



# Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
Escuela de Electricidad y Electrónica

## ANÁLISIS DEL FIRE FIGHTING SYSTEM PARA EMBARCACIÓN MAERSK DISPATCHER

Trabajo para optar al título de:  
Ingeniero Electrónico

Profesor Patrocinante:  
Sr. Pedro Rey Clericus  
Ingeniero Electrónico  
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería  
Diplomado en Ciencias de la Ingeniería

PABLO ANDRÉS CASTILLO VERGARA  
VALDIVIA - CHILE  
2009

**Profesor Patrocinante:**

**Sr. Pedro Rey Clericus**

---

**Profesores Informantes:**

**Sr. Alejandro Villegas**

---

**Sr. José Oyarzo Aguirre**

---

**Fecha Examen de Titulación**

## **Agradecimientos y Dedicatoria**

*En mi primer lugar darle gracias a Dios por ayudarme a salir adelante en este desafío y por todos los regalos que me ha entregado en tan poco tiempo.*

*Este trabajo se lo dedico a todas aquellas personas que me apoyaron en este largo proceso, en los buenos y malos momentos de mi vida creyendo en mí. En especial a mi familia, mi novia, amigos, colegas y profesores que de una u otra forma estuvieron involucrados para ayudarme a lograr esta importante meta. También dedicarle este logro a dos personas que fueron muy importantes en mi vida: “mis abuelos” que aunque ya no se encuentran en este mundo, tengo la certeza que me estuvieron apoyando desde el cielo.*

## INDICE

<b>Resumen</b> .....	VII
<b>Summary</b> .....	VIII
<b>Objetivos</b> .....	IX
<b>Introducción</b> .....	X

### **Capítulo I - BUQUE MULTIPROPÓSITO: “MAERSK DISPATCHER” .....16**

<b>1.1 Buques multipropósito</b> .....	16
<b>1.2 Diseño general</b> .....	16
1.2.1 Requerimientos básicos y capacidades.....	16
1.2.2 Dimensiones del buque.....	18
1.2.3 Velocidad y capacidad de remolque.....	19
1.2.4 Calado, peso ligero, tonelaje.....	20
<b>1.3 Clasificación y regulaciones</b> .....	20
<b>1.4 Equipamiento del buque</b> .....	21
1.4.1 Maquinaria y equipamiento para maniobras.....	21
<b>1.5 Equipos de navegación y comunicaciones</b> .....	22
1.5.1 Sistema mundial de socorro y seguridad marítimo.....	24
<b>1.6 Maquinaria de propulsión</b> .....	25

### **Capítulo II – SISTEMAS DE CONTROL DE INCENDIO EN EMBARCACIÓN MAERSK DISPATCHER**

<b>2.2 Principio de generación de incendios</b> .....	27
<b>2.3 Clasificación del fuego</b> .....	28
<b>2.4 Elementos para el combate de incendios en embarcaciones</b> .....	29
2.4.1 Extintores.....	29
2.4.2 Sistemas de detección y de alarmas de incendio.....	31
2.4.3 Sistema de combate de fuego basado en CO <sub>2</sub> .....	31

2.4.4	Sistema Water Fog.....	32
2.4.5	El sistema FIFI (Fire fighting system).....	33

### **Capítulo III - ELEMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN – INTRODUCCIÓN.....34**

#### **A LOS PLC**

<b>3.1</b>	<b>¿Que es un sistema automatizado?.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2</b>	<b>Objetivos de la automatización.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3</b>	<b>La parte operativa.....</b>	<b>35</b>
3.3.1	Detectores y Captadores.....	35
3.3.2	Accionadores y Preaccionadores.....	36
<b>3.4</b>	<b>La parte de mando.....</b>	<b>36</b>
3.4.1	Tecnologías cableadas.....	36
3.4.2	Tecnologías programadas .....	37
<b>3.5</b>	<b>El PLC (controlador lógico programable).....</b>	<b>37</b>
3.5.1	Campos de aplicación.....	38
3.5.2	Ventajas e inconvenientes.....	39
3.5.3	Funciones básicas de un PLC.....	41
<b>3.6</b>	<b>Estructuras del PLC.....</b>	<b>42</b>
3.6.1	Estructura Externa.....	42
3.6.1.1	Estructura compacta.....	42
3.6.1.2	Estructura semimodular.....	43
3.6.1.3	Estructura modular.....	43
3.6.2	Estructura Interna.....	44
3.6.2.1	CPU.....	44
3.6.2.1.1	Procesador.....	45
3.6.2.1.2	Memoria monitor del sistema.....	45
3.6.2.1.3	Funciones básicas de la CPU.....	46
3.6.2.2	Fuente de alimentación.....	46
3.6.2.3	Interfaces.....	47

3.6.2.4	Memoria del PLC.....	48
3.6.2.4.1	Memoria interna.....	50
3.6.2.4.2	Memoria de programa.....	53
3.6.2.5	Entradas y Salidas.....	53
3.6.2.5.1	Entradas digitales.....	54
3.6.2.5.2	Entradas analógicas.....	54
3.6.2.5.3	Salidas digitales.....	55
3.6.2.5.4	Salidas analógicas.....	56
<b>3.7</b>	<b>Funcionamiento.....</b>	<b>56</b>
3.7.1	Modo de funcionamiento.....	57
3.7.2	Ciclo de funcionamiento.....	58
3.7.2.1	Proceso inicial.....	58
3.7.2.2	Ciclo de operación.....	59
3.7.3	Tiempo de ejecución y control en tiempo real.....	60
<b>3.8</b>	<b>Programación.....</b>	<b>62</b>
3.8.1	Lenguajes e Instrucciones de Programación.....	62
3.8.1.1	Lista de instrucciones.....	63
3.8.1.2	Lenguaje de contactos o Ladder.....	63
3.8.1.3	Conceptos generales en el lenguaje de contactos.....	65
3.8.1.4	Lenguaje SFC.....	67
<b>Capítulo IV - ANÁLISIS DEL FIRE FIGHTING SYSTEM.....</b>		<b>68</b>
<b>4.1</b>	<b>Resumen del capítulo.....</b>	<b>68</b>
<b>4.2</b>	<b>Glosario de términos usados en el capítulo.....</b>	<b>68</b>
<b>4.3</b>	<b>Definición del sistema FIFI.....</b>	<b>69</b>
<b>4.4</b>	<b>Características del sistema FIFI.....</b>	<b>71</b>
<b>4.5</b>	<b>Descripción del sistema FIFI.....</b>	<b>72</b>
4.5.1	Descripción básica de los componentes principales.....	72
<b>4.6</b>	<b>Componentes del sistema FIFI.....</b>	<b>73</b>
4.6.1	Bombas centrífugas.....	73
4.6.1.1	Componentes de una bomba centrífuga.....	73

4.6.1.2	Funcionamiento de la bomba centrífuga.....	74
4.6.1.3	Parámetros a considerar en las bombas centrífugas.....	74
4.6.1.4	Bomba centrífuga C22BA.....	77
4.6.1.5	Condiciones de operación de la bomba centrífuga C22BA.....	78
4.6.2	Monitores de agua.....	79
4.6.2.1	Características técnicas de los monitores de agua.....	79
4.6.2.2	Funcionamiento de los monitores de agua.....	81
4.6.3	Gear box (caja de enganche o multiplicadoras).....	84
4.6.3.1	Características técnicas de las gear box.....	85
4.6.3.2	Válvula de control de presión o de secuencia MBV 5000.....	86
4.6.3.3	Transmisores de presión tipo MBS 5100 y MBS 5150.....	87
4.6.3.4	Sensores de temperatura MBT 5250.....	88
4.6.4	Unidad hidráulica de poder o Power Pack.....	89
4.6.5	Sistema Water Spray (agua pulverizada).....	92
<b>4.7</b>	<b>Control electrónico del sistema FIFI.....</b>	<b>93</b>
4.7.1	PLC Mitsubishi Melsec FX2N – 128.....	93
4.7.2	Familia de PLCs FX.....	94
4.7.3	Características técnicas del PLC Mitsubishi Melsec FX2N – 128.....	94
4.7.4	Componentes de un sistema PLC FX.....	95
4.7.5	Unidades base para PLC Serie FX2N.....	97
4.7.6	Bases para la programación de los PLC FX.....	100
4.7.7	Dispositivos internos utilizados por el PLC.....	100
4.7.8	Diagrama de contactos (Ladder) en software Melsec Medoc Plus.....	101
4.7.9.1	Elementos para programación en lenguaje Ladder.....	102
4.7.9.2	Relés internos o marcas.....	102
4.7.9.3	Temporizadores (timers).....	104
4.7.9.4	Contadores.....	104
4.7.9.5	Temporizadores y contadores en bloques de función.....	104
4.7.9.6	Entradas EN y salidas ENO.....	106
4.7.9.7	Crear variables temporales para instrucciones PLS_M, PLF_M.....	107
4.7.9.8	Bloques de función “LATCH”.....	107

<b>4.8 Programación del sistema FIFI.....</b>	<b>108</b>
<b>4.9 Panel de control MIMIC.....</b>	<b>112</b>
<b>4.10 Joystick para control de monitores.....</b>	<b>114</b>
<b>4.11 Funcionamiento en conjunto de los elementos del sistema FIFI.....</b>	<b>115</b>
4.11.1 Descripción de las señales principales de entrada y salida al PLC.....	117
4.11.2 Arranque del sistema FIFI.....	118
<b>Capitulo V – CONCLUSIONES.....</b>	<b>122</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>124</b>
<b>Anexo.....</b>	<b>125</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1:	Fotografía del buque multipropósito Maersk Dispatcher.....	19
Figura 2.1:	Triángulo del fuego.....	28
Figura 3.1:	Fotografía de un PLC o API.....	38
Figura 3.2:	PLCs de estructura compacta.....	43
Figura 3.3:	Partes de la estructura interna del PLC.....	44
Figura 3.4:	Mapa de memoria de un PLC.....	49
Figura 3.5:	Estructura del área de datos de la memoria.....	52
Figura 3.6:	Símbolo entrada normalmente abierta.....	64
Figura 3.7:	Símbolo entrada normalmente cerrada.....	64
Figura 3.8:	Símbolo de salida.....	65
Figura 3.9:	Ejemplo de programación en lenguaje de Ladder.....	66
Figura 3.10:	Ejemplo de Diagrama de contactos y su equivalencia a nemónico.....	66
Figura 3.11:	Forma de conexión de una bobina de salida en lenguaje de contactos.....	66
Figura 3.12:	Forma de conexión de varias bobinas de salida.....	67
Figura 3.13:	Ejemplo de programa en Lenguaje SFC.....	67
Figura 4.1:	Esquema básico del sistema FIFI.....	70
Figura 4.2:	Componentes Principales de una bomba centrífuga.....	73
Figura 4.3:	Alturas principales en una bomba centrífuga.....	73
Figura 4.4:	Parámetros más importantes en una bomba centrífuga.....	75
Figura 4.5:	Esquemas básicos de acción en una bomba centrífuga.....	77
Figura 4.6:	Bomba centrífuga C22BA.....	77
Figura 4.7:	Monitor de agua Jason Eureka FM300HD.....	80
Figura 4.8:	Esquema de control hidráulico de los monitores de agua.....	83
Figura 4.9:	Monitores de agua trabajando en sus dos formas de disparo.....	84
Figura 4.10:	Esquema de acople de la Gear box.....	85
Figura 4.11:	Válvula de control de presión MBV 5000.....	87
Figura 4.12:	Transmisores de presión tipo MBS 5100 y MBS 5150.....	88
Figura 4.13:	1) Sensor de temperatura MBT 5250.....	89
	2) Sonda de medición del sensor MBT 5250.	

Figura 4.14:	Power pack hidráulico.....	90
Figura 4.15:	Tablero de válvulas solenoides controladas en forma remota.....	91
Figura 4.16:	Funcionamiento del sistema water spray.....	92
Figura 4.17:	PLC Mitsubishi Melsec FX2N – 128.....	93
Figura 4.18:	Componentes principales de un PLC FX.....	95
Figura 4.19:	Componentes de la unidad base de los PLC FX2N.....	97
Figura 4.20:	Marca o relé interno.....	102
Figura 4.21:	Ejemplo de utilización de Marcas.....	103
Figura 4.22:	Bloque de función TIMER_10_FB_M (timer de 100ms).....	105
Figura 4.23:	Aplicación de los comandos EN y ENO.....	106
Figura 4.24:	Latch RS y su tabla de verdad.....	108
Figura 4.25:	Cuadro de instrucciones PLC sistema FIFI (alarmas exteriores).....	109
Figura 4.26:	Diagrama representativo del panel MIMIC.....	112
Figura 4.27:	Joystick de maniobra de monitores de agua.....	114
Figura 4.28:	Esquema representativo de la circulación del agua en el FIFI.....	115
Figura 4.29:	Diagrama eléctrico general del sistema FIFI.....	118
Figura 4.30:	Diagrama en bloque del proceso de partida del sistema.....	119

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1.1:	Dimensiones principales del buque.....	18
Tabla 1.2:	Tonelajes y medidas relacionadas con el peso del buque.....	20
Tabla 2.1:	Clases de fuego vs. agentes extintores.....	30
Tabla 3.1:	Tiempos para un ciclo de operación.....	61
Tabla 4.1:	Especificaciones básicas PLC Mitsubishi FX2N-128.....	98
Tabla 4.2:	Datos generales del sistema (datos de programa).....	98
Tabla 4.3:	Datos generales del sistema (operandos).....	99
Tabla 4.4:	Elementos internos utilizados por el PLC.....	100
Tabla 4.5:	Relés internos especiales.....	103
Tabla 4.6:	Bloques de función de temporizadores y contadores.....	105

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se realiza el análisis de un sistema que ha sido diseñado e implementado con tecnologías de punta para el combate de incendios en embarcaciones e instalaciones ligadas al rubro marítimo, se trata del FIRE FIGHTING SYSTEM (FIFI) y ha sido instalado en el buque multipropósito Maersk Dispatcher por la empresa ASENAV S.A. Este es un sistema mixto que incorpora en su construcción elementos mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos, de los cuales profundizaré en estos últimos; que tienen como base las tecnologías de automatización comandadas por PLC.

Para dicho análisis se comienza en los primeros capítulos realizando una descripción general de las características del buque mencionado y de los sistemas de control de incendios del buque.

Es necesario también hacer un análisis general de los elementos que constituyen un sistema automatizado, para culminar con un estudio más exhaustivo de los componentes y el funcionamiento del FIFI, poniendo énfasis en el PLC que es el cerebro del sistema.

