$

$$F_x = 120000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,065^2}{4} + 0 = 398,2 \text{ kg}$$

$$F_y = 0 + 120000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,065^2}{4} = 398,2 \text{ kg}$$

En los codos de este diámetro habrá que colocar un anclaje que soporte esta última fuerza.

1.1.13.4. Cálculo de la fuerza ejercida por el fluido sobre los codos de DN 50.

En estas tuberías el caso mas desfavorable es para un caudal de 26,4 l/s, una presión de 7 kg/cm² y la velocidad del fluido es de 2,55 m/s. (estos datos los tenemos calculados en los repartos de caudales, presiones de salida y perdidas de carga.

$$R_x = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot (V_{1x} - V_{2x}) = \frac{26,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1025}{9,81} \cdot (2,55 - 0) = 7,02 \text{ kg}$$

$$R_y = \frac{Q \cdot \gamma}{g} \cdot (V_{1y} - V_{2y}) = \frac{26,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1025}{9,81} \cdot (0 - (-2,55)) = 7,02 \text{ kg}$$

Fuerza sobre el codo cuando hay flujo:

$$F_x = P_1 \cdot S_1 + 0 + R_x = 70000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,05^2}{4} + 7,02 = 137,44 \text{ kg}$$

$$F_y = 0 + P_2 \cdot S_2 + R_y = 70000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,05^2}{4} + 7,02 = 137,44 \text{ kg}$$

En el caso de una parada suponemos que la presión aumentara a 12 kg / cm² y las fuerzas sobre el codo serán las siguientes:

$$F = P_1 \cdot S_1 + P_2 \cdot S_2$$

$$F_x = 120000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,05^2}{4} + 0 = 235 \text{ kg}$$

$$F_y = 0 + 120000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,05^2}{4} = 235 \text{ kg}$$

En los codos de este diámetro habrá que colocar un anclaje que soporte esta última fuerza.

1.1.14. *Cálculo de resistencia.*

1.1.14.1. *Esfuerzo producido por la presión del fluido sobre la tubería.*

Para estos cálculos usaremos la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{P \cdot r}{e \cdot L}$$

Donde:

σ = Esfuerzo.

P = Presión del fluido.

r = Radio interior.

e = Espesor de la tubería.

L = Longitud de tubería.

Para calcular este esfuerzo lo haremos por metro lineal de tubería, es decir tomaremos
L = 1 m.

Tomaremos una presión máxima igual a la supuesta en el cálculo de fuerzas sobre codos para paradas, es decir 12 kg/cm².

1.1.14.1.1. Esfuerzo producido por la presión del fluido sobre las tuberías de DN 100.

El espesor de estas tuberías es de 3,4 mm (tabla 6).

$$\sigma = \frac{P \cdot r}{e \cdot L} = \frac{120000 \cdot 0,05}{0,0034 \cdot 1} = 1764705 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 176 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Por lo tanto un acero cuyo $\sigma_{admisible}$ sea de 1200 kg/cm² será suficiente para resistir este esfuerzo.

1.1.14.1.2. Esfuerzo producido por la presión del fluido sobre las tuberías de DN 80.

El espesor de estas tuberías es de 3 mm (tabla 6).

$$\sigma = \frac{P \cdot r}{e \cdot L} = \frac{120000 \cdot 0,035}{0,003 \cdot 1} = 1400000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 140 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Por lo tanto un acero cuyo $\sigma_{admisible}$ sea de 1200 kg/cm² será suficiente para resistir este esfuerzo.

1.1.14.1.3. Esfuerzo producido por la presión del fluido sobre las tuberías de DN 65.

El espesor de estas tuberías es de 2,9 mm (Ver tabla de tuberías comerciales)

$$\sigma = \frac{P \cdot r}{e \cdot L} = \frac{120000 \cdot 0,0325}{0,0029 \cdot 1} = 1344827 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 134,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Por lo tanto un acero cuyo $\sigma_{admisible}$ sea de 1200 kg/cm² será suficiente para resistir este esfuerzo.

1.1.14.1.4. Esfuerzo producido por la presión del fluido sobre las tuberías de DN 50.

El espesor de estas tuberías es de 2,7 mm (tabla 6)

$$\sigma = \frac{P \cdot r}{e \cdot L} = \frac{120000 \cdot 0.025}{0,0027 \cdot 1} = 1083032,44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 108,3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Por lo tanto un acero cuyo $\sigma_{admisible}$ sea de 1200 kg/cm² será suficiente para resistir este esfuerzo.

1.1.14.2. Resistencia de los tramos de tuberías horizontales a la flexión generada por su propio peso.

Las tuberías comerciales las encontramos en tramos de 6 m. y 12 m. Las de 12 m. son demasiado largas para nuestra instalación ya que no necesitamos tramos tan largos. Tomaremos las de 6 m. y comprobaremos si es suficiente con apoyos en los extremos.

Para estos cálculos tendremos que considerar el propio peso de la tubería más el peso del fluido.

Haremos los **cálculos para las tuberías de DN100** ya que son las que van a tener mayor peligro de pandear.

Peso de 1 m. de tubería.

Este peso será igual al volumen de hierro por su densidad. El volumen de hierro será el volumen total de la tubería menos el del hueco.

$$V_{fe} = \pi \cdot L \cdot (r_e^2 - r_i^2) = \pi \cdot 1 \cdot (0.0572^2 - 0.0553^2) = 6,72 \cdot 10^{-4} m^3$$

Donde:

V_{fe} = Volumen de hierro.

L = Longitud.

r_e = Radio exterior.

r_i = Radio interior.

$$P_{fe} = V_{fe} \cdot \gamma_{fe} = 6,72 \cdot 10^{-4} \cdot 7850 = 5,28 \frac{kg}{m}$$

Donde:

P_{fe} = Peso del hierro por metro de tubería.

γ = Peso específico del hierro.

$$V_{agua} = \pi \cdot L \cdot r_i^2 = \pi \cdot 1 \cdot 0.0553^2 = 9,61 \cdot 10^{-3} m^3$$

V_{agua} = Volumen de agua.

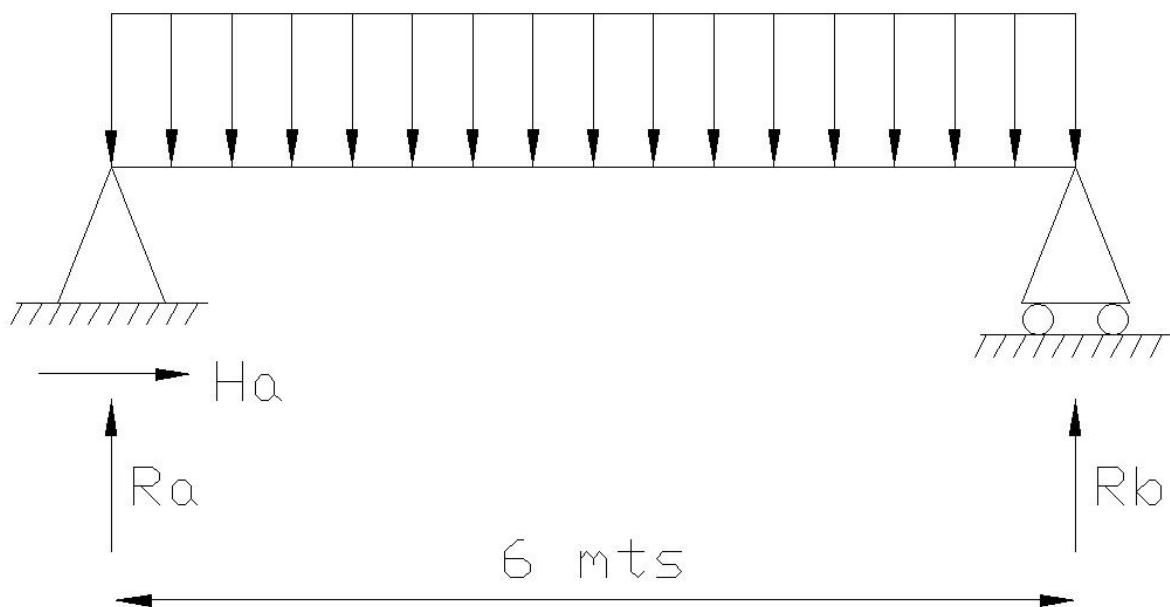
$$P_{agua} = V_{agua} \cdot \gamma_{agua} = 9,61 \cdot 10^{-3} \cdot 1025 = 9,85 \frac{kg}{m}$$

El peso total por metro de tubería (q) será:

$$q = P_{fe} + P_{agua} = 5,28 + 9,85 = 15,13 \frac{kg}{m}$$

Cálculo de las reacciones en los apoyos.