## SUMMARY

The present work there is realized the analysis of a system that has been designed and implemented with technologies of top for the combat of fires in crafts and facilities tied to the maritime item, it is a question of the FIRE FIGHTING SYSTEM (FIFI) and there has been installed in the ship multiintention Maersk Dispatcher by the company ASENAV S.A. This it is a mixed system that incorporates in it construction mechanical, hydraulic, electrical and electronic components, of which I will penetrate into the above mentioned; that take as a base the technologies of automation commanded by PLC. For the above mentioned analysis it is begun in the first chapters realizing a general description of the characteristics of the mentioned ship and in the systems of control of fires of the ship.

It is necessary also to do a general analysis of the elements that constitute an automated system, to culminate with a more exhaustive study of the components and the functioning of the FIFI, putting emphasis in the PLC that is the brain of the system.

### **OBJETIVOS GENERALES**

- Realizar una descripción general del sistema FIFI o Fire Fighting System del buque Maersk Dispatcher.
- Dar a conocer un análisis basado principalmente en el control electrónico de este sistema, describiendo a su vez otros elementos que lo constituyen.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar una descripción básica de los sistemas principales del buque multipropósito Maersk Dispatcher.
- Dar a conocer los sistemas de combate de incendios en la embarcación en cuestión.
- Realizar un estudio descriptivo de los elementos que constituyen un sistema de control automatizado.
- Conocer y describir cada uno de los componentes que integran al sistema FIFI.
- Hacer un análisis teórico – práctico de la operación de este sistema, haciendo hincapié en el PLC que lo gobierna.
- Realizar un análisis descriptivo al PLC Mitsubishi Melsec FX2N – 128.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la industria naval ha tenido un progreso exponencial, en cuanto a la incorporación de tecnologías cada vez más avanzadas en las embarcaciones no solo de gran envergadura sino que también de mediano y pequeño tamaño; según sus requerimientos.

Además la competitividad de las grandes empresas que rentan del rubro marítimo, hace que se desarrollen nuevas embarcaciones de diseño innovador entre las que destacan los buques de la empresa multinacional Maersk que cuenta con una flota bastante amplia de estas embarcaciones, entre ellos el Maersk Dispatcher. Estos buques como su nombre lo indica tienen la capacidad de realizar múltiples funciones tales como remolque, transporte de carga y combustible, rescate marítimo, combate de fuego, derretimiento de témpanos de hielo, entre otras. Las cuales puede desempeñar en condiciones climáticas muy adversas ya que se encuentra acondicionado con los equipos y el personal capacitado en el área que le corresponde.

Uno de los sistemas principales de este buque es el sistema de combate de incendios, mas conocido como Fire fighting system o FIFI, que cuenta con una eficiencia demostrada ya que ha sido perfeccionado y modernizado en el tiempo. En este trabajo se realiza el análisis de este sistema enfocado en el control electrónico, el cual es el resultado de un estudio teórico y práctico que ha llevado a recopilar información de distintas fuentes tales como manuales, textos, publicaciones en la Web y entrevistas relacionadas con el tema.

# **CAPITULO I**

## **BUQUE MULTIPROPÓSITO: “MAERSK DISPATCHER”**

### **1.1 Buques multipropósito**

Las especificaciones generales de esta embarcación que se indican a continuación, proporcionan las características básicas para un buque multipropósito también conocido como buque de “suministro y remolque”; del cual solo se verán los aspectos más relevantes para dar una clara visión del tipo de embarcación estudiada.

El buque ha sido diseñado para cumplir con todos los requisitos requeridos por la empresa armadora Maersk que utiliza estos buques para maniobras de remolque, rescate y abastecimiento de alta complejidad en alta mar, específicamente en plataformas petrolíferas fuera de la costa. Por lo tanto, el buque esta completamente equipado y listo para su operación en alta mar de acuerdo con las prácticas marinas comerciales vigentes.

En este capítulo se consideran aspectos importantes en cuanto a las dimensiones, maquinarias y equipamiento técnico del buque en cuestión que lo catalogan como un buque del tipo AHTS.

### **1.2 Diseño general**

#### **1.2.1 Requerimientos básicos y capacidades**

Este buque ha sido diseñado para cumplir con todas las normas nacionales e internacionales y reglamentos de comercio en todo el mundo que incluye los reglamentos del canal de Suez y Panamá, que están vigentes al momento del comienzo del proyecto. Se encuentra registrado en Canadá y ha sido diseñado para dar cumplimiento a la posición canadiense y a las normas adecuadas para trasladar una capacidad de 300 sobrevivientes, así como otras normas canadienses para la operación de un buque en alta mar.

El buque ha sido construido con una cubierta principal continua, doble fondo, doble casco y con cinco mamparos herméticos. Cuenta con una torre dispuesta en proa, con seis cubiertas de acomodaciones y un puente de gobierno ubicado en la parte superior de la torre. En la parte inferior del buque se encuentran las salas de maquinas y además cuenta con una sala de control de maquinas donde se encuentran una serie de equipos de gobierno y monitoreo electrónico, así como los tableros de distribución eléctrica.

El buque está equipado con dos hélices de paso controlable para la propulsión principal, con timones tipo túnel, un propulsor retráctil en la proa y un propulsor tipo túnel en la popa.

El buque está diseñado para ser capaz de las siguientes funciones:

- a) Transportar una combinación en cubierta de carga consistente en tuberías, carga general, aproximadamente un total de 1700 toneladas métricas (sin cables principales y winches auxiliares), con un centro de gravedad de 1,0 m sobre la cubierta.  
Superficie total libre mínima en cubierta 710 m<sup>2</sup>, incluyendo el área alrededor de la grúa de popa.
- b) Es capaz transportar carga bajo cubierta principal en los tanques integrados: agua potable, agua de mar, lodos líquidos, combustible, agua de lastre y carga seca en tanques independientes (barita, bentonita y cemento).
- c) Transporte de carga seca en estanques verticales separados, con fondo cónico.
- e) Remolque de barcasas, semi sumergibles y otros buques con una capacidad de remolque no menor a 212 toneladas al 100% del MCR (régimen continuo máximo).
- f) Prestar asistencia a los buques cisterna durante carga y remolque, remolque y asistencia para salvaguardar las instalaciones marítimas.
- g) Alojamiento para un total de 56 personas: tripulación y personal de servicio en alta mar.

- h) Modo de navegación manual, mediante un sistema de mando con joystick y automáticamente con el sistema DP.

Con el fin de verificar las capacidades del diseño, se han establecido en la construcción del buque criterios de optimización máximos en la disposición de los tanques, maquinarias etc.

Esto permitió analizar antes de su construcción distintas alternativas de diseño tomando en cuenta la carga soportada por el buque.

### 1.2.2 Dimensiones del buque

En la presente tabla se detallan datos técnicos que tienen que ver con las longitudes básicas del Maersk Dispatcher:

<b>Dimensión</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
Eslora total	87.30	m
Eslora entre perpendiculares	76.20	m
Manga	19.40	m
Calado	9.00	m
Borda libre en remolque	2.50	m
Calado máximo aproximado	7.50	m
Borda libre en máximo remolque	1.50	m

Tabla 1.1: Dimensiones principales del buque.



Figura 1.1: Fotografía del buque multipropósito Maersk Dispatcher.

### 1.2.3 Velocidad y capacidad de remolque

Posee una velocidad mínima en aguas bajas, en profundidad y en aguas tranquilas de 15.0 nudos y con un calado 7,50 m al 85% del MCR. Esta velocidad ha sido calculada tomando en cuenta una carga máxima de la embarcación y es una velocidad que podría tener algunas variaciones dependiendo de la carga que este soporte o la carga que este remolcando.

Su capacidad máxima de remolque al 100% del MCR no será inferior a 212 toneladas. En las maniobras de remolque no debe existir carga en los generadores del eje ya que esto limitaría la fuerza de los motores.

### 1.2.4 Calado, peso ligero, tonelaje

En todas las condiciones de carga el buque posee estabilidad, de acuerdo con las exigencias de estabilidad requeridas.

El peso ligero del buque incluye lo siguiente:

- Sistema de tuberías con agua.
- Líquido en tanques del sistema y maquinaria en áreas de trabajo.

Cables de remolque y otros equipos de manipulación de anclaje no se incluyen en el peso ligero del buque.

El peso ligero del buque calculado (incluso en la quilla) en el agua con una densidad específica de  $1.025 \text{ t/m}^3$  es de:

<b>Calado por debajo de la base del mar (metros)</b>	<b>Peso ligero en toneladas</b>	<b>Borda libre (metros)</b>
calado de 6.50 m	Min. 2.700	2.50
Máximo calado aprox.7.50m	Min. 4150	Aprox.1.50

Tabla 1.2: Tonelajes y medidas relacionadas con el peso del buque.

## 1.3 Clasificación y regulaciones

El buque está registrado en Canadá para cumplir con los requisitos de todas las normas y reglamentos que estén en vigor o en el momento de la firma del contrato.

Es responsabilidad del constructor la de cumplir con todas las normas y requisitos para el funcionamiento del buque en cualquier parte del mundo, así como para pagar todos los honorarios y gastos relacionados con la administración y certificados de clase y aprobación.

El buque esta equipado con maquinaria y dotado de equipos de acuerdo con las últimas normas y reglamentos del registro de navegación de Lloyd's Register of Shipping para servicios en todo el mundo.

Esta embarcación ha sido construida cumpliendo con una serie de regulaciones existentes a nivel mundial, entre las que se destacan:

- Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS 2000).
- Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques (MARPOL 1978 anexos I, II, IV, y V)
- Resolución IMO A.4.69 (XII) “Directrices para el diseño y construcción de buque de abastecimiento para plataformas petrolíferas”.
- Regulaciones internacionales para la prevención de colisiones en el mar de 1972.
- Regulaciones del canal de Suez para tonelaje y navegación.
- Registro internacional de telecomunicaciones (1973), regulaciones de radio (1982) y GMDSS (Sistema mundial de socorro y seguridad marítimos).
- Reglas del canal de Panamá para tonelaje, navegación y arreglos de anclaje.

## 1.4 Equipamiento del buque

### 1.4.1 Maquinaria y equipamiento para maniobras

- **Sistema de Timón:** El buque posee dos timones de gran envergadura y alta eficiencia. Los timones han sido optimizados para una alta capacidad de remolque. Cada timón tiene un área aproximadamente de 9.6 m<sup>2</sup>.

La pala del timón es de acero dulce de 10 mm más grueso de lo exigido con un forro de acero inoxidable montado en los rodamientos de popa y siendo este de bronce. Los rodamientos de las palas del timón poseen sellos dobles para prohibir el vertido de grasa y la filtración de agua de mar.

Los dos sistemas de control de timón electro hidráulico operan paralelamente cada uno con 100% de control eléctrico sobre las bombas de aceite hidráulico. Las bombas tienen una función

de stand by y pueden también ser encendidas y detenidas desde el puente de gobierno. El torque en los sistemas de timón es aproximadamente 20 (t-m).

Los sistemas de timón son controlados desde proa y popa por joystick y por el DPS en el puente de gobierno.

- **Propulsores laterales:** Existen dos propulsores laterales o thruster de maniobra de paso controlable, que son encendidos o apagados y controlados desde el puente de gobierno. Están diseñados para maniobras de alta complejidad sobre todo en ambientes gélidos, permitiéndole al buque moverse en forma lateral realizando maniobras de gran precisión. Esto se logra a través del DPS o también en forma manual. Poseen un motor de 883 kw, 900 rpm y una fuerza de propulsión de 155 kN.
- **Propulsor azimutal:** Este propulsor permite que el barco pueda rotar sobre su eje en 360°, lo cual realiza mediante un sistema de aire comprimido y a su vez posee un sistema de emergencia manual en base a bombas hidráulicas. Sus características principales son: motor de 700 kw / 1200 rpm y una fuerza de propulsión de 120 kN.

## 1.5 Equipos de navegación y comunicaciones

El diseño del puente de gobierno ha sido realizado con el objeto de que el capitán al mando pueda tener una visión de todos los datos de navegación todo el tiempo en condiciones de operación normal.

En el puente de gobierno se ha instalado un sistema de alarma que incluye lo siguiente:

- Un operador a fin para el chequeo del sistema.
  - Monitores de tráfico.
  - Monitores de posición.
  - Alarma y aviso de transferencia de sistemas.
- **Radars:** El radar es un sistema que usa ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles. Su funcionamiento se basa en emitir un impulso de radio, que se refleja en el objetivo y se recibe típicamente en

la misma posición del emisor. A partir de este "eco" se puede extraer gran cantidad de información.

El puente de gobierno cuenta con un radar que tiene una capacidad de 30 (kw-m) y funciona en banda S (2-4 GHz, 7.5 - 15 cm.) y otro radar de 25 (kw-m) que funciona en banda X (8-12 GHz, 2.5 - 3.75 cm.).

- **Girocompás:** Es un instrumento electromecánico que tiene la propiedad de orientarse en dirección Norte - Sur geográfica y permanecer orientado, bajo la influencia combinada de la rotación de la tierra, de la gravedad y de las propiedades giroscópicas (rigidez y presesión). Para su uso en navegación, sus indicaciones se transmiten a una Rosa Magistral y por medio de circuitos eléctricos, a una serie de repetidores.

La instalación del giro compás en este buque incorpora elementos adicionales tales como: controles electrónicos, unidades de transmisión, unidades de alarma y repetidores.

- **Navegador satelital – Radio navegador:** Se cuenta con dos navegadores satelitales DGPS ambos de 12 canales de comunicación y están instalados en la mesa de carta, además van interfaceados con el sistema GMDSS, ECDIS, radares, etc. Además se cuenta con el equipo receptor dual DGPS de 12 canales (Seatex DPS700) ubicado en la consola de popa del puente de gobierno, que está interfaceado con los sistemas DP, girocompás, radares, ECDIS, ecosonda y Satcom – F.

- **Piloto automático:** Un piloto automático es un sistema mecánico, eléctrico o hidráulico usado para guiar un vehículo sin la ayuda de un ser humano. El término se usa mayoritariamente para aludir al de un avión, pero también existen para barcos.

El piloto automático utiliza un sistema informático para controlar la nave. El sistema de navegación calcula la posición actual de la embarcación y envía estos datos al sistema de gestión de vuelo que envía las correcciones pertinentes de rumbo, y posición, entre otros, al piloto automático, que hace actuar los sistemas de propulsión del buque. El piloto automático lee la localización y posición de la embarcación de un sistema de guía inercial.

- **Ecosonda:** El Ecosonda es utilizado para medir profundidad en el mar, siendo fundamental que toda embarcación, no importando sus características, cuenten con uno de estos equipos para medir profundidad, de tal manera de contribuir significativamente a la seguridad de la navegación. El ecosonda tiene una capacidad de 0 – 1600m con dos transductores (1 en proa de 50 Khz. y en popa de 200 khz), la unidad principal cuenta con un LCD y con una impresora instalada en la mesa de carta, además va interconectado con el sistema de alarma del puente.

### 1.5.1 Sistema mundial de socorro y seguridad marítimo (GMDSS)

El Sistema mundial de socorro y seguridad marítimo (SMSSM) o en inglés Global Maritime Distress Safety System (GMDSS), es un conjunto de procedimientos de seguridad, equipos y protocolos de comunicación diseñados para aumentar la seguridad y facilitar la navegación y el rescate de embarcaciones en peligro.

Este sistema está regulado por el Convenio internacional para la protección de la vida humana en el mar (SOLAS), aprobado bajo los auspicios de la Organización Marítima Internacional (OMI), organismo dependiente de la ONU. Esta en operación en los buques mercantes y de pasajeros desde 1999.

El GMDSS se compone de diversos sistemas, algunos de los cuales son nuevos, pero la mayoría llevan operando varios años. El sistema trata de llevar a cabo las siguientes operaciones: alerta (incluyendo posición), coordinación de búsqueda y rescate, localización (posicionamiento), provisión de información marítima, comunicaciones generales y comunicaciones de puente a puente. Los requerimientos de radio dependen del área de operación del buque más que de su tipo o tonelaje. El sistema posee mecanismos de alerta redundantes y fuentes específicas de alimentación de emergencia.

Lo componentes principales de este sistema son:

- **EPIRB** (Emergency Position-Indicating Radio Beacon): Consiste en una baliza de indicación de posición en situación de emergencia que está diseñada para transmitir a un centro de coordinación de rescate la identificación y posición exacta de un buque en cualquier lugar del

mundo. Se activa automáticamente al entrar en contacto con el agua en un hundimiento, funcionando a una frecuencia VHF de emergencia de entre 121.5 – 406 Mhz.

- **NAVTEX:** es un sistema automático que distribuye avisos de seguridad marítima, pronósticos del tiempo, noticias y otros tipos de informaciones similares a los buques. Navtex es un receptor que debe ser previamente programado para recibir desde estaciones costeras determinadas, también denominadas áreas, ciertos tipos de [información sobre seguridad Marítima](#).
  
- **INMARSAT (International Maritime Satellite):** Es una red de satélites geoestacionarios que operan bajo la supervisión de la [Organización Marítima Internacional \(OMI\)](#), y es un elemento clave del sistema GMDSS. Esta red proporciona [comunicación](#) de voz o fax entre buques o entre buques y tierra, sistema de avisos de alerta y noticias, así como servicios de transferencia de datos y télex a los centros de coordinación de rescate.
  
- **Radio de alta frecuencia:** El sistema GMDSS incluye [radioteléfono](#) de alta frecuencia HF o VHF. También se pueden recibir avisos por medio de este sistema aunque va quedando obsoleto ante nuevas tecnologías. En el caso del buque en cuestión cuenta con un equipo de comunicación HF de 250w y con 4 equipos de comunicación VHF ubicados en distintas posiciones del puente de gobierno.
  
- **Transpondedores para radar:** El sistema GMDSS incluye generalmente al menos dos [transpondedores](#) (SART) que se utilizan para localizar los botes de rescate. Tras un abandono del buque, cada uno de los botes debe montar uno de los transpondedores a bordo. Trabajan a una frecuencia de 9 Ghz.

## 1.6 Maquinaria de propulsión

Este buque cuenta con un sistema de propulsión de 4 motores diesel manejados y monitoreados desde el puente de gobierno y la sala de control de maquinas.

Los datos técnicos más importantes de cada motor principal son:

- Numero de máquinas: 2x 8 cilindros + 2x6 cilindros.
- Configuración de cilindros: en línea
- Potencia nominal de motores: 2 x 3840 Kw. + 2 x 2880 Kw.
- Velocidad del motor: 600 RPM (variable)
- Refrigerante: Agua fría.
- Método de partida: Aire comprimido.

Es adecuado obtener El MCR (régimen continuo máximo) para obtener la velocidad especificada con los generadores de cola en operación, así como también al realizar una maniobra de remolque se deben desconectar estos generadores. La carga total en los generadores de cola debe ser de 600 Kw funcionando a una velocidad crucero.

## CAPITULO II

### SISTEMAS DE CONTROL DE INCENDIO EN EMBARCACIÓN

#### MAERSK DISPATCHER

Como todos sabemos en cualquier lugar del mundo, por más seguro que este sea existe riesgo de ocurrir un incendio, ya que al estar presente el oxígeno y algún agente de propagación de fuego puede desencadenarse un incendio ya sea por falla humana, mecánica o naturales.

Es por esto que se analizarán los aspectos mas relevantes del combate de incendio en embarcaciones dando una mirada general a los elementos utilizados en el combate de incendios en el interior de éstas, para luego enfocarme en los sistemas Fire fighting system, que son utilizados principalmente por este barco multipropósito que cuenta con estos sistemas para combatir incendios que se puedan generar en lugares externos a él, como por ej.: en otros barcos, plataformas petrolíferas, instalaciones portuarias, etc.

### 2.1 Principio de generación de incendios

En todo incendio, para la generación del fuego se requieren tres elementos para que esto ocurra, cada elemento es dependiente de los otros dos para que se produzca la combustión.

Estos elementos son: comburente, calor, combustible, presentes en el proceso de combustión.

- **Combustible o agente reductor:** Es toda sustancia o materia que pueda arder en presencia de un gas. Puede ser de tipo líquido, sólido o gaseoso.
- **Comburente o agente oxidante:** Es el agente gaseoso de la atmósfera capaz de permitir el desarrollo de la combustión, que en forma ideal es el oxígeno que se encuentra presente en gran cantidad en nuestra atmósfera. Para que los incendios se inicien, la atmósfera deberá poseer por lo menos un 16 % de O<sub>2</sub>.

- **Calor:** Es la temperatura o grado de calor que debe adquirir una sustancia o material para su posible ignición y en consecuencia iniciarse su combustión.



Figura 2.1: Triángulo del fuego.

## 2.2 Clasificación del fuego

Se han clasificado los fuegos, en cuatro tipos de acuerdo a los elementos extintores necesarios para combatir cada uno de ellos.

**Clase A:** Fuegos de materiales combustibles sólidos comunes, tales como: madera, papel, textiles, gomas y plásticos termoestables (plásticos que no se deforman por la acción de la temperatura, como resultado se obtiene un material muy duro y rígido que no se reblandece con el calor por lo cual no se puede reprocesar, ejemplo: poliéster, poliuretano).

Su principal agente extintor es el agua. En esta clasificación de fuegos está presente el sistema FIFI, ya que es un sistema de control de fuego que utiliza agua de mar para su propósito.

**Clase B:** Fuegos de líquidos inflamables y/o combustibles, gases, grasas y plásticos termoplásticos (por ejemplo: PVC, nylon).

Generalmente para su extinción se utilizan polvos secos comunes, polvos secos multiusos anhídrido carbónico, espuma e hidrocarburo halogenados.

**Clase C:** En esta categoría se incluyen los fuegos sobre instalaciones eléctricas, motores, etc. Requieren para su extinción de una sustancia que no sea buena conductora de electricidad.

**Clase D:** Fuegos de metales relativos tales como Magnesio, Sodio, Potasio, Circonio, Titanio, etc. Se puede extinguir con cloruro de sodio y grafito granulado.

## 2.3 Elementos para el combate de incendios en embarcaciones

A continuación se indican los principales agentes de combate y sistemas de detección de incendios utilizados en la actualidad, estos elementos se utilizan más que nada en embarcaciones pero también pueden ser utilizados en la industria en general. Luego se describirán brevemente los sistemas de control de incendios empleados en el buque Maersk Detector.

### 2.3.1 Extintores

Son aparatos portátiles que contienen un agente extinguidor y al ser accionados lo expelen bajo presión, permitiendo dirigirlo hacia el fuego.

Estos elementos han sido diseñados para extinguir fuegos incipientes, es decir, cuando están comenzando y aun son de poca importancia.

Una circunstancia muy importante es que para hacer efectivo uno de estos aparatos, el fuego debe atacarse inmediatamente cuando ha iniciado, para evitar que aumente y se propague, ya que una vez que haya ocurrido esto, haría problemática una acción eficaz con el empleo del extintor. La rapidez es de vital importancia en estos casos.

Generalmente son de pequeñas dimensiones y de poco peso de manera que pueden ser manejados y transportados fácilmente por una persona, por tal motivo se denominan " extintores portátiles o manuales", para diferenciarlos de otros equipos que, aun cuando son basados en los mismos principios, por su tamaño y peso, deben ser conducidos en vehículos especiales.

A continuación se presenta una tabla de clasificación de los extintores según el agente extinguidor y el tipo de fuego.

<b>Clases de fuego</b>	<b>Agente extintor y características</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Derivados del petróleo.</li> <li>▪ Equipos eléctricos energizados.</li> </ul>	<p><b>Polvo químico seco:</b></p> <p>Básicamente hidrocarburos halogenados, descarga un vapor blanco, no deja residuos y no es conductor eléctrico</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Madera, Papel, Etc.</li> <li>▪ Derivados del Petróleo.</li> <li>▪ Equipo Eléctricos Energizados.</li> </ul>	<p><b>Polvo químico Seco Multiuso A-B-C</b></p> <p>Básicamente Fosfato de Amonio, descarga una nube amarilla, deja residuos y no es conductor eléctrico</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Derivados del petróleo.</li> <li>▪ Equipos eléctricos energizados.</li> </ul>	<p><b>Agentes Halogenados o Alternativas</b></p> <p>Básicamente <a href="#">Hidrocarburos</a> Halogenados, descarga un vapor blanco, no deja residuos, no es conductor eléctrico.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Derivados Del Petróleo.</li> <li>▪ Equipo Eléctricos Energizados.</li> </ul>	<p><b>Bióxido de carbono</b></p> <p>Básicamente es un gas inerte que descarga una nube blanca y fría, no deja residuos y no es conductor eléctrico.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Metales Combustibles: Sodio, Magnesio, Titanio.</li> </ul>	<p><b>Compuesto especial de polvo seco</b></p> <p>Básicamente Cloruro de sodio o materiales grafitados, el agente se descarga con un extintor en chorro o se aplica con una cuchara o pala para sofocar los metales.</p>

Tabla 2.1: Clases de fuego vs agentes extintores.

### 2.3.2 Sistema de detección y alarmas de incendio

Es el sistema principal de detección de focos de incendio, ya que se encuentra en prácticamente la totalidad de las instalaciones del buque protegiendo las salas de máquina, cocina, salas de almacenamiento, camarotes y todos los sectores de acomodaciones.

Consta de los siguientes elementos:

- Un panel principal de control ubicado en el puente de gobierno y un panel esclavo ubicado en la sala de control de máquinas.
  
- Una combinación de detectores (sensores) y pulsadores manuales. Los detectores pueden ser de flama, calor, humo o una combinación de estos, lo cual dependerá del lugar donde se encuentren ubicados. Cada detector y pulsador debe estar identificado con un número y dirección y además pertenecerán a un grupo o sección de las 4 existentes que serán reconocidas por el panel principal, el cual indicará en su pantalla si se activa uno o más de estos elementos activando la señal de incendio.
  
- Elementos sonoros y visuales de alarma: consiste en una serie campanillas y sirenas ubicadas en todo el buque que tienen por misión alertar a la tripulación de un incendio, además se cuenta con alarmas luminosas ubicadas en las salas de mayor ruido del buque.

### 2.3.3 Sistema de combate de fuego basado en CO2

Este sistema utiliza el CO2 para combatir incendios y ha sido instalado en salas de máquinas, sala de control de máquinas y generadores de emergencia a petición del armador, con un control remoto en la estación de control del puente de gobierno y en forma local en sala de CO2.

También se cuenta con equipos para el sector de la cocina sala de pintura y ductos de extracción de gases.

Proporciona protección rápida y segura contra incendio en estos lugares donde la presencia de líquidos inflamables y equipamientos eléctricos representan un peligro constante.

El sistema de CO<sub>2</sub> extingue el fuego a través de la reducción del oxígeno existente en el lugar. Es un gas inodoro, incoloro, no tóxico, anticorrosivo y no conduce electricidad.

Es obligatorio abandonar el área protegida antes del inicio de la descarga del CO<sub>2</sub>, por lo cual existe un sistema de aviso consistente en una serie de sirenas eléctricas ubicadas en todos los sectores donde está instalado el sistema.

Este tipo de sistema consiste en cilindros de alta presión que contiene dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) bajo presión, como agente extintor, conectado a tuberías fijas. El sistema se usa para la inundación total de un sector determinado. Dado que el CO<sub>2</sub> no es conductor eléctrico, es frecuente su uso para la protección de equipos eléctricos. El sistema de inundación total extingue el fuego por sofocación en el interior del lugar que se requiera con una cantidad concreta de CO<sub>2</sub>, el volumen a proteger debe hermetizarse cuando comience la descarga del agente.

#### **2.3.4 Sistema Water Fog**

Es un sistema que utiliza la alta presión de agua (100 bar) para extinguir incendios y está instalado en los siguientes lugares del buque: generadores auxiliares, sala de separadores de combustible y aceite, caldera y motores principales de estribor y babor.

Posee la posibilidad de ser accionado en forma remota desde paneles de control ubicados en puente de gobierno y sala de control y también por pulsadores manuales ubicados en los accesos a las zonas protegidas. Además cuenta con una serie de dispositivos de detección de humo y calor que envían señales a los paneles de alarmas existentes en los lugares ya mencionados.

El sistema water fog consta de los siguientes elementos:

- 2 Bombas centrifugas de alta presión (2x 100%, una stand by).
- 1 estanque de acero inoxidable
- 1 conjunto de rociadores de alta presión de niebla

En el momento de poner en marcha el sistema la bomba de alta presión comienza a transferir el agua a través de un circuito de tuberías que la transportan a los rociadores “water fog” que se ubican en los distintos lugares protegidos. La bomba es capaz de entregar una presión suficiente a todos los rociadores trabajando en régimen normal por un tiempo mínimo de 5 minutos.