$$q = 15,13 \text{ kp/m}$$



$$\sum F_x = 0 \rightarrow H_a = 0$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_a + R_b = q \cdot L$$

$$R_a + R_b = 15,13 \cdot 6 = 90,78 \text{kp}$$

$$\sum M_a = 0 \rightarrow q \cdot L \cdot \frac{L}{2} - R_b = 0$$

$$R_b = 45,39 \text{kp} \quad R_a = 45,39 \text{kp}$$

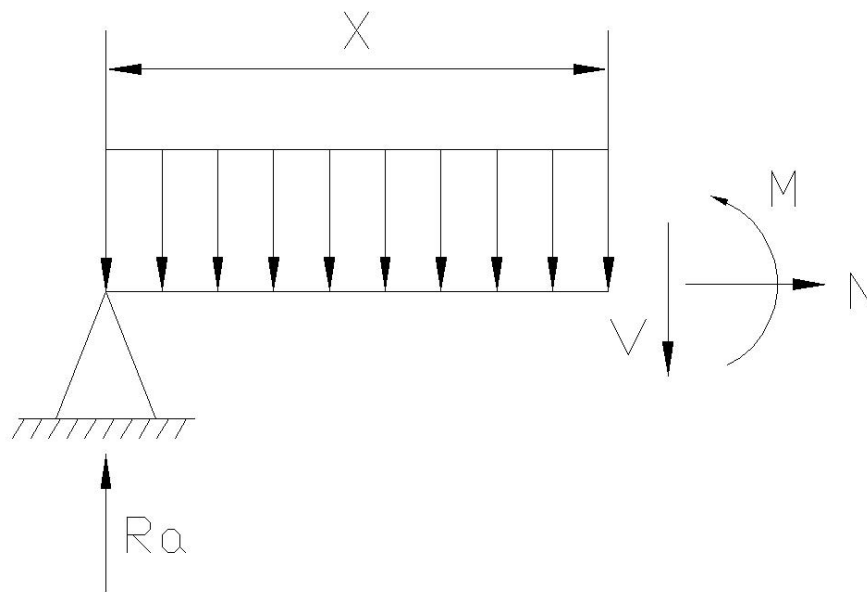
Cálculo de las sollicitaciones. $x = 6 \rightarrow V = -45,39 \text{kp}$.

Donde:

V == Tensión cortante.

N = Tensión normal.

M = Momento de inercia.



$$\sum F_x = 0 \rightarrow R_a - (q \cdot x) - V = 0$$

$$x = 0 \rightarrow V = 45,39 \text{kp}.$$

$$x = 0 \rightarrow R_a = V = 45,39kp.$$

$$M + q \cdot \frac{x^2}{2} - R_a \cdot x = 0$$

$$M = 45,39 \cdot x - 15,13 \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$x = 0 \rightarrow M = 0$$

$$x = 1 \rightarrow M = 37,8kp \cdot m$$

$$x = 2 \rightarrow M = 60,5kp \cdot m$$

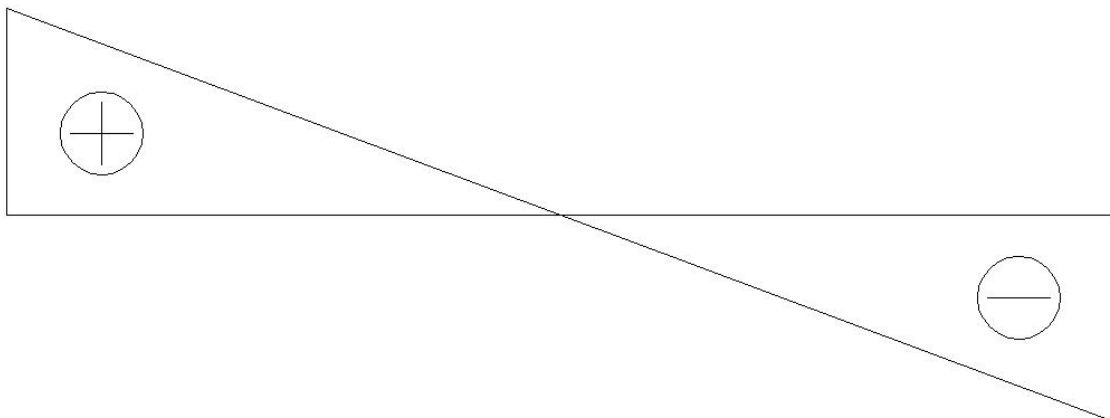
$$x = 3 \rightarrow M = 68,1kp \cdot m$$

$$x = 4 \rightarrow M = 60,5kp \cdot m$$

$$x = 5 \rightarrow M = 37,8kp \cdot m$$

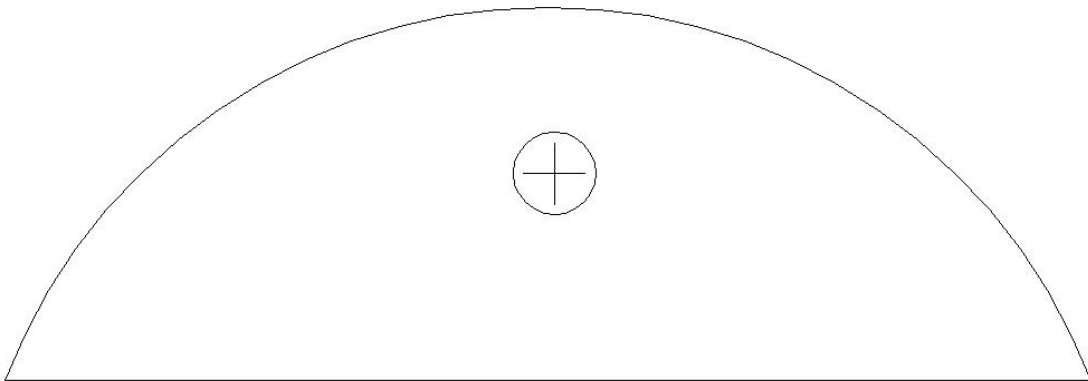
$$x = 6 \rightarrow M = 0$$

$$V = 45,39 \text{ kp}$$



$$V = 45,39 \text{ kp}$$

$$M_{\max} = 68,1 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$



Esfuerzos normales resultantes.

$$I_0 = I_{yy} + I_{xx}$$

$$I_{xx} = I_0 \cdot \frac{1}{2}$$

$$I_0 = \int_{ri}^{re} 2 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot dr = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{re^4}{4} - \frac{ri^4}{4} \right) = 212,5 \text{ cm}^4$$

$$I_{xx} = 106,25 \text{ cm}^4$$

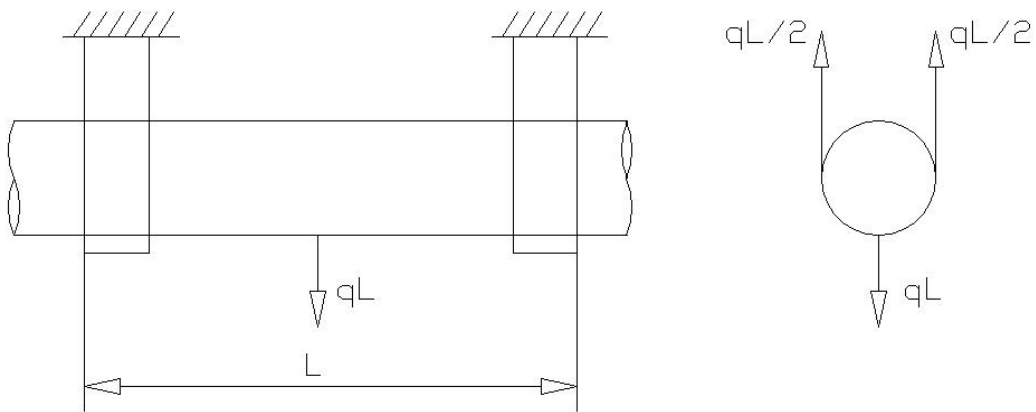
$$\sigma_x = \sigma_f + \sigma_n = \sigma_f + 0 = \sigma_f$$

$$\sigma_f = \frac{M \cdot Y}{I_{xx}} = \frac{68,1 \cdot 10^2 \cdot 3}{106,25} = 192,3 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Este esfuerzo debido a la flexión está por debajo del esfuerzo admisible por lo tanto no habrá peligro de flexión. En las demás tuberías este valor será menor.

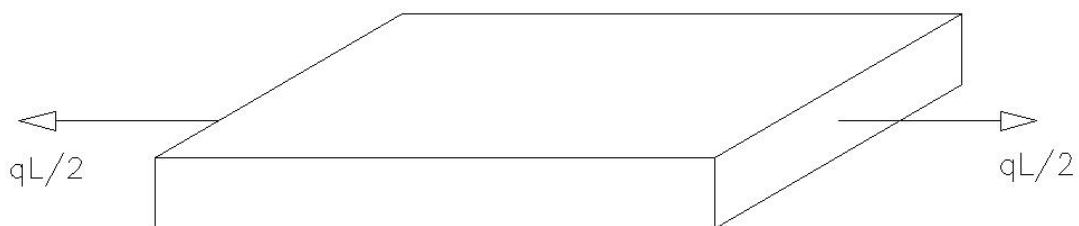
1.1.14.3. Cálculo de los zunchos para las tuberías.

Estos cálculos lo realizaremos para la tubería mas pesada es decir para la de DN 100. Su peso es de 15,13 kp/m (calculado en el punto anterior). Las fuerzas que soporten los anclajes serán las siguientes.



Es como si el elemento de sujeción estuviera sometido a una fuerza de tracción de

valor: $q \cdot \frac{L}{2}$



$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{q \cdot \frac{L}{2}}{A} < 1200 \frac{kp}{cm^2}$$

A = espesor · ancho

Probaremos con un área de 3 mm · 10 mm

$$\sigma = \frac{15,13 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{600}{2}}{0,3 \cdot 1} = 6151,3 \frac{kp}{cm^2}$$

Estos resultados son satisfactorios, usaremos estosunchos.

1.1.15. BIBLIOGRAFIA

Todos los datos y formulas usadas para aplicar este método han sido tomados de:

1 - Titulo: Mecánica de los fluidos e hidráulica (segunda edición).

Autor: Ronald V. Giles B. S.

Editorial: Me. Grawl-Hill.

2 - Titulo: Mecánica de los fluidos e hidráulica.

Autor: Víctor L. Streeter, E. Benjamín Wyne.

Editorial: Me. Grawl-Hill.

3 - Titulo: Mecánica de fluidos.

Autor: José Agüera Soriano.

Editorial: Litoprint-Palermo S.L.

ANEXOS

1.2. Anexos.

Anexo 1: Gráfica de accesorios.

En este anexo se calcula la longitud equivalente de un accesorio con un diámetro interior calculado en el apartado 1.1.6.5.

Los datos necesarios para dicho cálculo son extraídos de la tabla 1. Esta consta de tres columnas verticales: diámetro, longitud equivalente y accesorios, dispuestas de izquierda a derecha. Para su aplicación se debe conocer el diámetro interior del tubo en milímetros y el accesorio empleado.

Introduciendo los valores en dichas columnas, se generan dos puntos los cuales se unen con una recta que da un punto de intersección en la columna central obteniendo la longitud equivalente del accesorio.

El traspaso de datos de la gráfica a la hoja de cálculo se realiza mediante previo muestreo de diferentes diámetros, para un mismo accesorio obteniendo una serie de valores que ordeno en una tabla. Posteriormente utilizo la **función de interpolar** en los valores antes citados, a continuación se indica un ejemplo para un diámetro de 72, observando que nos devuelve valores coherentes.

DATOS			
diámetro >>>>>> mm =		72	
interpolamos	>>>m	interpolamos	>>>m
0,49		4,9	
válvula cierre abierta		codo 90°, Té, valv retención	
Diametro mm	Long equivalente m	Diametro mm	Long equivalente m
100	0,68	100	7,0
95	0,64	95	6,5
90	0,60	90	6,0
85	0,57	85	5,8
80	0,54	80	5,5
75	0,51	75	5,1
70	0,48	70	4,7
65	0,44	65	4,4
60	0,40	60	4,0
55	0,37	55	3,8
50	0,34	50	3,5

Este mismo proceso se ha repetido para cada uno de los accesorios requeridos en el proyecto.

Finalmente se exponen los resultados extraídos en la siguiente tabla de cálculo.

GRAFICO DE ACCESORIOS.

RESULTADOS (m)	50	65	80	100
válvula de cierre abierta	0,34	0,44	0,54	0,68
válvula de retención	3,5	4,35	5,5	7,00
codo 90°	3,5	4,35	5,5	7,00
Té	3,5	4,35	5,5	7,00
filtro	0,4	0,45	0,5	0,55
junta de expansion	0,2	0,2	0,2	0,2
junta de dilatacion	0,2	0,2	0,2	0,2
valv. de cierre con conexión a manguera	0,5	0,5	0,6	0,7
reduccion	0,38	0,4	0,45	0,5

Anexo 2: Cálculo de las longitudes totales de las tuberías en cada tramo.

La longitud total por tramos se calcula con la hoja que se muestra a continuación además de los cálculos realizados en el anexo 1.

El desarrollo de la hoja se ha realizado de tal forma que indicando la cantidad de accesorios utilizados y de tramos rectos, nos estima la longitud total en cada tramo.

Dicha hoja esta automatizada permitiendo que con solo cambiar un valor se recalculen las pérdidas de carga en cada tramo, con el consiguiente ahorro de tiempo.

elementos \ tramo (DN cm)	ASP-1	10	1 I	10	IK	10	KL	10	LM	10	MN	10	IA	10
Válvula de cierre abierta	1	0,68		0,68	1	0,68	1	0,68	1	0,68		0,675	1	0,68
Válvula de retención		7,00	1	7,00		7,00		7,00		7,00		7		7,00
Codo 90°		7,00	1	7,00		7,00		7,00	2	7,00		7	2	7,00
Té	1	7,00	2	7,00	1	7,00	6	7,00	1	7,00	1	7	1	7,00
Filtro	1	0,55		0,55		0,55		0,55		0,55		0,55		0,55
Junta de expansión	1	0,20	1	0,20		0,20		0,20		0,20	3	0,2		0,20
Junta de dilatación		0,20		0,20		0,20	1	0,20	1	0,20		0,2		0,20
V.cierre conexión mang.		0,70		0,70		0,70		0,70		0,70		0,7		0,70
Estrechamiento		0,50		0,50		0,50		0,50		0,50		0,5		0,50
Tramos rectos		0,45		1,45		2,05		8,15		2,25		16,7		4,35
TOTAL (m) =		8,88 Mts.		29,65 Mts.		9,73 Mts.		51,03 Mts.		24,13 Mts.		24,30 Mts.		26,03 Mts.

elementos \ tramo (DN cm)	ASP-3	10	3E	10	EN	10	NO	6,5	ED	10	DF	8	FG	6,5
Válvula de cierre abierta	1	0,68		0,68	1	0,68		0,44	1	0,675	1	0,54	1	0,44
Válvula de retención		7,00	1	7,00		7,00		4,35		7		5,5		4,35
Codo 90°		7,00	1	7,00	2	7,00	2	4,35	1	7	2	5,5	6	4,35
Té	1	7,00	1	7,00	1	7,00		4,35	1	7	1	5,5	3	4,35
Filtro	1	0,55		0,55		0,55		0,45		0,55		0,5		0,2
Junta de expansión		0,20		0,20		0,20		0,2		0,2		0,2		0,2
Junta de dilatación	1	0,20	1	0,20		0,20		0,2		0,2		0,2		0,2
V.cierre conexión mang.		0,70		0,70		0,70	1	0,5		0,7		0,6		0,5
Estrechamiento		0,50		0,50		0,50		0,4		0,5		0,45		0,4
Tramos rectos		1,85		1,1		2,6		6,3		2,3		4,1		11,5
TOTAL (m) =		10,28 Mts.		22,30 Mts.		24,28 Mts.		15,50 Mts.		16,98 Mts.		21,14 Mts.		51,09 Mts.

elementos \ tramo (DN cm)	ASP-2	10	2J	10	JB	8	JL	8	AB	10	BC	10	CD	10
Válvula de cierre abierta	1	0,68		0,68	1	0,54	1	0,54	1	0,68	1	0,675		0,675
Válvula de retención		7,00	1	7,00		5,5		5,5		7,00		7		7
Codo 90°	1	7,00		7,00	2	5,5	2	5,5		7,00	2	7		7
Té	1	7,00	3	7,00	1	5,5		5,5		7,00		7		7
Filtro	1	0,55		0,55		0,2		0,2		0,55		0,55		0,55
Junta de expansión		0,20		0,20		0,2		0,2		0,20		0,2		0,2
Junta de dilatación	1	0,20	1	0,20		0,2		0,2	1	0,20	1	0,2	3	0,2
V.cierre conexión mang.		0,70		0,70		0,6	1	0,6		0,70		0,7		0,7
Estrechamiento		0,50		0,50		0,45		0,45		0,50	1	0,5		0,5
Tramos rectos		1,35		1,3		4,45		5,3		7,35		1,25		11,5
TOTAL (m) =		16,78 Mts.		29,50 Mts.		21,49 Mts.		17,44 Mts.		8,23 Mts.		16,63 Mts.		12,10 Mts.

elementos \ tramo (DN cm)	FH	5	AS	8	SR'	8	RT	5	RR'	8	KV	8	VX	6,5
Válvula de cierre abierta		0,34		0,54	1	0,54		0,34		0,54		0,54		0,44
Válvula de retención		3,5		5,5		5,5		3,5		5,5		5,5		4,35
Codo 90°	2	3,5	3	5,5	2	5,5	1	3,5	5	5,5	3	5,5	4	4,35
Té		3,5	1	5,5	1	5,5		3,5	6	5,5		5,5		4,35
Filtro		0,4		0,2		0,2		0,4		0,2		0,2		0,45
Junta de expansión		0,2		0,2		0,2		0,2		0,2		0,2		0,2
Junta de dilatación		0,2		0,2		0,2		0,2		0,2		0,2		0,2
V.cierre conexión mang.	1	0,5		0,6		0,6	1	0,5		0,6		0,6	1	0,5
Estrechamiento		0,38	1	0,45		0,45		0,38		0,45	1	0,45		0,4
Tramos rectos		2		11,6		6,9		1,5		13,5		10,25		4,8
TOTAL (m) =		9,50 Mts.		34,05 Mts.		23,94 Mts.		5,50 Mts.		74,00 Mts.		27,20 Mts.		22,70 Mts.

Anexo 3: Diagrama de Moody.

El objetivo en este anexo es obtener el valor del coeficiente de fricción introduciendo en la grafica los siguientes valores:

- Número de Reynolds
- Rugosidad relativa.

El procedimiento del diagrama de Moody consiste en, señalar en la gráfica el número de Reynolds situado en la parte inferior, generando una línea vertical, de forma similar por la parte derecha con la rugosidad relativa, coincidiendo con una curva ascendente, obteniéndose un punto. Dicho punto es proyectado en el eje vertical izquierdo de la gráfica dando como resultado el coeficiente de fricción.