### **2.3.5 El sistema FIFI (Fire fighting system)**

Este sistema permite el combate de incendios al exterior del buque, ya sea en otras embarcaciones, instalaciones portuarias, petrolíferas, etc.

Es un sistema que permite mediante un control electrónico basado en tecnologías PLC el eficiente combate de un incendio, el cual a través de un simple joystick ubicado en el puente de gobierno del buque maniobra 3 monitores que expulsan agua a una gran presión permitiendo un alcance de hasta 120 metros. El sistema cuenta con un sistema de succión que permite extraer agua de mar a través del funcionamiento de bombas centrífugas acopladas a los motores principales del buque. También posee un sistema de autoprotección, el cual realiza un rociado de agua sobre el buque a través del water spray.

Este sistema será analizado en profundidad en los capítulos que prosiguen ya que es el tema central de este trabajo.

## CAPITULO III

### ELEMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN – INTRODUCCIÓN A LOS PLC

#### 3.1 ¿Que es un sistema automatizado?

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte de Mando
- Parte Operativa

La **Parte Operativa** es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

La **Parte de Mando** suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable esta en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado.

#### 3.2 Objetivos de la automatización

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos pesados e incrementando la seguridad.

- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Integrar la gestión y producción.

### 3.3 La Parte Operativa

#### 3.3.1 Detectores y Captadores

Como las personas necesitan de los sentidos para percibir, lo que ocurre en su entorno, los sistemas automatizados precisan de los transductores para adquirir información de:

- La variación de ciertas magnitudes físicas del sistema.
- El estado físico de sus componentes.

Los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas se denominan transductores.

Los transductores se pueden clasificar en función del tipo de señal que transmiten en:

- **Transductores todo o nada:** Suministran una señal binaria claramente diferenciada. Los finales de carrera son transductores de este tipo.
- **Transductores numéricos:** Transmiten valores numéricos en forma de combinaciones binarias. Los encoders son transductores de este tipo.
- **Transductores analógicos:** Suministran una señal continua que es fiel reflejo de la variación de la magnitud física medida.

Algunos de los transductores más utilizados son: Final de carrera, fotocélulas, pulsadores, encoders, etc.

### **3.3.2 Accionadores y Preaccionadores**

El accionador es el elemento final de control que en respuesta a la señal de mando que recibe, actúa sobre la variable o elemento final del proceso.

Un accionador transforma la energía de salida del automatismo en otra útil para el entorno industrial de trabajo.

Los accionadores pueden ser clasificados en eléctricos, neumáticos e hidráulicos. Los accionadores más utilizados en la industria son: cilindros, motores de corriente alterna, motores de corriente continua, etc.

Los accionadores son gobernados por la parte de mando, sin embargo, pueden estar bajo el control directo de la misma o bien requerir algún preaccionamiento para amplificar la señal de mando. Esta preamplificación se traduce en establecer o interrumpir la circulación de energía desde la fuente al accionador.

Los preaccionadores disponen de: Parte de mando o de control que se encarga de conmutar la conexión eléctrica, hidráulica o neumática entre los cables o conductores del circuito de potencia.

## **3.4 La Parte de mando**

### **3.4.1 Tecnologías cableadas**

Con este tipo de tecnología, el automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.

Esta fue la primera solución que se utilizó para crear autómatas industriales, pero presenta varios inconvenientes.

Los dispositivos que se utilizan en las tecnologías cableadas para la realización del automatismo son:

- Relés electromagnéticos.
- Módulos lógicos neumáticos.
- Tarjetas electrónicas.

### **3.4.2 Tecnologías programadas**

Los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas. En la realización de automatismos. Los equipos realizados para este fin son:

- Los computadores.
- Los autómatas programables.

El computador como parte de mando de un automatismo presenta la ventaja de ser altamente flexible a modificaciones de proceso. Pero, al mismo tiempo, y debido a su diseño no específico para su entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción.

Un autómata programable industrial es un elemento robusto diseñado especialmente para trabajar en ambientes de talleres, con casi todos los elementos del ordenador.

## **3.5 El PLC (Controlador lógico programable)**

Un autómata programable industrial (API) o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.



Figura 3.1: Fotografía de un PLC o API

### 3.5.1 Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Ejemplos de aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maquinaria industrial de plástico.
- Máquinas transfer.
- Maquinaria de embalajes.
- Maniobra de instalaciones: Instalación de aire acondicionado, calefacción, instalaciones de seguridad.
- Señalización y control: Chequeo de programas, señalización del estado de procesos.

### **3.5.2 Ventajas y desventajas**

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones obligan a referirse a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

#### *Ventajas*

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que no es necesario dibujar el esquema de contactos.
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.

- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

### **Desventajas**

- Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.
- El costo inicial también puede ser un inconveniente.

### 3.5.3 Funciones básicas de un PLC

- **Detección:** Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- **Mando:** Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- **Dialogo hombre máquina:** Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus indicaciones e informando del estado del proceso.
- **Programación:** Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la máquina.

#### Nuevas Funciones

- **Redes de comunicación:** Permiten establecer comunicación con otras partes del control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómetas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.
- **Sistemas de supervisión:** También los autómetas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.
- **Control de procesos continuos:** Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómetas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómeta.
- **Entradas - Salidas distribuidas:**  
Los módulos de entrada salida no tienen que estar en el armario del autómeta. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómeta mediante un cable de red.

- **Buses de campo:** Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

## **3.6 Estructuras del PLC**

### **3.6.1 Estructura Externa**

El término estructura externa o configuración externa de un autómata programable industrial se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques o elementos en que está dividido.

Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- Estructura compacta.
- Estructura semimodular (Estructura Americana).
- Estructura modular (Estructura Europea).

#### **3.6.1.4 Estructura compacta**

Este tipo de autómatas se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc.

Son los autómatas de gama baja o nanoautómatas los que suelen tener una estructura compacta. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

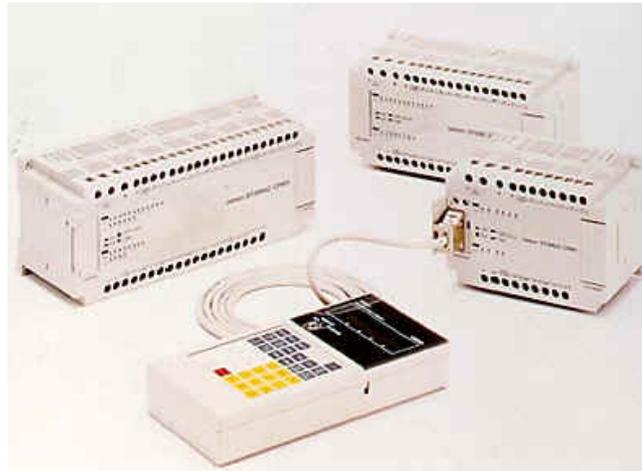


Figura 3.2: PLCs de estructura compacta.

### 3.6.1.2 Estructura semimodular

Se caracteriza por separar las E/S del resto del autómata, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S.

Son los autómatas de gama media los que suelen tener una estructura semimodular.

### 3.6.1.3 Estructura modular

Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el autómata como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.

La sujeción de los mismos se hace por riel DIN, placa perforada o sobre rack, en donde va alojado el bus externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

Son los autómatas de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permiten una gran flexibilidad en su constitución.

### 3.6.2 Estructura Interna

En este ítem se estudiará la estructura interna de cada uno de los diferentes elementos que componen al PLC, las funciones y funcionamiento de cada una de ellas.

El autómata está constituido por diferentes elementos, pero tres son los básicos: CPU, entradas y Salidas.

Con las partes mencionadas podemos decir que tenemos un autómata pero para que sea operativo son necesarios otros elementos tales como: Fuente de alimentación, interfaces, la unidad o consola de programación, los dispositivos periféricos.

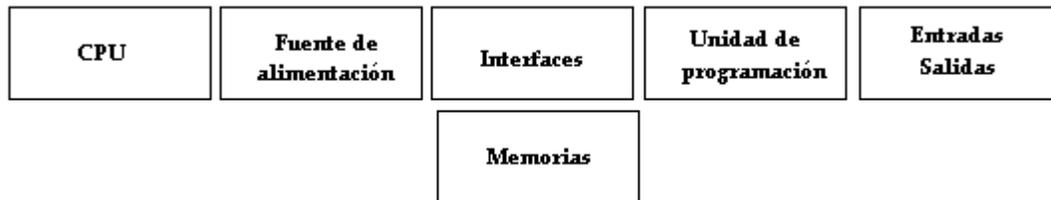


Figura 3.3: Partes de la estructura interna del PLC

#### 3.6.2.1 CPU

La CPU (Central Processing Unit) es la parte inteligente del sistema. Interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas.

La CPU está constituida por los siguientes elementos:

- Procesador
- Memoria del sistema.
- Fuente de alimentación.

### 3.6.2.1.1 Procesador

Está constituido por el microprocesador, el reloj (generador de onda cuadrada) y algún chip auxiliar.

El microprocesador es un circuito integrado (chip), que realiza una gran cantidad de operaciones, que podemos agrupar en:

- Operaciones de tipo lógico.
- Operaciones de tipo aritmético.
- Operaciones de control de la transferencia de información dentro del autómata.

Para que el microprocesador pueda realizar todas estas operaciones está dotado de unos circuitos internos que son los siguientes:

- **Circuitos de la unidad aritmética y lógica o ALU:** Es la parte del microprocesador donde se realizan los cálculos y las decisiones lógicas para controlar el autómata.
- **Circuitos de la unidad de control o Decodificador de instrucciones:** Decodifica las instrucciones leídas en memoria y se generan las señales de control.
- **Acumulador:** Es la encargada de almacenar el resultado de la última operación realizada por la ALU.
- **Flags:** Indicadores de resultado, que pueden ser consultados por el programa.
- **Contador de programa:** Encargada de la lectura de las instrucciones de usuario.
- **Bus (interno):** No son circuitos en si, sino zonas conductoras en paralelo que transmiten datos, direcciones, instrucciones y señales de control entre las diferentes partes del microprocesador.

### 3.6.2.1.2 Memoria monitor del sistema

Es una memoria de tipo ROM, y además del sistema operativo del autómata contiene las siguientes rutinas, incluidas por el fabricante:

- Inicialización tras puesta en tensión o reset.

- Rutinas de test y de respuesta a error de funcionamiento.
- Intercambio de información con unidades exteriores.
- Lectura y escritura en las interfaces de E/S.

### **3.6.2.1.3 Funciones básicas de la CPU**

En la memoria ROM del sistema, el fabricante ha grabado una serie de programas ejecutivos, software del sistema y es a estos programas a los que accederá el microprocesador para realizar las funciones.

El software del sistema de cualquier autómatas consta de una serie de funciones básicas que realiza en determinados tiempos de cada ciclo. En general cada autómatas contiene y realiza las siguientes funciones:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda de un determinado tiempo máximo. A esta función se le denomina Watchdog.
- Ejecutar el programa usuario.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas, obtenida al final del ciclo de ejecución del programa usuario.
- Chequeo del sistema.

### **3.6.2.2 Fuente de alimentación**

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema.

La alimentación a la CPU puede ser de continua de 24 VCC, tensión muy frecuente en cuadros de distribución, o en alterna a 110/220 Vca. En cualquier caso es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

La alimentación a los circuitos E/S puede realizarse, según tipos, en alterna a 48/110/220 VCA o en continua a 12/24/48 VCC.

La fuente de alimentación del autómeta puede incorporar una batería de respaldo, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa usuario en memoria RAM, cuando falla la alimentación o se apaga el autómeta.

### **3.6.2.3 Interfaces**

En el control de un proceso automatizado, es imprescindible un dialogo entre operador y máquina junto con una comunicación entre la máquina y el autómeta, estas comunicaciones se establecerán por medio del conjunto de entradas y salidas del citado elemento.

Los autómetas son capaces de manejar tensiones y corrientes de nivel industrial, gracias a que disponen un bloque de circuitos de interfaz de E/S muy potente, que les permite conectarse directamente con los sensores y accionamientos del proceso.

De entre todos los tipos de interfaces que existen, las interfaces específicas permiten la conexión con elementos muy concretos del proceso de automatización. Se pueden distinguir entre ellas tres grupos bien diferenciados:

- Entradas / salidas especiales.
- Entradas / salidas inteligentes.
- Procesadores periféricos inteligentes.

Las interfaces especiales del primer grupo se caracterizan por no influir en las variables de estado del proceso de automatización. Únicamente se encargan de adecuar las E/S, para que puedan ser inteligibles por la CPU, si son entradas, o para que puedan ser interpretadas correctamente por actuadores (motores, cilindros, etc.), en el caso de las salidas.

Las del segundo grupo admiten múltiples modos de configuración, por medio de unas combinaciones binarias situadas en la misma tarjeta. De esta forma se libera de trabajo a la unidad central, con las ventajas que esto conlleva.

Los procesadores periféricos inteligentes, son módulos que incluyen su propio procesador, memorias y puntos auxiliares de entrada / salida. Estos procesadores contienen en origen un programa especializado en la ejecución de una tarea concreta, a la que le basta conocer los puntos de consigna y los parámetros de aplicación para ejecutar, de forma autónoma e independiente de la CPU principal, el programa de control.

#### **3.6.2.4 Memoria del PLC**

La memoria es el almacén donde el autómatas guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control.

Datos del proceso:

- Señales de planta, entradas y salidas.
- Variables internas, de bit y de palabra.
- Datos alfanuméricos y constantes.

Datos de control:

- Instrucciones de usuario (programa)
- Configuración del autómatas (modo de funcionamiento, número de e/s conectadas...)

Existen varios tipos de memorias:

- RAM. Memoria de lectura y escritura.
- ROM. Memoria de solo lectura, no reprogramable.
- EPROM. Memoria de solo lectura, reprogramables con borrado por ultravioletas.
- EEPROM. Memoria de solo lectura, alterables por medios eléctricos.

La memoria RAM se utiliza principalmente como memoria interna, y únicamente como memoria de programa en el caso de que pueda asegurarse el mantenimiento de los datos con una batería exterior.

La memoria ROM se utiliza para almacenar el programa monitor del sistema como hemos visto en el apartado dedicado a la CPU.

Las memorias EPROM se utilizan para almacenar el programa de usuario, una vez que ha sido convenientemente depurada.