La preparación de la hoja de cálculo para este diagrama se realiza de la siguiente manera:

Primero, exportamos cada curva de la rugosidad relativa mediante puntos. Dichos puntos tienen coordenadas “x” e “y” coincidiendo respectivamente con el número de Reynolds y el coeficiente de fricción.

	curvas e/D 0,000005	curvas e/D 0,00001	curvas e/D 0,00005	curvas e/D 0,0001
Re	f	f	f	f
3,000E+04	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
3,500E+04	0,03968	0,03977	0,03979	0,03985
4,000E+04	0,03868	0,03877	0,03879	0,03885
4,500E+04	0,03768	0,03777	0,03779	0,03785
5,000E+04	0,03668	0,03677	0,03679	0,03685
6,000E+04	0,03568	0,03577	0,03579	0,03585
7,000E+04	0,03448	0,03457	0,03459	0,03465
8,000E+04	0,03328	0,03337	0,03339	0,03345
8,500E+04	0,03208	0,03217	0,03219	0,03225
9,000E+04	0,03088	0,03097	0,03099	0,03105
9,500E+04	0,02968	0,02977	0,02979	0,02985
1,000E+05	0,02768	0,02777	0,02779	0,02785
1,500E+05	0,02698	0,02707	0,02709	0,02715
2,000E+05	0,02628	0,02637	0,02639	0,02645
2,500E+05	0,02505	0,02514	0,02517	0,02523
3,000E+05	0,02383	0,02392	0,02394	0,02400
3,500E+05	0,02346	0,02355	0,02357	0,02363
4,000E+05	0,02218	0,02227	0,02229	0,02235
4,500E+05	0,02159	0,02168	0,02170	0,02176
5,000E+05	0,02101	0,02110	0,02112	0,02118
6,000E+05	0,02042	0,02051	0,02053	0,02059
7,000E+05	0,01983	0,01992	0,01994	0,02000
8,000E+05	0,01929	0,01938	0,01940	0,01946
8,500E+05	0,01875	0,01884	0,01886	0,01892
9,000E+05	0,01822	0,01831	0,01833	0,01839
9,500E+05	0,01768	0,01777	0,01779	0,01785
1,000E+06	0,01709	0,01718	0,01721	0,01731
1,500E+06	0,01663	0,01672	0,01674	0,01642
2,000E+06	0,01616	0,01625	0,01628	0,01597
2,500E+06	0,01547	0,01556	0,01558	0,01553

Segundo, debemos conocer el número de Reynolds que utilizamos para interpolar, en todas las curvas. Ordenando los datos en la siguiente tabla.

RESULTADOS DE LAS CURVAS		
e/D	f (INTER)	
5,000E-06	1,108E-02	0,0111
1,000E-05	1,482E-02	0,0148
5,000E-05	2,805E-02	0,0281
1,000E-04	2,622E-02	0,0262
2,000E-04	2,940E-02	0,0294
4,000E-04	4,320E-02	0,0000
6,000E-04	3,171E-02	0,0000
8,000E-04	2,920E-02	0,0292
1,000E-03	4,048E-02	0,0405
2,000E-03	4,359E-02	0,0436
4,000E-03	4,571E-02	0,0457
6,000E-03	4,671E-02	0,0467
8,000E-03	4,967E-02	0,0497
1,000E-02	4,971E-02	0,0497
1,500E-02	5,448E-02	0,0545
2,000E-02	5,761E-02	0,0576
3,000E-02	6,484E-02	0,0648
4,000E-02	7,202E-02	0,0720
5,000E-02	7,718E-02	0,0000

Por último debemos de conocer la rugosidad relativa, empleándolo para interpolar en la tabla anterior, consiguiendo al fin el coeficiente de fricción.

(interp) f =	0,0165
--------------	--------

Este mismo proceso se realizara de forma análoga por cada tramo.

Se trata por tanto de un proceso automatizado, cuya ventaja es facilitar el cálculo del apartado 1.1.8 y ahorrar tiempo.

Anexo 4: Monograma de caudales.

En este anexo se calcula la pérdida de cargas para aplicarlo en el apartado 1.1.8.

La tabla 5 de la cual extraigo los datos necesarios para dicho cálculo consta de tres columnas verticales: caudal, diámetro y pérdida de cargas dispuestas de izquierda a derecha. Para su aplicación se debe conocer el caudal y el diámetro.

Una vez conocidos estos datos se indican en dichas columnas, generándose dos puntos los cuales se unen con una recta que da un punto de intersección en la columna derecha obteniendo la pérdida de cargas como se observa mas adelante.

Para este anexo haremos referencia a la ecuación de la recta ($y = m x + n$). En este caso la constante “n” es cero.

El análisis de las tres columnas se hizo tomándolas respecto de una línea horizontal. Paralelamente a los datos que ofrece cada columna creamos otros paralelos (mi escala), el cual nos permite tomar una serie de medidas que nos servirán para saber la diferencia de valores en el eje vertical.

Despejamos de la ecuación de la recta la pendiente ($m = y / x$) puesto que conocemos los valores “x” e “y”, donde el valor de “x” se obtiene midiendo horizontalmente entre la columna 1 y 2 (57 ver tabla), mientras que el valor “y” se mide sobre la línea horizontal.

Calculada la pendiente y sabiendo la distancia horizontal entre la columna 1 y 3 ($57 + 104,5 = 161,5$ ver tabla) obtenemos el valor referenciado en el eje “y” de la perdida de carga.

67,57 resultado

15,6 caudal [L/seg]		10 Diametro [cm]		Perdida de carga [m/1000m]	
grafica	mi escala	grafica	mi escala	grafica	mi escala
0	-28	5	10,5	150	-30
0,5	-24,5	7,5	21	140	-23,5
1	-21	10	31,5	130	-16
1,5	-17,5	12,5	42	120	-10
2	-14	15	52,5	110	2
2,5	-10,5	17,5	59	100	4,5
3	-7	20	66,5	90	5,5
3,5	-3,5	22,5	72,5	80	8,5
4	0	25	79	75	10,5
4,5	3,5	30	88	70	12,5
5	6,5	35	95	65	15
6	12	40	102	60	17
7	17	45	108	55	20
8	21	50	113,5	50	23
9	24	55	119	45	26
10	27,5	60	123,5	40	30
11	30,5	70	131	35	34
12	33	80	138	30	38,5
13	35,5	90	145	25	44,5
14	38	100	151	20	51
15	40	110	155	19	52,5
16	42	120	160,5	18	54
17	44	130	165	17	56
18	46	150	173	16	58
19	47			15	60
20	48,5			14	62
21	50			13	65
22	51,5			12	67
23	52,5			11	69
24	54			10	72,5
25	55			9	75,5
30	61,5			8	79
35	66,5			7,5	81
40	70,5			7	83