Las memorias EEPROM se emplean principalmente para almacenar programas, aunque en la actualidad es cada vez más frecuente el uso de combinaciones RAM + EEPROM, utilizando estas últimas como memorias de seguridad que salvan el contenido de las RAM. Una vez reanudada la alimentación, el contenido de la EEPROM se vuelca sobre la RAM. Las soluciones de este tipo están sustituyendo a las clásicas RAM + batería puesto que presentan muchos menos problemas.

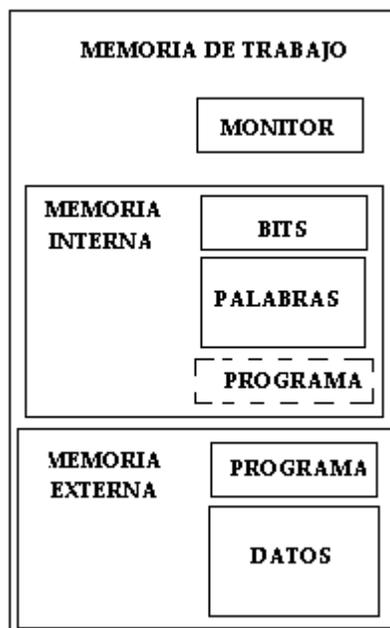


Figura 3.4: Mapa de memoria de un PLC.

### 3.6.2.4.1 Memoria interna

En un autómata programable, la memoria interna es aquella que almacena el estado de las variables que maneja el autómata: entradas, salidas, contadores, relés internos, señales de estado, etc. Esta memoria interna se encuentra dividida en varias áreas, cada una de ellas con una función y características distintas.

La clasificación de la memoria interna no se realiza atendiendo a sus características de lectura y escritura, sino por el tipo de variables que almacena y el número de bits que ocupa la variable. Así, la memoria interna del autómata queda clasificada en las siguientes áreas.

#### **Área de imágenes de entradas/salidas y Área interna (IR).**

En esta área de memoria se encuentran:

- Los canales (registros) asociados a los terminales externos (entradas y salidas).
- Los relés (bit) internos (no correspondidos con el terminal externo), gestionados como relés de E/S.
- Los relés E/S no usados pueden usarse como IR.
- No retienen estado frente a la falta de alimentación o cambio de modo de operación.

#### **Área especial (SR).**

Son relés de señalización de funciones particulares como:

- Servicio (siempre ON, OFF).
- Diagnóstico (señalización o anomalías).
- Temporizaciones (relojes a varias frecuencias).
- Cálculo.
- Comunicaciones.
- Accesible en forma de bit o de canal.
- No conservan su estado en caso de fallo de alimentación o cambio de modo.

### **Área auxiliar (AR).**

Contienen bits de control e información de recursos de PLC como: Puerto RS232C, puertos periféricos, cassetes de memoria.

Se dividen en dos bloques: Señalización (Errores de configuración, datos del sistema) y memorización y gestión de datos:

- Es un área de retención.
- Accesible en forma de bit o de canal.
- No conservan su estado en caso de fallo de alimentación o cambio de modo.

### **Área de enlace (LR).**

- Se utilizan para el intercambio de datos entre dos PLC's unidos.
- Dedicada al intercambio de información entre PLC's.
- Si no se utilizan como LR pueden usarse como IR.
- Accesible en forma de bit o canal.
- No conservan su estado en caso de fallo de alimentación o cambio de modo.

### **Área de retención (HR).**

- Mantienen su estado ante fallos de alimentación o cambio de modo de PLC.
- Son gestionados como las IR y direccionables como bit o como canal.

### **Área de temporizadores y contadores (TIM/CNT).**

- Es el área de memoria que simula el funcionamiento de estos dispositivos.
- Son usados por el PLC para programar retardos y conteos.

### Área de datos (DM).

- Se trata de memoria de 16 bits (palabra).
- Utilizable para gestión de valores numéricos.
- Mantiene su estado ante cambios de modos de trabajo o fallo de alimentación.
- Direccionables como canal (palabra).
- Esta área suele contener los parámetros de configuración del PLC (setup).

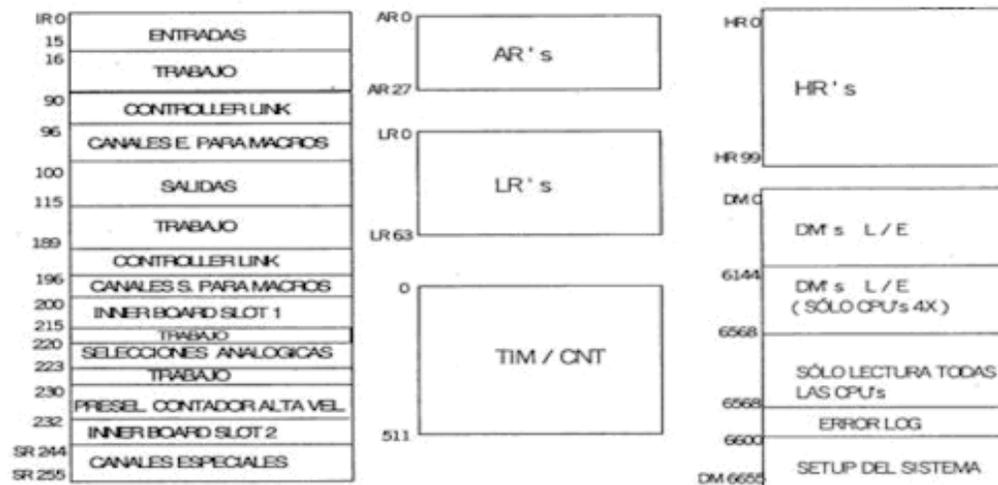


Figura 3.5: Estructura del área de datos de la memoria.

Las variables contenidas en la memoria interna, pueden ser consultadas y modificadas continuamente por el programa, cualquier número de veces. Esta actualización continua de los datos obliga a construir la memoria con dispositivos RAM.

#### **3.6.2.4.2 Memoria de programa**

La memoria de programa, normalmente externa y conectable a la CPU mediante cassette de memoria, almacena el programa escrito por el usuario para su aplicación.

Cada instrucción del usuario ocupa un paso o dirección del programa.

Las memorias de programa o memorias de usuario son siempre de tipo permanente RAM más batería o EPROM/EEPROM. Por lo general la mayoría de los fabricantes de autómatas ofrecen la posibilidad de utilizar memorias RAM con batería para la fase de desarrollo y depuración de los programas, y de pasar estos a memorias no volátiles EPROM o EEPROM una vez finalizada esta fase.

La ejecución del programa en el módulo es siempre prioritaria, de forma que si se da tensión al autómata con un módulo conectado, la CPU ejecuta su programa y no el contenido en memoria RAM interna.

#### **3.6.2.5 Entradas y Salidas**

La sección de entradas mediante la interfaz, adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores.

Hay dos tipos de entradas:

- Entradas digitales
- Entradas analógicas

La sección de salida también mediante interfaz trabaja de forma inversa a las entradas, es decir, decodifica las señales procedentes de la CPU, y las amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida o actuadores como lámparas, relés, etc., aquí también existen unos interfaces de adaptación a las salidas de protección de circuitos internos.

Hay dos tipos de salidas:

- Salidas digitales
- Salidas analógicas

#### **3.6.2.5.1 Entradas digitales**

Los módulos de entrada digitales permiten conectar al autómata, captadores de tipo todo o nada como finales de carrera o pulsadores.

Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un "1" y cuando llegan cero voltios se interpreta como un "0".

El proceso de adquisición de la señal digital consta de varias etapas.

- Protección contra sobretensiones.
- Filtrado.
- Puesta en forma de la onda.
- Aislamiento galvánico o por optoacoplador.

#### **3.6.2.5.2 Entradas analógicas**

Los módulos de entrada analógicas permiten que los autómatas programables trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de tipo analógico como pueden ser la temperatura, la presión o el caudal.

Los módulos de entradas analógicas convierten una magnitud analógica en un número que se deposita en una variable interna del autómata. Lo que realiza es una conversión A/D, puesto que el autómata solo trabajar con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo de muestreo).

Los módulos de entrada analógica pueden leer tensión o intensidad.

El proceso de adquisición de la señal analógica consta de varias etapas:

- Filtrado.
- Conversión A/D.
- Memoria interna.

### **3.6.2.5.3 Salidas digitales**

Un módulo de salida digital permite al autómata programable actuar sobre los preaccionadores y accionadores que admitan órdenes de tipo todo o nada.

El valor binario de las salidas digitales se convierte en la apertura o cierre de un relé interno del autómata en el caso de módulos de salidas a relé.

En los módulos estáticos (borneras), los elementos que conmutan son los componentes electrónicos como transistores o triacs, y en los módulos electromecánicos son contactos de relés internos al módulo.

Los módulos de salidas estáticos al suministrar tensión, solo pueden actuar sobre elementos que trabajan todos a la misma tensión, en cambio los módulos de salida electromecánicos, al ser libres de tensión, pueden actuar sobre elementos que trabajen a tensiones distintas.

El proceso de envío de la señal digital consta de varias etapas:

- Puesta en forma.
- Aislamiento.
- Circuito de mando (relé interno).
- Protección electrónica.
- Tratamiento cortocircuitos.

#### **3.6.2.5.4 Salidas analógicas**

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o intensidad.

Lo que realiza es una conversión D/A, puesto que el autómata solo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (numero de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo).

Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico como pueden ser los variadores de velocidad, las etapas de los tiristores de los hornos, reguladores de temperatura, etc. permitiendo al autómata realizar funciones de regulación y control de procesos continuos.

El proceso de envío de la señal analógica consta de varias etapas:

- Aislamiento galvánico.
- Conversión D/A.
- Circuitos de amplificación y adaptación.
- Protección electrónica de la salida.

Como hemos visto las señales analógicas sufren un gran proceso de adaptación tanto en los módulos de entrada como en los módulos de salida. Las funciones de conversión A/D y D/A que realiza son esenciales. Por ello los módulos de E/S analógicos se les consideran módulos de E/S especiales.

### **3.7 Funcionamiento**

Los autómatas programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las

órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.

La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales:

- Lectura de señales desde la interfaz de entradas.
- Procesado del programa para obtención de las señales de control.
- Escritura de señales en la interfaz de salidas.

A fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen de entradas). A esta acude la CPU en la ejecución del programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida). Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida. El autómata realiza también otra serie de acciones que se van repitiendo periódicamente, definiendo un ciclo de operación.

### 3.7.1 Modo de funcionamiento

El autómata puede trabajar de tres formas diferentes:

**Programa:** El PLC está en reposo y puede recibir o enviar el programa a un periférico.

**Monitor:** El PLC ejecuta el programa que tiene en memoria.

**Run:** El PLC ejecuta el programa que tiene en memoria permitiendo el cambio de valores en los registros del mismo.

### 3.7.2 Ciclo de funcionamiento

El funcionamiento del autómata es, salvo el proceso inicial que sigue a un Reset, de tipo secuencial y cíclico, es decir, las operaciones tienen lugar una tras otra, y se van repitiendo continuamente mientras el autómata esté bajo tensión.

La figura 3.6 muestra esquemáticamente la secuencia de operaciones que ejecuta el autómata, siendo las operaciones del **ciclo de operación** las que se repiten indefinidamente.

El ciclo de funcionamiento se divide en dos partes, llamadas **Proceso Inicial** y **Ciclo de Operación**.

#### 3.7.2.1 Proceso inicial

Antes de entrar en el ciclo de operación el autómata realiza una serie de acciones comunes, que tratan fundamentalmente de inicializar los estados del mismo y chequear el hardware. Estas rutinas de chequeo, incluidas en el programa monitor ROM, comprueban:

- El bus de conexiones de las unidades de E/S.
- El nivel de la batería, si esta existe.
- La conexión de las memorias internas del sistema.
- El módulo de memoria exterior conectado, si existe.

Si se encontrara algún error en el chequeo, se activaría el LED de error y quedaría registrado el código del error.

Comprobadas las conexiones, se inicializan las variables internas:

- Se ponen a OFF las posiciones de memoria interna (excepto las mantenidas o protegidas contra pérdidas de tensión).
- Se borran todas las posiciones de memoria imagen E/S.

- Se borran todos los contadores y temporizadores (excepto los mantenidos o protegidos contra pérdidas de tensión).

Transcurrido el Proceso Inicial y si no han aparecido errores el autómatas entra en el Ciclo de Operación.

### 3.7.2.2 Ciclo de operación

Este ciclo puede considerarse dividido en tres bloques, estos son: Proceso común, ejecución del programa y servicio a periféricos.

**Proceso común:** En este primer bloque se realizan los chequeos cíclicos de conexiones y de memoria de programa, protegiendo el sistema contra:

- Errores de hardware (conexiones E/S, ausencia de memoria de programa, etc.).
- Errores de sintaxis (programa imposible de ejecutar).

El chequeo cíclico de conexiones comprueba los siguientes puntos:

- Niveles de tensión de alimentación.
- Estado de la batería si existe.
- Buses de conexión con las interfaces.

El chequeo de la memoria de programa comprueba la integridad de la misma y los posibles errores de sintaxis y gramática:

- Mantenimiento de los datos, comprobados en el "checksum".
- Existencia de la instrucción END de fin de programa.
- Estructura de saltos y anidamiento de bloque correctas.
- Códigos de instrucciones correctas.

**Ejecución del programa:** En este segundo bloque se consultan los estados de las entradas y de las salidas y se elaboran las órdenes de mando o de salida a partir de ellos.

El tiempo de ejecución de este bloque de operaciones es la suma del:

- Tiempo de acceso a interfaces de E/S.
- Tiempo de escrutación de programa.

Y a su vez esto depende, respectivamente de:

- Número y ubicación de las interfaces de E/S.
- Longitud del programa y tipo de CPU que lo procesa.

**Servicio a periféricos:** Este tercer y último bloque es únicamente atendido si hay pendiente algún intercambio con el exterior. En caso de haberlo, la CPU le dedica un tiempo limitado, de 1 a 2ms, en atender el intercambio de datos. Si este tiempo no fuera suficiente, el servicio queda interrumpido hasta el siguiente ciclo.

### 3.7.3 Tiempo de ejecución y control en tiempo real

El tiempo total que el autómata emplea para realizar un ciclo de operación se llama tiempo de ejecución de ciclo de operación o más sencillamente tiempo de ciclo "Scan time".

Dicho tiempo depende de:

- El número de E/S involucradas.
- La longitud del programa usuario.
- El número y tipo de periféricos conectados al autómata.