resultado: **67,6**

insertar dato: **15,6**

C
A
U
D
A
L

E
N

L
I
T
R
O
S
/
S
E
G

insertar dato: **10**

D
I
A
M
E
T
R
O

E
N

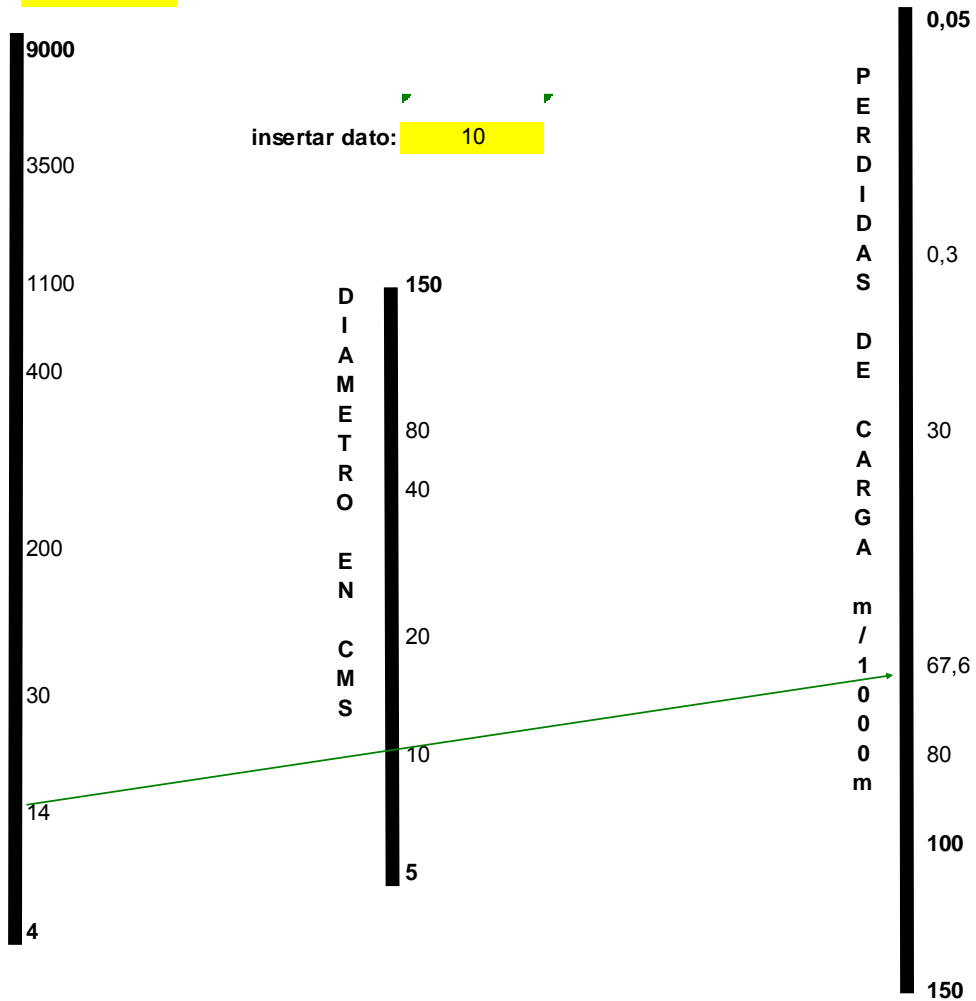
C
M
S

P
E
R
D
I
D
A
S

D
E

C
A
R
G
A

m
/
1
0
0
0
m



2. TABLAS

TABLA 1: GRAFICO DE ACCESORIOS

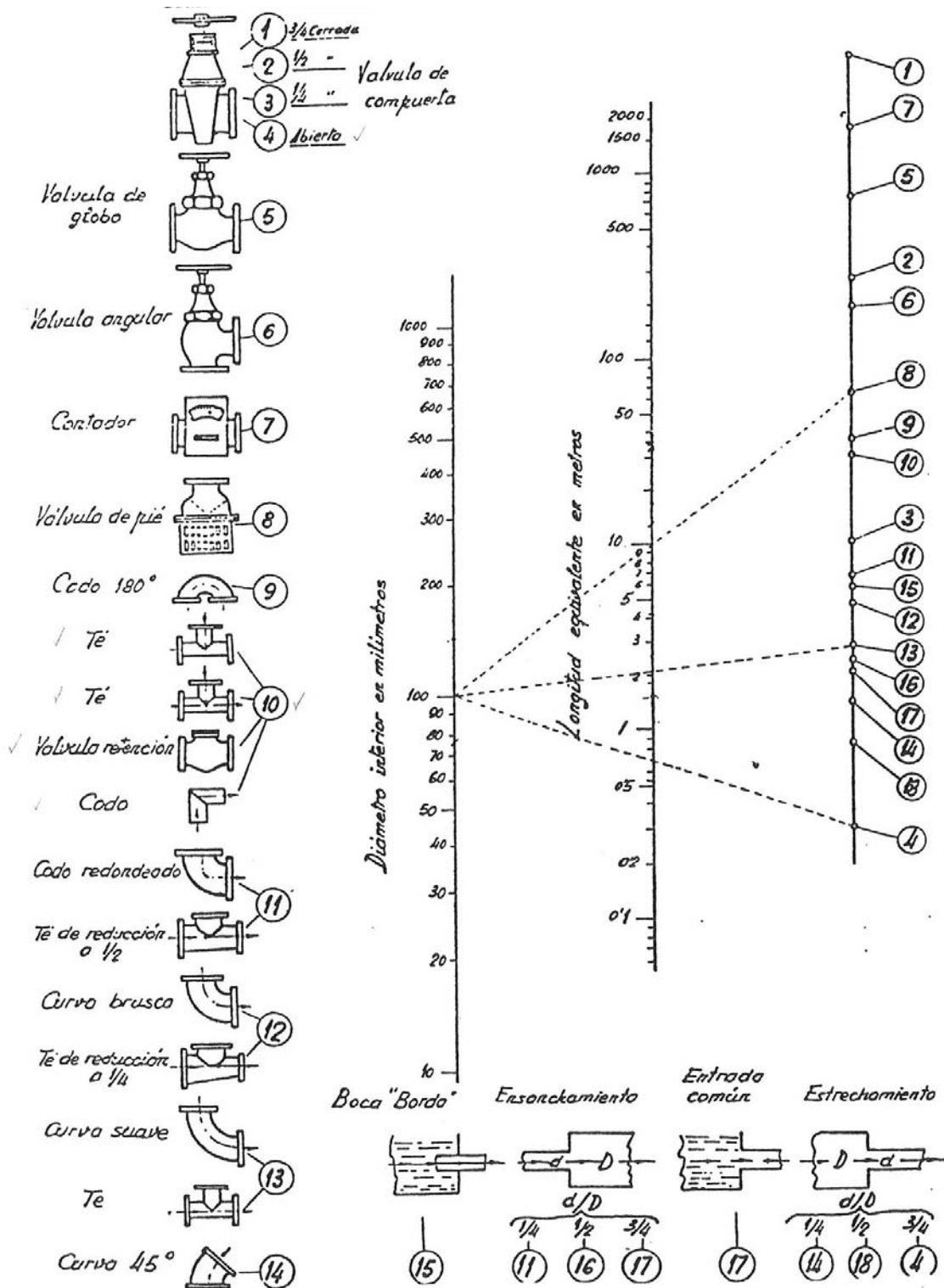


TABLA 2: RUGOSIDAD RELATIVA DE HAZEN-WILLIAMS.

Tuberías rectas y muy lisas -----	140
Tuberías de fundición lisas y nuevas -----	130
Tuberías de fundición usadas y de acero roblonado nuevas -----	110
Tuberías de alcantarillado vitrificadas -----	110
Tuberías de fundición con algunos años de servicio -----	100
Tuberías de fundición en malas condiciones -----	80

TABLA 3: DIAGRAMA DE MOODY.

Diagrama de Moody para el coeficiente de fricción en tuberías (diagrama de Stanton).

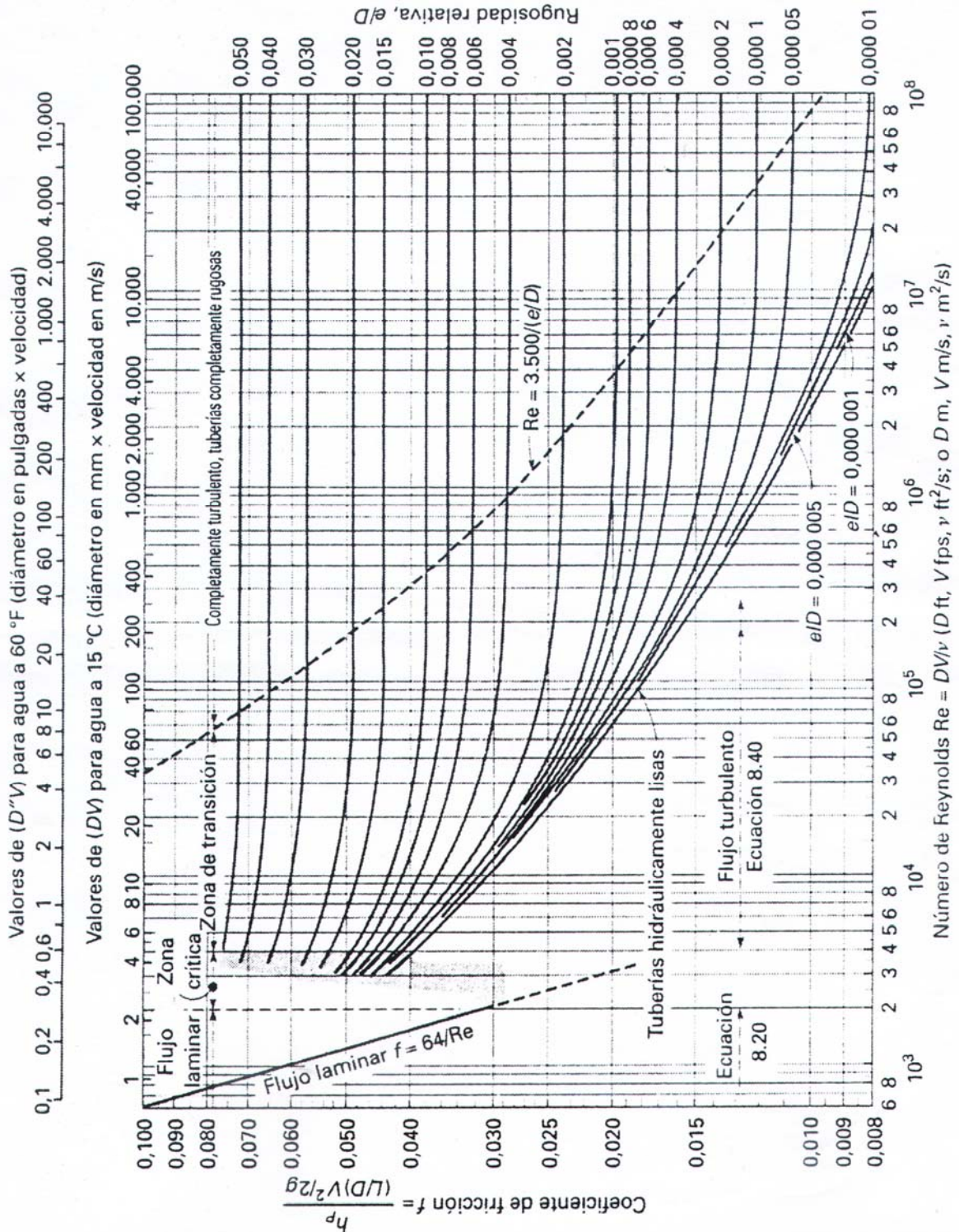


TABLA 4: VISCOSIDAD CINEMATICA.