Los tiempos totales de ciclos son entonces la suma de tiempos empleados en realizar las distintas operaciones del ciclo como se puede ver en la tabla 3.1:

- Autodiagnóstico (Proceso común)
- Actualización de E/S (Ejecución del programa)
- Ejecución de programa.(Ejecución del programa)
- Servicio a periféricos.(Servicio a periféricos)

1	GESTIÓN DE PROCESOS COMUNES	$T1=1.26$ (ms)
2	GESTIÓN DE PERIFÉRICOS	$T2= (T1+T2+T4)*0.05$ (ms) Si $T2 < 1$ m, $T2=1$ ms Si $T2 > 1$ MS, $T2$ va redondeando por defecto a 0.5 (ms)
3	EJECUCIÓN DE INSTRUCCIONES	$T3=$ Suma de los tiempos de ejecución de las diversas instrucciones del programa
4	ACTUALIZACION DE E/S	$T4= 0.29+(0.07*N)$ (ms) Donde: N= Número de gate array - 1

Tabla 3.1: Tiempos para un ciclo de operación.

Los tiempos de ejecución de instrucciones se miden en unidades de microsegundos, resultando un tiempo de escrutación del programa variable en función del número de instrucciones contenidas. Precisamente el tiempo de escrutación es uno de los parámetros que caracterizan a un autómatas expresado normalmente en milisegundos por cada mil instrucciones (ms/k).

$$\text{Tiempo total SCAN} = T1 + T2 + T3 + T4$$

## **3.8 Programación**

El sistema de programación permite, mediante las instrucciones del autómata, confeccionar el programa de usuario. Posteriormente el programa realizado, se transfiere a la memoria de programa de usuario.

Una memoria típica permite almacenar como mínimo hasta mil instrucciones con datos de bit, y es del tipo lectura/escritura, permitiendo la modificación del programa cuantas veces sea necesario.

Tiene una batería de respaldo para mantener el programa si falla la tensión de alimentación.

La programación del autómata consiste en el establecimiento de una sucesión ordenada de instrucciones, escritas en un lenguaje de programación concreto.

Estas instrucciones están disponibles en el sistema de programación y resuelven el control de un proceso determinado.

### **3.8.1 Lenguajes e Instrucciones de Programación**

Cuando hablamos de los lenguajes de programación nos referimos a diferentes formas de poder escribir el programa usuario.

Los softwares actuales nos permiten traducir el programa usuario de un lenguaje a otro, pudiendo así escribir el programa en el lenguaje que más nos conviene.

Existen varios tipos de lenguaje de programación:

- Nemónico o Lista de instrucciones.
- Lenguaje de contactos.
- Esquema funcional o Lenguaje SFC.

No obstante, los lenguajes de programación más empleados en la actualidad son, el nemónico y el lenguaje de contactos.

### 3.8.1.1 Lista de instrucciones

Un lenguaje en nemónico o lista de instrucciones consiste en un conjunto de códigos simbólicos, cada uno de los cuales corresponde a una instrucción. Se crean una serie de instrucciones escritas sin ningún tipo de interfaz gráfica, es el método más rápido y directo, pero requiere de un mayor dominio del lenguaje.

Cada fabricante utiliza sus propios códigos, y una nomenclatura distinta para nombrar las variables del sistema. El lenguaje en nemónico es similar al lenguaje ensamblador de un microprocesador.

Ejemplo: lista de instrucciones utilizada por el autómata CQM1H de OMRON.

Dirección	Instrucción	Parámetro
0000	LD	H0501

- Dirección: Indica la posición de la instrucción en la memoria de programa usuario.
- Instrucción: Especifica la operación a realizar.
- Parámetro: Son los datos asociados a la operación (instrucción). Los parámetros son en general de formato, tipo y valor.

Las funciones de control vienen representadas con expresiones abreviadas y la fase de programación es más rápida que en el lenguaje de esquemas de contactos.

### 3.8.1.2 Lenguaje de contactos o Ladder

Este tipo de programación se crea también comandos secuenciales que se van ejecutando continuamente unos tras otros. En esta ocasión se utiliza una pequeña interfaz gráfica a modo de líneas que unen las condiciones iniciales de la lógica programada con las salidas o instrucciones

que se deben ir ejecutando continuamente. Se dispone de una serie de símbolos que son utilizados por el programador para poder establecer las condiciones que deben ser procesadas por el autómatas en cada momento.

El lenguaje de contactos y la programación por lista de instrucciones tienen el mismo resultado final. La única diferencia es que un método es más visual y entendible a simple vista, mientras que la secuencia de instrucciones escritas necesita de una mayor experiencia para poder ver su resultado final. Desde el software de programación se puede conmutar de un modo a otro sin más problema, por lo que puede ser escrito un trozo de programa en lista de instrucciones y pasar a programar otro fragmento en lenguaje de contactos indiferentemente. Sólo hay que pasar de un modo a otro sin más que elegir en el software la opción correspondiente.

Los símbolos básicos son:

- **NO - input :**

Representa a una entrada normalmente abierta. Este componente puede representar a una entrada física del PLC o a una entrada lógica asociada a un relé interno (auxiliar) del PLC.



Figura 3.6: Símbolo entrada normalmente abierta.

- **NC - input:**

Representa a una entrada normalmente cerrada. Este componente puede representar a una entrada física del PLC o a una entrada lógica asociada a un relé interno (auxiliar) del PLC.

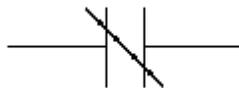


Figura 3.7: Símbolo entrada normalmente cerrada.

Es importante destacar que tanto los contactos asociados a las entradas del PLC como los contactos de los relés internos o auxiliares del mismo, pueden constituir configuraciones lógicas AND, OR, NOT, XOR, etc. o en forma general, pueden estar representados en las conocidas "tablas de la verdad" a fines de activar o desactivar las salidas específicas del PLC o a relés internos del mismo.

- **Output:**

Representa a un dispositivo genérico de salida que puede estar asociado a una salida física del PLC o a una salida lógica del diagrama escalera (por Ej. una bobina de un relé interno del PLC).



Figura 3.8: Símbolo de salida.

Los elementos básicos que configuran la función se representan entre dos líneas verticales que simbolizan las líneas de alimentación.

### 3.8.1.3 Conceptos generales en el lenguaje de contactos

Un programa en esquema de contactos, la constituyen una serie de ramas de contactos.

Una rama esta compuesta de una serie de contactos, conectados en serie o en paralelo que dan origen a una salida que bien puede ser una bobina de salida o una función especial.

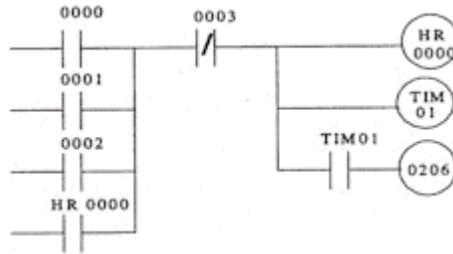


Figura 3.9: Ejemplo de programación en lenguaje Ladder.

El flujo de la señal va de izquierda a derecha y de arriba abajo.

A una rama del circuito en esquema de contactos le corresponde una secuencia de instrucciones en forma nemónica.

Todas las ramas de circuito se inician con una instrucción LOAD.

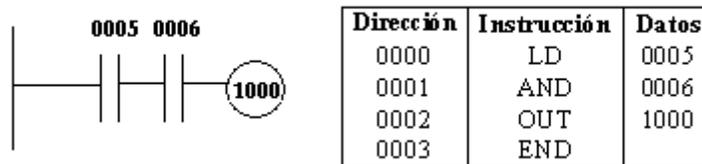


Figura 3.10: Ejemplo de Diagrama de contactos y su equivalencia a nemónico.

Una bobina no puede venir conectada directamente de la barra de inicio. En tal caso es necesario interponer un contacto siempre cerrado.

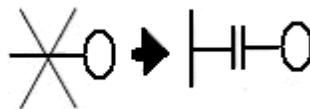


Figura 3.11: Forma de conexión de una bobina de salida en lenguaje de contactos.

A la derecha de una bobina no es posible programar ningún contacto.

El número de contactos posibles en serie o en paralelo es prácticamente ilimitado. Es posible colocar en paralelo 2 o más bobinas.

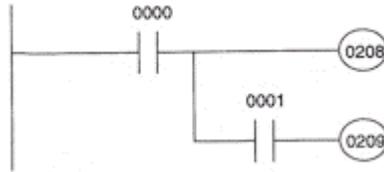


Figura 3.12: Forma de conexión de varias bobinas de salida.

### 3.8.1.4 Lenguaje SFC

Es el más estructurado de los lenguajes, permitiendo separar las partes de programa por pasos que se ejecutan secuencialmente cuando se van cumpliendo unas condiciones impuestas durante la programación, llamadas transiciones. Con este tipo de tratamiento del programa se está tratando realmente con lista de instrucciones o lenguaje Ladder si se tiene en cuenta que el programa que se ejecuta en cada bloque del SFC está creado con estos lenguajes de PLC.

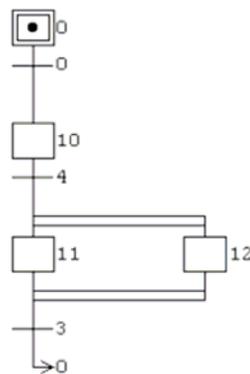


Figura 3.13: Ejemplo de programa en Lenguaje SFC.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS DEL FIRE FIGHTING SYSTEM

#### 4.1 Resumen del capítulo

En este capítulo se analizará el sistema FIFI comenzando por una descripción general del Fire Fighting System y sus componentes principales, el cual es utilizado para combate de incendios en la embarcación multipropósito Maersk – Dispatcher, luego se definirán y analizarán cada uno de sus componentes principales, profundizando en los dispositivos de control electrónicos que gobiernan el sistema y haciendo también referencias básicas a la parte hidráulica y mecánica del sistema ya que esto llevará a un entendimiento cabal del sistema completo. Finalmente se hará una descripción general y detallada del funcionamiento del sistema en conjunto, realizando un análisis más exhaustivo del PLC que controla electrónicamente las acciones del sistema.

#### 4.2 Glosario de términos utilizados en el capítulo

- **FIFI:** Fire Fighting System o sistema de combate de fuego.
- **Monitor de agua:** Dispositivo cilíndrico de gran envergadura capaz de expulsar agua a una gran presión.
- **Water Spray:** Agua pulverizada, dispositivo que arroja el agua en forma de lluvia o rocío.
- **Gear box:** Caja de enganche o embrague, que acopla la bomba centrífuga al motor principal del buque.
- **Power pack:** Sistema de poder hidráulico o unidad hidráulica de poder.
- **MIMIC:** Tablero de accionamiento y monitoreo del sistema FIFI.

### **4.3 Definición del sistema FIFI**

El sistema FIFI (Fire fighting system) es un conjunto de elementos eléctricos, hidráulicos y mecánicos los cuales actuando conjuntamente permiten el combate de incendios en embarcaciones, este sistema ha sido diseñado y fabricado especialmente por la empresa noruega Aker Kvaerner para ser instalado en el buque multipropósito Maersk Dispatcher .

Se puede definir como un sistema controlado electrónicamente semiautomatizado, ya que consta de un control remoto eléctrico, un tablero de control manipulado por el usuario y un sistema de monitoreo de alarmas provenientes de los distintos componentes del sistema FIFI, el cual es completamente gobernado por un PLC de gran capacidad.

En la figura podemos ver un diagrama básico de la disposición del recorrido que realiza el agua en este sistema, desde las bombas centrífugas hasta los monitores de agua y los water spray.

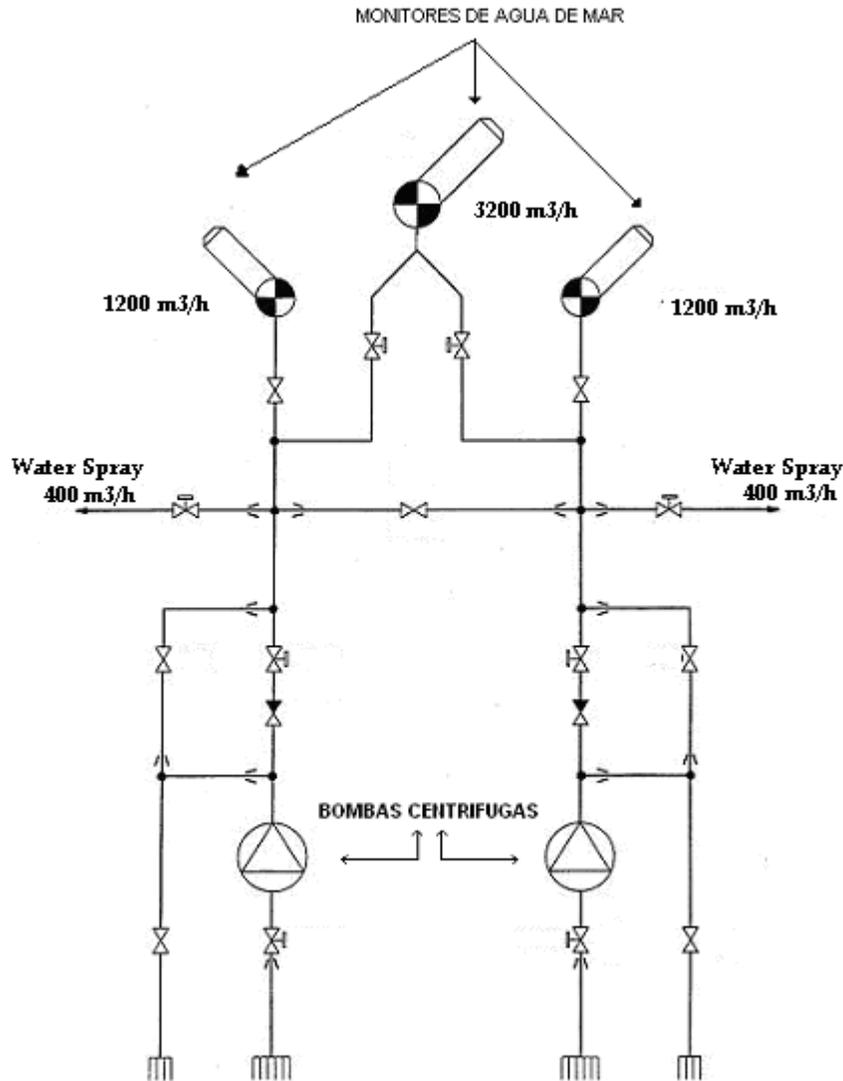


Figura 4.1: Esquema básico del sistema FIFI.