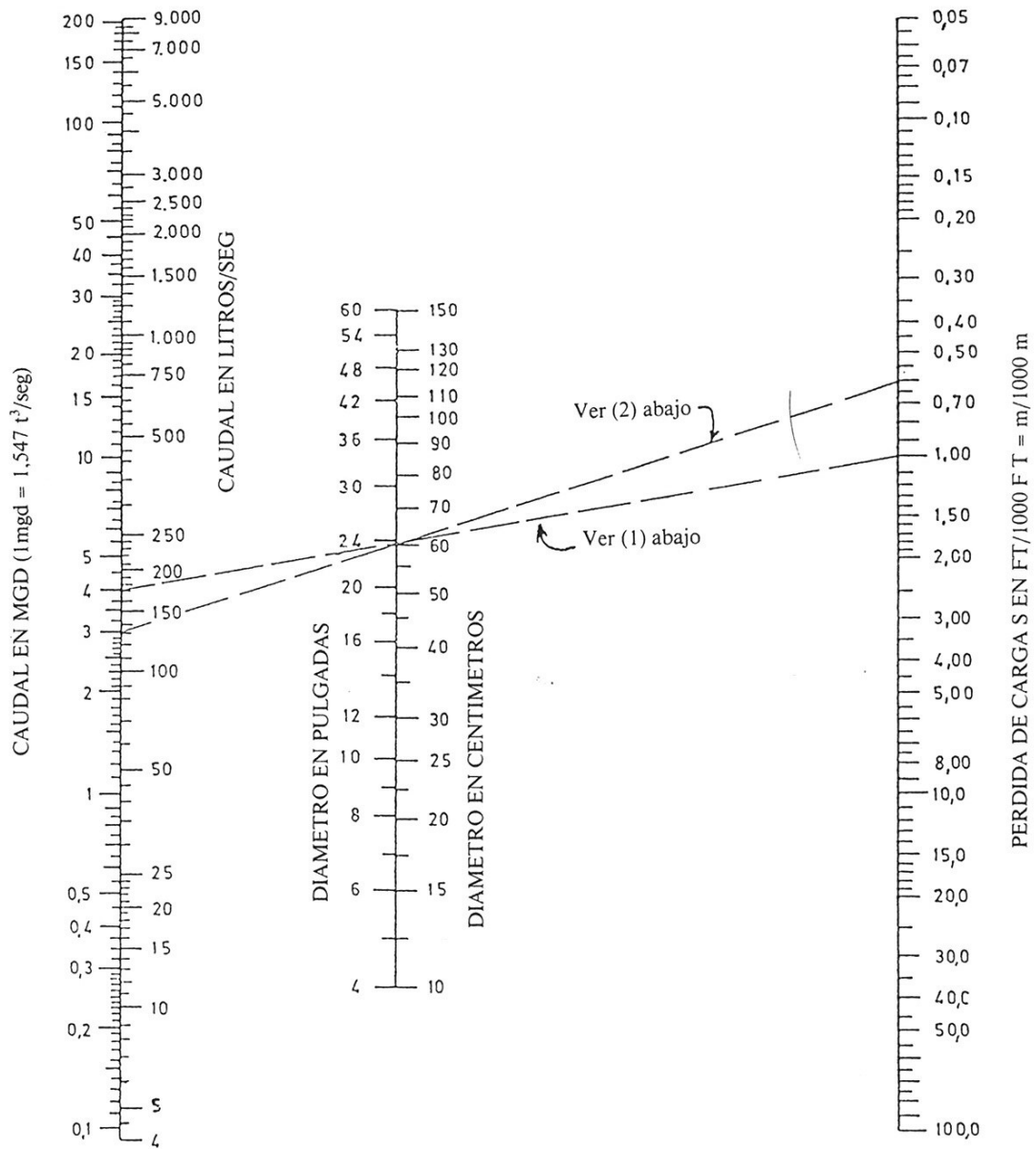
- Viscosidad cinemática ($m^2 \text{seg}^{-1}$) -

Cº	Agua salada	Agua dulce
0	$1,8284 \times 10^{-6}$	$1,7266 \times 10^{-6}$
1	1,7691	1,7270
2	1,7130	1,6704
3	1,6598	1,6166
4	1,6094	1,5655
5	1,5614	1,5169
6	1,5158	1,4707
7	1,4724	1,4266
8	1,4310	1,3847
9	1,3915	1,3446
10	1,3538	1,3064
11	1,3177	1,2698
12	1,2832	1,2349
13	1,2502	1,2015
14	1,2186	1,1696
15	1,1883	1,1390
16	1,1591	1,1096
17	1,1312	1,0815
18	1,1043	1,0545
19	1,0785	1,0286
20	1,0537	1,0037
21	1,0298	0,9798
22	1,0067	0,9568
23	0,9845	0,9347
24	0,9631	0,9134
25	0,9425	0,8929
26	0,9225	0,8731
27	0,9033	0,8540
28	0,8847	0,8357
29	0,8667	0,8179
30	0,8493	0,8009

Referencia: Basic Ship Theory
K.J. Rawson y E.C. Tupper
Longmans.

TABLA 5: MONOGRAMA DE CAUDALES.

FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS, C = 100



UTILIZACION DEL MONOGRAMA

- (1) Dado $D = 60$ cm, $S = 1,0$ m/1000 m, $C_1 = 120$; determinar el caudal Q .
 El nomograma da $Q_{100} = 170$ l/seg.
 Para $C_1 = 120$, $Q = (120/100) 170 = 204$ l/seg.
- (2) Dado $Q = 156$ l/seg, $D = 60$ cm, $C_1 = 120$; determinar la pérdida de carga.
 Cambiando Q_{120} a Q_{100} : $Q_{100} = (100/120) 156 = 130$ l/seg.
 El nomograma da $S = 0,60$ m/1000 m.

TABLA 6: TUBERIA COMERCIALES.

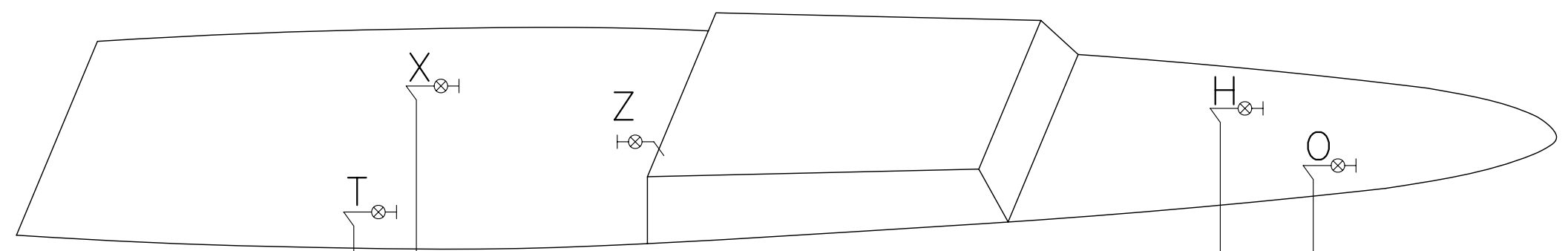
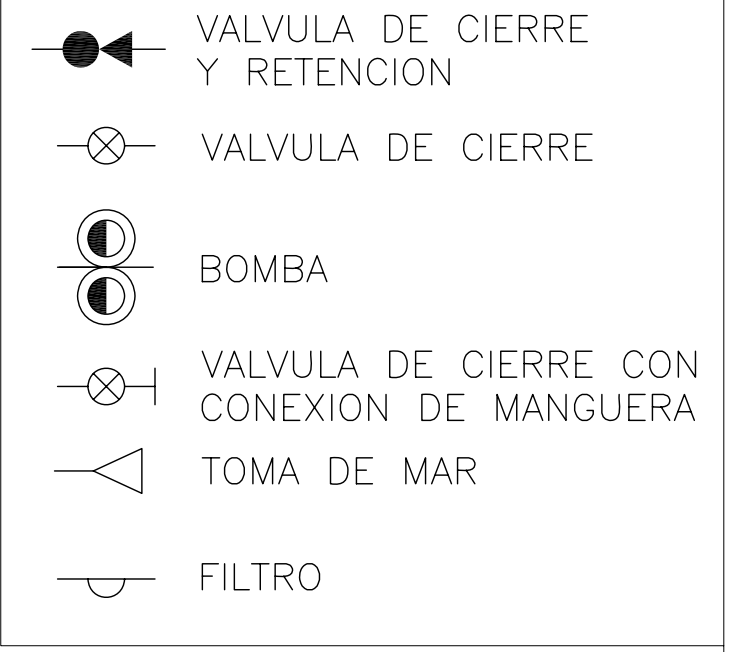


DIMENSIONES Y PESO DEL TUBO DE ACERO SOLDADO Y SIN SOLDADURA (m/m. y kg/m.) ANSI B 36.10 - 1970 y ANSI B 36.19 - 1965 (R 1971)