La instalación del sistema en su totalidad ha sido realizada en los astilleros y servicios navales de Valdivia (ASENAV) por técnicos e ingenieros de distintas áreas, ya que este es un sistema mixto que combina principios de distintas ciencias en su funcionamiento.

Es un sistema que permite, mediante un control electrónico basado en tecnologías de automatización con PLC, el eficiente combate de un incendio; el cual a través de un simple joystick ubicado en el puente de gobierno del buque maniobra 3 mecanismos principales que expulsan agua a una gran presión permitiendo un alcance de hasta 120 metros. El sistema cuenta con un sistema

de succión que permite extraer agua de mar a través del funcionamiento de bombas centrífugas acopladas a los motores principales del buque. También posee un sistema de autoprotección que realiza un rociado de agua sobre el buque llamado “water spray”.

#### **4.4 Características del sistema FIFI**

Al ser un sistema diseñado y fabricado con altos estándares de calidad europeos posee elementos de alta tecnología, lo que le proporciona al sistema diversas características:

- Gran eficiencia y eficacia en su operación.
- Un control gráfico y amigable para el usuario.
- Gran maniobrabilidad y alcance de los monitores de agua.
- Capacidad de desempeño en zonas de trabajo hostiles.
- Como el buque fue construido para trabajar en lugares de temperaturas extremadamente bajas; este sistema también es utilizado para deshacer témpanos de hielo (de baja magnitud) que obstaculicen la ruta del barco a través de la potencia del chorro de agua que descarga sus monitores.
- Otra de sus características importantes es que cuenta con dispositivos especiales que le permiten provocar un rociado de agua sobre el barco para así poder acercarse al lugar del incendio que se combatirá. Estos dispositivos se encuentran distribuidos en lugares estratégicos de todo el buque.

## 4.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA FIFI

### 4.5.1 Descripción básica de los componentes principales

El sistema FIFI consta de distintos componentes principales los cuales a su vez poseen otros elementos que forman parte de estos, en esta parte del capítulo solo describiremos brevemente algunos componentes más importantes del sistema, los cuales son:

- 1 monitor de agua principal o water monitor modelo FM200HD con capacidad de 3200 m<sup>3</sup>/h, ubicado en la proa del barco.
- 2 monitores de agua modelo FM300HD con capacidad de 1200 m<sup>3</sup>/h cada uno, ubicados en el sector de babor y estribor del barco.
- 2 Bombas centrífugas para agua de mar con capacidad de succión de hasta 1600 m<sup>3</sup>/h cada una.
- 1 Sistema water spray con capacidad de 800 m<sup>3</sup>/h.
- 2 gear box o cajas de enganche, cuya función es acoplar los motores del buque con las bombas centrífugas.
- 1 unidad hidráulica de poder o power pack, cuya función es abrir o cerrar las válvulas del sistema mediante presión hidráulica.

Sistema de control, consta de:

- 1 tablero de control principal, gobernado por un PLC Mitsubishi Melsec Fx2n-128.
- 1 joystick para control de los monitores de agua desde puente de gobierno.
- 1 tablero MIMIC el cual permite controlar las válvulas y monitorear las alarmas del sistema en el puente de gobierno.

## 4.6 Componentes del sistema FIFI

### 4.6.1 Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles; es decir se pueden definir como máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro.

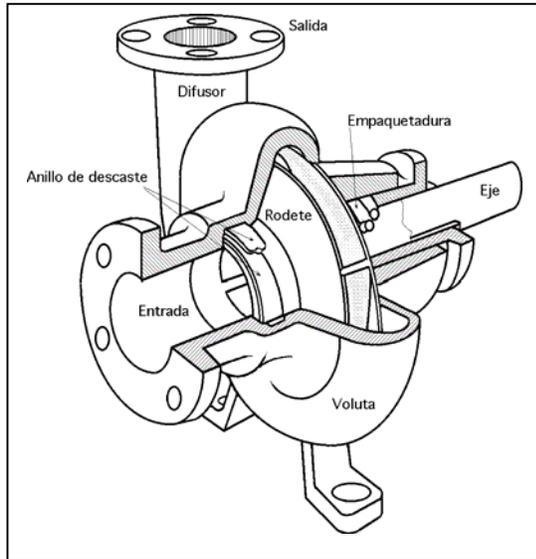


Figura 4.2: Componentes principales de las bombas centrífugas.

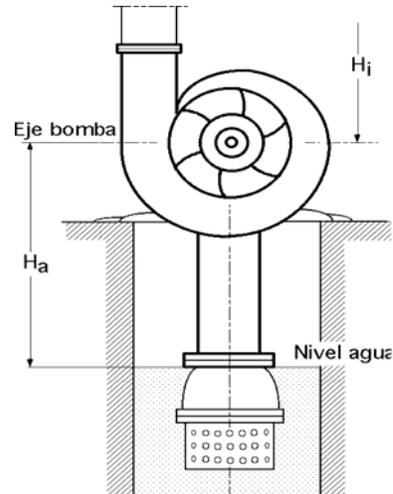


Figura 4.3: Alturas importantes en una bomba centrífuga.

#### 4.6.1.1 Componentes de una bomba centrífuga

Los elementos constructivos de las bombas centrífugas son los siguientes:

- a) **Una tubería de aspiración:** Que concluye prácticamente en la brida de aspiración.
- b) **El impulsor o rodete:** Formado por una serie de álabes o paletas curvas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidamente al eje y es la parte móvil de la bomba.

- c) **Voluta o Carcaza:** La finalidad de la voluta es la de recoger el líquido a gran velocidad, cambiar la dirección de su movimiento y encaminarlo hacia la brida de impulsión de la bomba. La voluta es también un transformador de energía, ya que disminuye la velocidad (transforma parte de la energía dinámica creada en el rodete en energía de presión), aumentando la presión del líquido a medida que el espacio entre el rodete y la carcasa aumenta.

#### **4.6.1.2 Funcionamiento de la bomba centrífuga**

El líquido penetra axialmente por la tubería de aspiración hasta el centro del rodete, que es accionado por un motor, experimentando un cambio de dirección más o menos brusco, adquiriendo una aceleración y absorbiendo un trabajo.

Los álabes del rodete someten a las partículas de líquido a un movimiento de rotación muy rápido, siendo proyectadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga, de forma que abandonan el rodete hacia la voluta a gran velocidad, aumentando su presión en el impulsor según la distancia al eje. La elevación del líquido se produce por la reacción entre éste y el rodete sometido al movimiento de rotación; en la voluta se transforma parte de la energía dinámica adquirida en el rodete, en energía de presión, siendo lanzadas las partículas del líquido contra las paredes del cuerpo de la bomba y evacuados por la tubería de impulsión.

La carcasa (voluta), está dispuesta en forma de caracol, de tal manera, que la separación entre ella y el rodete es mínima en la parte superior; la separación va aumentando hasta que las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión y son arrojadas a la tubería de descarga.

Este es, en general, el funcionamiento de la bomba centrífuga utilizada en este proyecto, aunque existen otros tipos y poseen algunas variantes.

#### **4.6.1.3 Parámetros importantes en las bombas centrífugas**

La parte principal de una bomba centrífuga es el rodete que se muestra en la figura con los álabes dispuestos según una sección perpendicular al eje de la bomba; el líquido llega a la entrada del rodete en dirección normal al plano de la figura (dirección axial), y cambia a dirección radial recorriendo el espacio o canal delimitado entre los álabes.

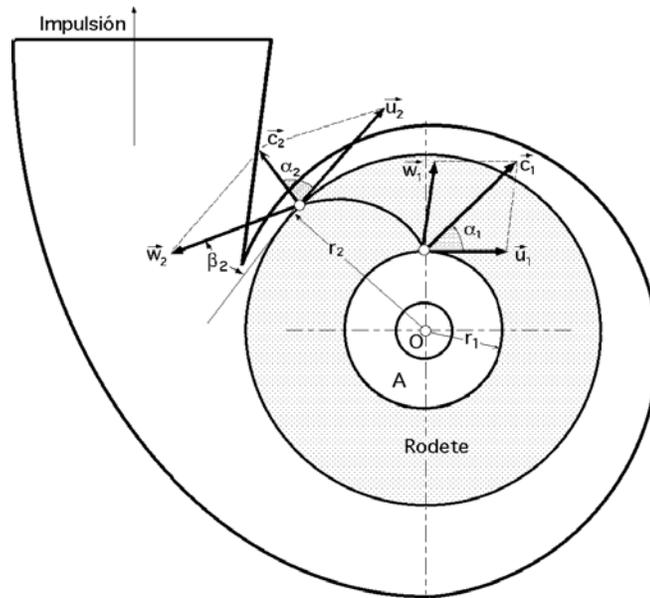


Figura 4.4: Parámetros más importantes en una bomba centrífuga.

El líquido queda sometido a una velocidad relativa  $\vec{w}$  a su paso por el espacio entre álabes, entre la entrada y la salida y a una velocidad de arrastre  $\vec{u}$  debida a la rotación del rodete alrededor del eje. La suma vectorial de estas velocidades proporciona la velocidad absoluta  $\vec{c}$ . Si llamamos  $\vec{w}_1$  a la velocidad relativa del líquido a la entrada en la cámara delimitada por un par de álabes,  $\vec{u}_1$  a la velocidad tangencial, y  $\vec{c}_1$  a la velocidad absoluta, se obtiene el triángulo de velocidades a la entrada.

- Velocidad relativa,  $\vec{w}_1$
- Velocidad tangencial,  $\vec{u}_1$
- Velocidad absoluta,  $\vec{c}_1$
- $\alpha_1$  es el ángulo formado por  $\vec{c}_1$  y  $\vec{u}_1$
- $\beta_1$  es el ángulo formado por  $\vec{w}_1$  y  $\vec{u}_1$

A la salida del rodete se tiene otro triángulo de velocidades determinado por las siguientes velocidades y ángulos:

- Velocidad relativa,  $\vec{w}_2$
- Velocidad tangencial,  $\vec{u}_2$
- Velocidad absoluta,  $\vec{c}_2$
- $\alpha_2$  es el ángulo formado por  $\vec{c}_2$  y  $\vec{u}_2$
- $\beta_2$  es el ángulo formado por  $\vec{w}_2$  y  $\vec{u}_2$

Si se designa por H el desnivel o altura geométrica existente entre los niveles mínimo y máximo del líquido, por  $H_a$  la altura o nivel de aspiración, (altura existente entre el eje de la bomba y el nivel inferior del líquido), y por  $H_i$  la altura de impulsión, (altura existente entre el eje del rodete y el nivel superior del líquido), se tiene que:

$$H = H_a + H_i$$

Para el caso del agua, la altura teórica de aspiración para un número infinito de álabes (teoría unidimensional), sería la equivalente a la columna de agua correspondiente a la presión a que se encontrase el nivel inferior; si éste está sometido únicamente a la presión atmosférica, la altura teórica de aspiración sería de 10,33 metros; sin embargo, esta altura es siempre menor, pues hay que tener en cuenta las pérdidas de carga en la tubería, rozamientos a la entrada del rodete, temperatura del líquido a elevar, y sobre todo, el fenómeno de la cavitación, por lo que el límite máximo para la altura de aspiración se puede fijar entre 5 y 7 metros, según el tipo de instalación.

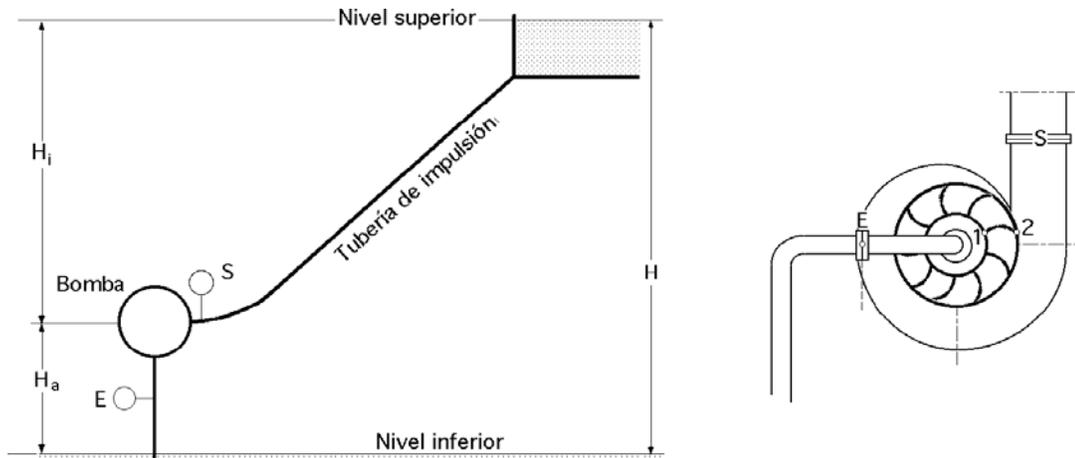


Figura 4.5: Esquemas básicos de acción en una bomba centrífuga.

#### 4.6.1.4 Bomba centrífuga C22BA

Estas bombas han sido diseñadas especialmente para sistemas FIFI ya que son capaces de manejar grandes cargas de agua de mar y poseen una robusta construcción (carcasa y rodete fabricados en NiAlBr, eje fabricado en acero especial).

Hidráulicamente, las bombas están diseñadas para una gran eficiencia y fiabilidad en su función de succión. Todas las partes rotatorias han sido bien balanceadas lo cual minimiza la vibración.



Figura 4.6: Bomba centrífuga C22BA

Sus características técnicas son:

- Peso: 930 kgs
- Capacidad: 1600 m<sup>3</sup>/h
- Velocidad : 1800 rpm
- Potencia de consumo: 790 kw
- Temperatura: 35° c

#### **4.6.1.5 Condiciones de operación de la bomba centrífuga C22BA**

Si la bomba ha estado fuera de uso por un largo tiempo, el rotor debe ser, si es posible, girado manualmente una o dos veces antes de su partida, si la unidad es instalada nuevamente o se le han hecho cambios radicales el sentido de giro debe ser chequeado.

El sistema de bombeo de agua posee una válvula de succión y otra válvula de descarga. Antes de la partida de la bomba se debe realizar un “cebado” de esta, lo que implica que tanto su carcasa interior como su línea de succión deben ser llenadas completamente de agua, si la bomba funciona en seco es probable que ocurra un problema mecánico. Para que esto nunca ocurra se utiliza una tubería a presión con agua (3 pulgadas de diámetro) y una bomba eléctrica de menor capacidad que le introduce agua a la tubería, la cual se pone en marcha a través de un partidor que se accionará solo si la presión de agua es muy baja (1 -2 bar).