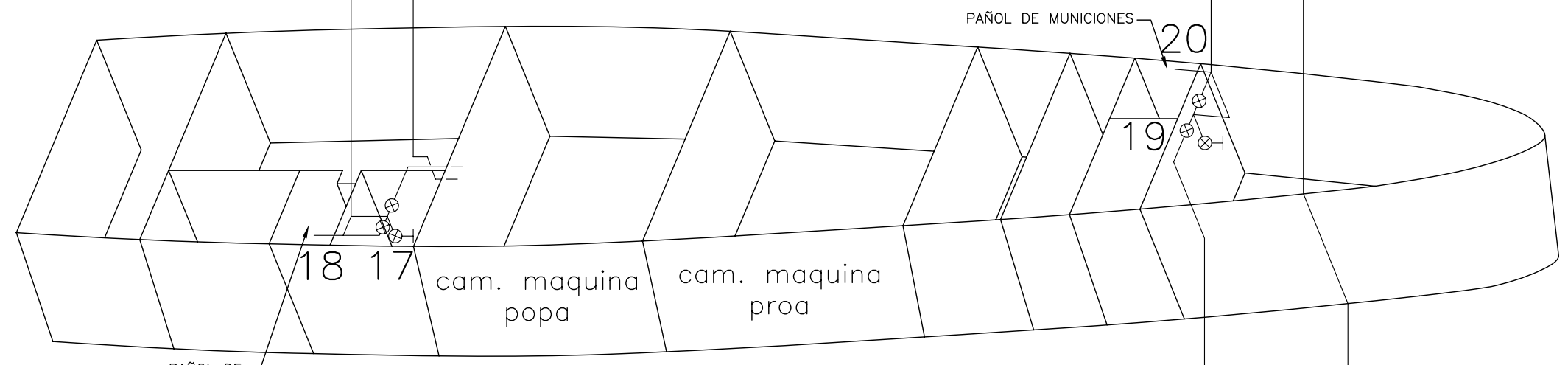
Ø nominal	Ø exte.	Sch. 6 S	Sch. 10 S	Sch. 10	Sch. 20	Sch. 30	STD y 40 S	Sch. 40	Sch. 60	X S y 80 S	Sch. 80	Sch. 100	Sch. 120	Sch. 140	Sch. 160	XXS
1/8"	10.3	-	1.24 0.28	-	-	-	1.73 0.36	-	-	2.41 0.46	-	-	-	-	-	-
1/4"	13.71	-	1.65 0.49	-	-	-	2.24 0.63	-	-	3.02 0.80	-	-	-	-	-	-
3/8"	17.14	-	1.65 0.63	-	-	-	2.31 0.85	-	-	3.2 1.10	-	-	-	-	-	-
1/2"	21.34	1.65 0.80	2.11 1.00	-	-	-	2.77 1.27	-	-	3.73 1.62	-	-	-	-	4.78 1.94	7.47 2.55
3/4"	26.7	1.65 1.03	2.11 1.28	-	-	-	2.87 1.68	-	-	3.91 2.19	-	-	-	-	5.66 2.90	7.82 3.63
1"	33.40	1.65 1.29	2.77 2.08	-	-	-	3.38 2.50	-	-	4.65 3.23	-	-	-	-	6.36 4.18	9.09 5.45
1 1/4"	42.2	1.65 1.65	2.77 2.69	-	-	-	3.56 3.38	-	-	4.85 4.47	-	-	-	-	6.35 5.58	9.70 7.76
1 1/2"	48.3	1.65 1.90	2.77 3.12	-	-	-	3.68 4.05	-	-	5.08 5.41	-	-	-	-	7.14 7.22	10.16 9.55
2"	60.32	1.65 2.36	2.77 3.93	-	-	-	3.91 5.44	-	-	5.64 7.48	-	-	-	-	8.74 11.08	11.07 13.45
2 1/2"	73.02	2.11 3.68	3.05 5.26	-	-	-	5.16 8.62	-	-	7.01 11.41	-	-	-	-	9.52 14.88	14.02 20.41
3"	88.90	2.11 4.52	3.05 6.45	-	-	-	5.49 11.29	-	-	7.62 15.27	-	-	-	-	11.13 20.96	15.24 27.67
3 1/2"	101.60	2.11 5.17	3.05 7.40	-	-	-	5.74 13.57	-	-	8.08 18.63	-	-	-	-	-	-
4"	114.30	2.11 5.81	3.05 8.34	-	-	-	6.02 16.07	-	-	8.50 22.31	-	-	11.13 28.35	-	13.49 33.53	17.12 41.02
5"	141.30	2.77 9.45	3.40 11.56	-	-	-	6.55 21.78	-	-	9.52 30.95	-	-	12.7 40.28	-	15.88 49.09	19.05 57.42
6"	168.30	2.77 11.31	3.40 13.82	-	-	-	7.11 28.26	-	-	10.97 42.56	-	-	14.27 54.20	-	18.26 67.55	21.85 79.18
8"	219.10	2.77 14.78	3.76 19.94	-	6.35 33.31	7.04 36.79	8.18 42.53	10.31 52.88	12.7 81.54	12.7 81.46	15.09 95.95	18.26 114.74	21.44 132.74	25.40 154.94	28.58 172.14	26.40 154.94
10"	273.00	3.40 22.62	4.19 27.83	-	6.35 41.77	7.8 51.00	9.27 60.29	12.7 60.29	12.7 81.54	12.7 81.46	15.09 95.95	18.26 114.74	21.44 132.74	25.40 154.94	28.58 172.14	26.40 154.94
12"	323.85	3.96 33.00	4.57 36.00	-	6.35 49.72	8.38 65.20	9.52 73.82	10.31 79.67	12.7 108.96	12.7 93.44	17.48 132.01	21.44 159.52	25.40 186.77	28.58 206.96	33.34 238.11	26.40 166.77
14"	355.60	3.96 34.23	4.78 41.30	6.35 54.66	7.92 67.94	9.52 81.28	9.52 81.28	11.13 94.49	15.09 126.49	12.7 107.38	19.05 158.08	23.83 194.90	27.79 224.42	31.67 253.14	35.71 281.38	-
16"	406.40	4.19 41.60	4.78 47.29	6.35 62.63	7.92 77.86	9.52 93.21	9.52 93.21	12.7 123.29	16.64 159.98	12.7 123.29	21.44 203.16	26.19 245.32	30.96 286.44	36.52 332.62	40.49 364.85	-
18"	457.20	4.19 46.83	4.78 53.26	6.35 70.59	7.92 87.79	11.13 122.36	9.52 105.14	14.27 151.91	19.05 205.80	12.7 139.19	23.83 254.59	29.36 309.44	34.92 363.19	39.89 408.01	45.24 459.18	-
20"	508.00	4.78 59.22	5.64 68.50	6.35 78.54	9.52 117.07	12.7 155.10	9.52 117.07	15.09 183.12	20.62 247.85	12.7 155.10	26.19 310.90	32.64 381.04	38.10 440.93	44.45 509.00	50.01 564.14	-
22"	558.80	-	-	6.35 86.50	9.52 129.01	12.7 171.01	9.52 129.01	-	22.22 224.04	12.7 171.01	28.58 373.58	34.92 451.14	41.28 526.82	47.62 599.74	53.98 671.18	-
24"	609.60	5.64 82.60	6.35 94.45	6.35 94.45	9.52 140.94	14.27 209.54	9.52 140.94	17.48 255.14	24.61 354.64	12.7 186.92	30.96 441.10	38.89 546.92	46.02 639.18	52.3 718.94	59.64 806.61	-
26"	660.40	-	-	7.92 127.50	12.7 202.83	-	9.52 152.87	-	-	12.7 202.83	-	-	-	-	-	-
28"	711.20	-	-	7.92 137.42	12.7 218.73	16.88 272.18	9.52 164.80	-	-	12.7 218.73	-	-	-	-	-	-
30"	762.00	-	-	7.92 147.36	12.7 234.64	16.88 292.06	9.52 176.73	-	-	12.7 234.74	-	-	-	-	-	-
32"	812.80	-	-	7.92 157.28	12.7 250.55	16.88 311.95	9.52 188.66	17.48 342.70	-	12.7 250.55	-	-	-	-	-	-
34"	863.60	-	-	7.92 162.20	12.7 266.46	16.88 331.83	9.52 200.59	17.48 364.58	-	12.7 266.46	-	-	-	-	-	-
36"	914.40	-	-	7.92 177.13	12.7 282.36	16.88 351.72	9.52 212.52	19.06 420.56	-	12.7 282.36	-	-	-	-	-	-
38"	965.2	-	-	-	-	-	22.45	-	-	12.7 298.27	-	-	-	-	-	-
40"	1.016.00	-	-	-	-	-	236.38	-	-	12.7 314.18	-	-	-	-	-	-
42"	1.066.80	-	-	-	-	-	248.31	-	-	12.7 330.09	-	-	-	-	-	-
44"	1.117.8	-	-	-	-	-	260.25	-	-	12.7 346.00	-	-	-	-	-	-

NOTA CARACTERES EN NEGRILLA SIGNIFICAN ESPESORES EN MILIMETROS
CARACTERES EN FINA SIGNIFICAN PESO EN KG/MTS.

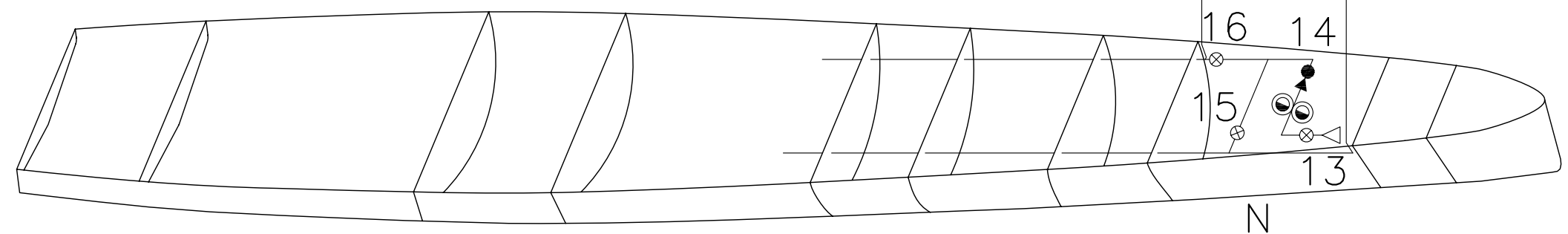
3. DIAGRAMAS



Cubierta 3











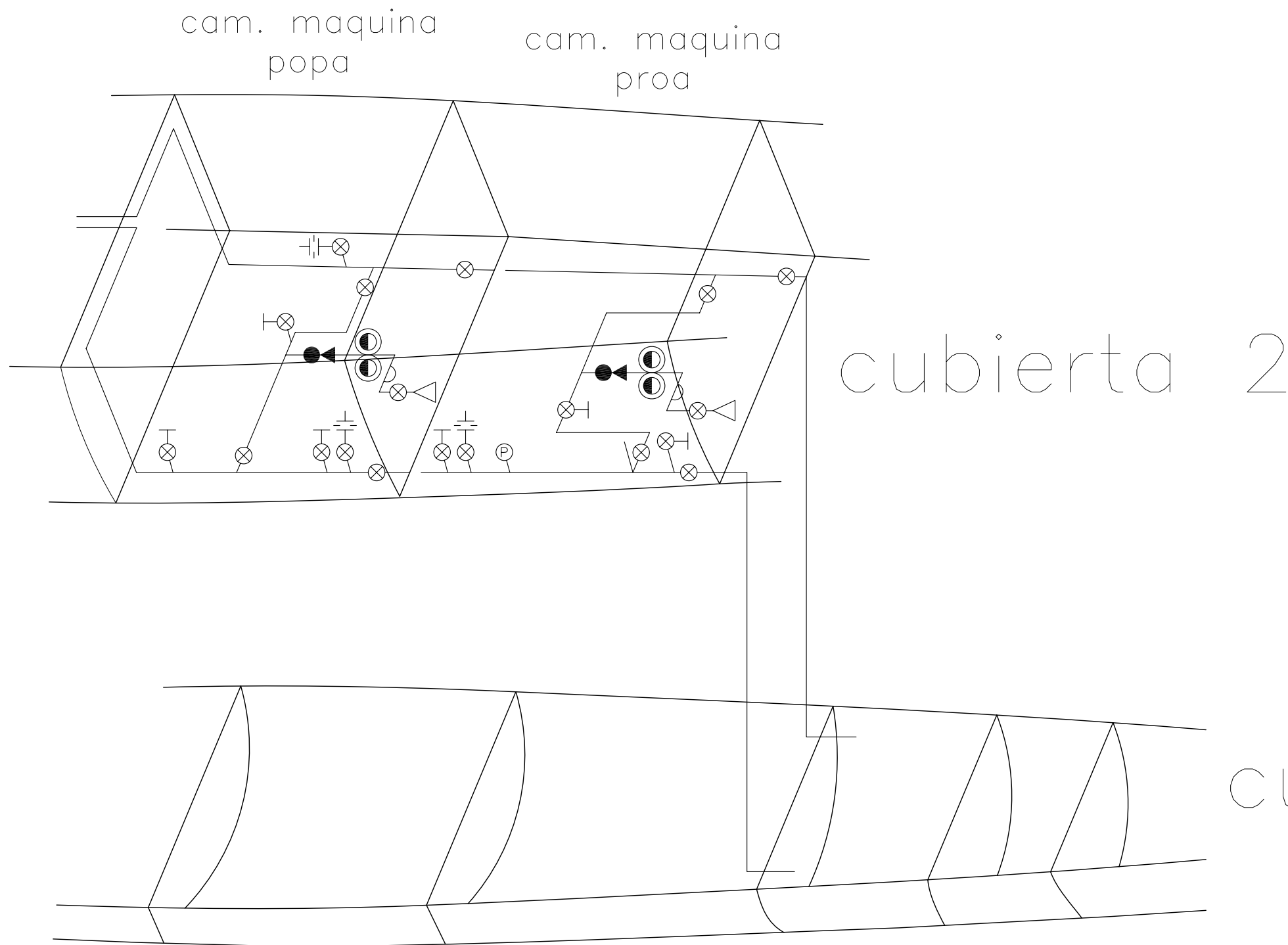
Cubierta 2



Cubierta 1

	FECHA	NOMBRE	E.U.I.T. NAVAL
DIBUJADO	31/05/09	L.IPIALES	
COMPROBADO		R.G.PALMA	
ESCALA	DIAGRAMA N° 1		

-  VALVULA DE CIERRE Y RETENCION
-  DIAFRAGMA REDUCTOR DE PRESION
-  VALVULA DE CIERRE
-  BOMBA
-  INDICADOR DE PRESION
-  VALVULA DE CIERRE CON CONEXION DE MANGUERA
-  TOMA DE MAR
-  FILTRO



	FECHA	NOMBRE	E.U.I.T NAVAL
DIBUJADO	31/05/09	L.IPIALES	
COMPROBADO		R.G.PALMA	
ESCALA	DIAGRAMA N°2		

4. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

Para la realización del presupuesto, debemos de conocer el alcance de los materiales.

(Tabla 6).

4.1 Alcance del material

Descripción	DN	Cantidad	Pu (euros)	Subtotal
Tubería	100	73	6,3	461
Tubería	80	31	5,0	156
Tubería	65	58	4,6	265
Tubería	50	4	3,6	14
Codo 90°	100	20	3,5	70
Codo 90°	80	8	3,0	24
Codo 90°	65	15	2,0	30
Codo 90°	50	3	1,7	5
Te	100	26	8,4	219
Te	80	15	8,4	126
Te	65	7	6,3	44
Estrechamiento	100/80	6	4,8	29
Estrechamiento	80/65	5	4,2	21
Válvula con cierre de compuerta	100	11	34,6	381
Válvula con cierre de compuerta	80	7	34,6	242
Válvula con cierre de compuerta	65	7	32,0	224
Válvula de retención y cierre	100	3	32,2	96
Válvula de retención y cierre	80	2	27,0	54
Válvula de retención y cierre	65	1	21,6	22
Válvula de cierre con conexión de manguera	80	5	45,1	225
Válvula de cierre con conexión de manguera	65	3	40,9	123
Válvula de cierre con conexión de manguera	50	2	36,1	72
Valv. cierre con conexión de manguera y reductor de presión	80	3	72,1	216
Filtro	100	2	360,6	721
Filtro	80	2	360,6	721
Filtro	65	1	336,6	337
Grupo moto bomba 20 CV		3	2043,4	6130
Grupo moto bomba diesel 20 CV		1	1923,2	1923
Manómetros 12 Kg/cm ²		6	42,1	252
Junta de expansión	100	8	4,8	38
Junta de expansión	80	6	4,8	29
Junta de expansión	65	9	4,7	42
Sprinklers	15	16	60,1	962
Total =				13816

Una vez conocido dicho material, valoraremos el montaje del mismo.

4.2 Manejo de materiales

Descripción	DN	Cantidad	Pu (horas)	Horas
Tubería	100	73	0,151	11,02
Tubería	80	31	0,145	4,50
Tubería	65	58	0,141	8,18
Tubería	50	4	0,129	0,52
Codo 90°	100	20	0,148	2,96
Codo 90°	80	8	0,145	1,16
Codo 90°	65	15	0,141	2,12
Codo 90°	50	3	0,129	0,39
Te	100	26	0,15	3,90
Te	80	15	0,145	2,18
Te	65	7	0,141	0,99
Estrechamiento	100/80	6	0,145	0,87
Estrechamiento	80/65	5	0,14	0,70
Válvula con cierre de compuerta	100	11	0,15	1,65
Válvula con cierre de compuerta	80	7	0,145	1,02
Válvula con cierre de compuerta	65	7	0,141	0,99
Válvula de retención y cierre	100	3	0,151	0,45
Válvula de retención y cierre	80	2	0,145	0,29
Válvula de retención y cierre	65	1	0,141	0,14
Valv.de cieñe con conexión de manguera	80	5	0,145	0,73
Valv.de cierre con conexión de manguera	65	3	0,141	0,42
Valv.de cierre con conexión de manguera	50	2	0,129	0,26
Valv.cierre con conexión manguera y reductor de presión	80	3	0,18	0,54
			Total =	34,9 Horas

4.3 Fabricación y montaje de tuberías

Descripción	DN	Cantidad	Pu (horas)	Horas
Tubería	100	73	1,85	135,3
Tubería	80	31	1,84	57,0
Tubería	65	58	1,79	103,9
Tubería	50	4	1,66	6,6
			Total =	167 Horas

4.4 Montaje de válvulas y accesorios de tuberías

Descripción	DN	Cantidad	Pu (horas)	Horas
Válvula con cierre de compuerta	100	11	2,52	27,7
Válvula con cierre de compuerta	80	7	2,37	16,6
Válvula con cierre de compuerta	65	7	2,19	15,3
Válvula de retención y cierre	100	3	2,52	7,6
Válvula de retención y cierre	80	2	2,37	4,7
Válvula de retención y cierre	65	1	2,19	2,2
Válvula cierre con conexión de manguera	80	5	2,22	11,1
Válvula cierre con conexión de manguera	65	3	2,19	6,6
Válvula cierre con conexión de manguera	50	2	2,15	4,3
Válvula cierre con conexión de manguera y reductor de pres	80	3	2,37	7,1
Filtro	100	2	1,63	3,3
Filtro	80	2	1,59	3,2
Filtro	65	1	1,5	1,5
Total =				75 Horas

Conociendo los datos sabemos el resultado final del presupuesto.

4.5 Coste total

Numero de horas totales:

Manejo de materiales	35 Horas
Fabricacion y montaje de tuberías	168 Horas
Montaje de válvulas y accesorios de tuberías	75 Horas
TOTAL =	278 Horas

Considerando a 30 euros la hora como precio del operario tendremos que el coste total será el coste generado de los materiales más el coste generado por la mano de obra.

$$C_t = \text{Coste materiales} + \text{Coste mano de obra}$$

$$C_t = 13816 \text{ Euros} + 278 \text{ Horas} \times 30 \text{ Euros/hora} = 22156 \text{ Euros}$$