Cuando la bomba se pone en marcha, la válvula de descarga debería normalmente estar cerrada o casi cerrada y entonces se abrirá lentamente hasta su capacidad nominal, tan pronto como la bomba haya alcanzado su velocidad máxima. La bomba nunca debe operar con la válvula de descarga cerrada salvo por unos pocos segundos (30seg).

Antes de parar la bomba, la válvula de descarga debe ser, en forma similar a lo anterior, cerrada o casi cerrada para prevenir el golpeteo del agua en la tubería.

## 4.6.2 Monitores de agua

Los monitores de agua son mecanismos hidráulicos capaces de recibir una gran carga de agua a una gran presión y expulsarla al exterior, estos son manejados a través de un control electro – hidráulico y son gobernados de forma remota mediante un joystick desde el puente de gobierno del buque en cuestión.

En este sistema FIFI se utilizan 2 modelos de monitores de agua muy similares entre sí los cuales tienen el mismo principio de funcionamiento pero se diferencian en algunos aspectos técnicos.

### 4.6.2.1 Características técnicas de los monitores de agua

El monitor FM300HD: Este monitor es el de mayor tamaño y potencia del sistema, posee dos modos de expulsión de agua: en chorro directo y cortina de agua. Su característica principal es que al tener una mayor capacidad permite el derretimiento de témpanos de hielo de mediana magnitud gracias a la fuerza del agua que expulsa.

Este se ubica en el sector de proa del buque y además permite su control manual en caso de falla del control remoto.

Sus características técnicas son las siguientes:

- Peso: 1130 (kgs).
- Capacidad: 3200 (m<sup>3</sup>/h).
- Presión de salida del agua: 13.5 (bar).
- Fuerza de reacción del agua: 42 (KN).
- Alcance máximo del agua: 150 (m) desde la proa del barco.
- Alto máximo del agua: 70(m) sobre nivel del mar.

- Sector de operación (elevación):  $-15^{\circ}$  /  $+75^{\circ}$  máximo.
- Sector de operación (rotación):  $350^{\circ}$  máximo.
- Voltaje para válvulas solenoides: 24 VDC.



Figura 4.7: Monitor de agua Jason Eureka FM300HD.

El monitor FM200HD: Este monitor es de menor capacidad que el anterior y también posee las dos posibilidades de disparo; en chorro y cortina de agua. También posee un control remoto y otro manual de emergencia. El sistema contempla 2 monitores de este tipo ubicados sobre el puente de gobierno hacia el sector de babor y estribor del buque en puntos de mayor altura.

Sus características técnicas son las siguientes:

- Peso: 320 (kgs).
- Capacidad:  $1200 \text{ (m}^3/\text{h)}$ .
- Presión de salida del agua: 12 (bar).
- Fuerza de reacción del agua: 16650 (N).

- Alcance máximo del agua: 120 (m).
- Alto máximo del agua: 45(m).
- Sector de operación (elevación):  $-21^{\circ}$  /  $+75^{\circ}$  máximo.
- Sector de operación (rotación):  $350^{\circ}$  máximo.
- Voltaje para válvulas solenoides: 24 VDC.

#### **4.6.2.2 Funcionamiento de los monitores de agua**

Estos mecanismos poseen un control de dirección que utilizan para dirigir la salida del agua, esto se lleva a cabo mediante válvulas del tipo electro-hidráulicas y la presión generada por una unidad hidráulica de poder o power pack. Este control se realiza en forma remota mediante un joystick eléctrico (que se mencionó anteriormente) gobernado por el PLC. Este joystick envía señales que llegan directamente a las entradas del PLC, el cual a través de su lógica los interpreta y procesa, enviando una señal de control hacia los solenoides (ubicados en la unidad hidráulica de poder), que a su vez, hacen actuar las válvulas distribuidoras. Estas válvulas permiten el flujo de aceite (con una presión máxima de trabajo de 160 bar) por el sistema que finalmente permite el movimiento de la válvulas que controlan los monitores de agua. A través de estas válvulas se puede dirigir el ángulo de elevación y rotación y también la forma de expulsión de agua que se requiera.

En el diagrama de la figura 4.8 se puede observar el control hidráulico del sistema a través de válvulas para realizar las siguientes acciones en los monitores: el movimiento vertical, movimiento horizontal y modo de descarga del agua. La presión necesaria para el accionamiento de estas válvulas la proporciona la unidad de poder hidráulica que se describirá con mayor detalle mas adelante.

Para entender el funcionamiento de este circuito primero que nada se describirán cada una de las partes que lo componen, que se encuentran enumeradas en el esquema:

1. **Bombas bidireccionales de caudal constante:** Permiten realizar el movimiento del fluido en ambas direcciones.
2. **Válvulas de seguridad o limitadoras de presión:** La válvula de seguridad es el aparato que más cerca debe ponerse de la bomba, su misión es limitar la presión máxima del circuito para proteger a los elementos de la instalación.
3. **Cilindro de doble efecto:** Posee un pistón que permite a través de su movimiento modificar la forma de expulsión del agua del monitor.
- 4-5-6. **Válvulas limitadoras de caudal:** Representan una estrangulación en el conducto por el cual circula el fluido, con lo cual se le restringe el paso.
7. **Válvula antirretorno:** Válvula que permite la circulación del fluido en un solo sentido, en la dirección contraria se cierra impidiendo el paso. La obturación del paso en este caso se hace con una bola, impulsada por la propia presión de trabajo.
- 8-9-10. **Válvulas distribuidoras 4/3 con accionamiento eléctrico:** Válvulas que permiten distribuir el fluido a través de un circuito hidráulico. Esta válvula en particular posee 4 vías de trabajo y 3 posiciones que direccionan el fluido en las distintas vías de trabajo. Posee un accionamiento eléctrico a través de un solenoide y un accionamiento mecánico que le permite a través de un resorte volver a su posición de equilibrio.
11. **Línea de retorno:** Es la línea de flujo que retorna el fluido al power pack.
12. **Línea de presión:** Es la línea de flujo que entrega presión a las válvulas.

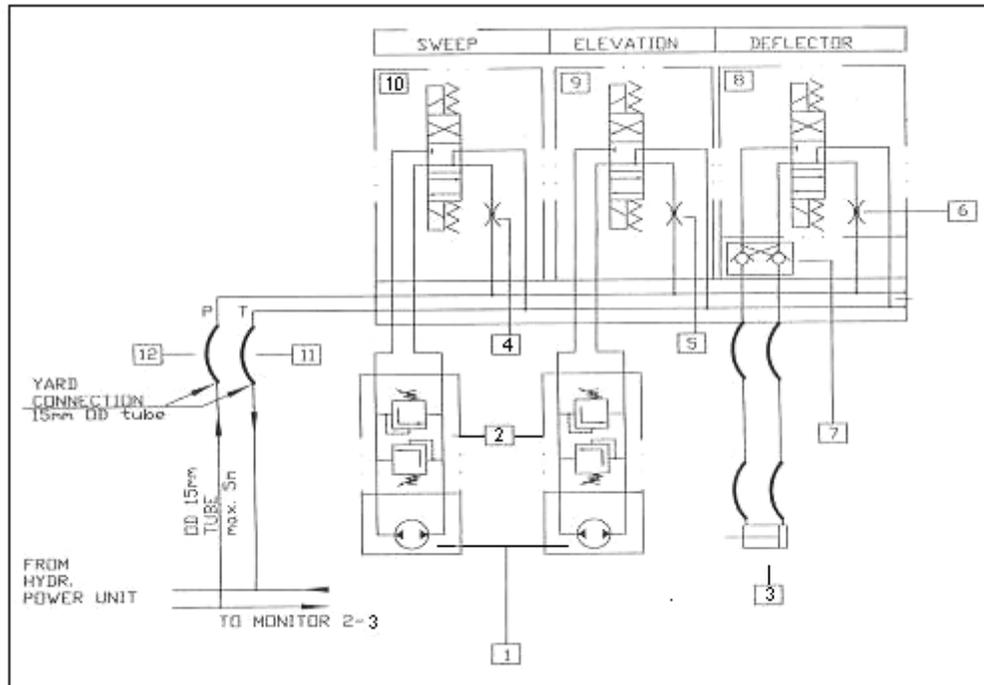


Figura 4.8: Esquema de control hidráulico de los monitores de agua.

Cuando el fluido a presión circula a través de la línea P en las válvulas nº 9 y 10 se produce una limitación de la velocidad del caudal a través de las válvulas nº 4 y 5 que proporcionan una presión constante a las bombas bidireccionales, estas a su vez aumentan la presión del fluido que es devuelto a las válvulas distribuidoras y permiten según la señal de accionamiento eléctrico realizar el movimiento del monitor en el ángulo deseado. Asociadas a las bombas bidireccionales están instaladas las válvulas de seguridad que protegen el circuito de cualquier presión por sobre la normal de trabajo.

La válvula distribuidora nº 8 posee también válvulas antirretorno, que bloquean o admiten el fluido en 2 direcciones posibles provocando el movimiento del pistón del cilindro (nº3), para provocar el cambio en la forma de expulsión de agua desde el monitor de agua.



Figura 4.9: Monitores de agua trabajando en sus dos formas de disparo.

#### 4.6.3 Gear box (caja de enganche o multiplicadora)

La gear box o también llamada caja de enganche o multiplicadora, es un sistema mecánico controlado en forma electro-hidráulica, que acopla los motores principales del buque a las bombas centrífugas proporcionándoles la potencia necesaria para su adecuado funcionamiento, esta realiza un aumento en la velocidad de giro del motor del buque que mueve la bomba centrífuga. La velocidad de giro del motor es de 600 rpm y la caja produce un aumento a 1800 rpm que es lo que requiere la bomba para arrancar.

Ya que este buque cuenta con tecnologías avanzadas en cuanto al control de la propulsión, se puede programar en los controles de los motores la velocidad requerida de 600 rpm y el sistema (a través de un feedback) chequeará constantemente la velocidad y la mantendrá estable en ese valor.

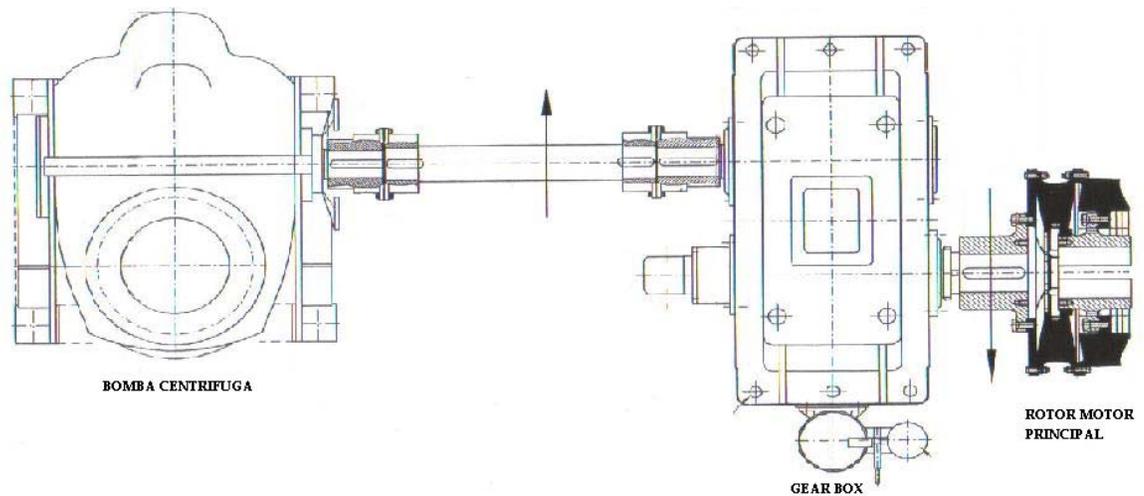


Figura 4.10: Esquema de acople de la Gear box.

#### 4.6.3.1 Características técnicas de las gear box

Sus características técnicas más importantes son:

- Potencia de entrada: 830 (kw)
- Torque admisible de entrada: 13211 (Nm)
- Velocidad de enganche requerida: 450 (rpm)
- Peso: 1400 (Kg.)
- Materiales: fierro fundido (carcaza), acero ST 52 (eje) y acero 17 CRNIMO6 (embrague).

Además cada gearbox incorpora los siguientes elementos:

- Bomba mecánica de aceite
- Filtro de presión de aceite.
- Indicador de presión de aceite lubricante.
- Switch de presión de aceite lubricante (para alarma).
- Indicador de temperatura de aceite.

- Switch de alarma de alta temperatura de aceite.
- Indicador de presión de aceite de enganche.
- Switch de presión de aceite de enganche (para alarma).
- Válvula solenoide de control de enganche, 24 VDC y operación manual.
- Caja de conexiones eléctricas montada sobre la gear box.
- La gear box esta equipada con una bomba stand by de aceite lubricante.

Cuando está funcionando el motor y no está enganchada la caja hay una bomba lubricadora (bomba stand by) que siempre esta funcionando. En el momento de enganchar la caja esta genera su propia presión de aceite a través de una bomba prelubricadora en forma mecánica, la cual se encarga de lubricar la caja y la bomba centrífuga; una vez accionada esta bomba se detiene la de stand by.

Asociados al sistema que conforma la gear box es importante destacar los elementos de control que transmiten o reciben señales eléctricas desde o hacia el PLC, estos se definen a continuación.

#### **4.6.3.2 Válvula de control de presión o de secuencia MBV 5000**

Estas son válvulas que tienen por función, luego de alcanzar cierta presión entregar una señal de salida. Esta señal de salida puede estar dentro del campo de las presiones bajas o normales, y también puede ser eléctrica. La presión de respuesta de una válvula de secuencia, generalmente es regulable.

La válvula MBV 5000 es una válvula de bloque diseñada en muchas diferentes configuraciones para su uso en la industria marítima. Su aplicación en el sistema FIFI es de servir de acople para la conexión de un transmisor de presión. Sus características técnicas principales son:

- Presión de trabajo: 0 a 120 bar.
- Presión de sobrecarga: 180 bar.
- Temperatura de operación: -20° a 120°C.
- Temperatura ambiental: -20° a 120°C.



Figura 4.11: Válvula de control de presión MBV 5000.

#### 4.6.3.3 Transmisores de presión tipo MBS 5100 y MBS 5150

El transmisor de presión es un instrumento que capta esta variable y la transmite a distancia a un instrumento indicador o controlador (En el sistema FIFI: al indicador de presión y al PLC); la función primordial de este dispositivo es tomar la señal de presión para convertirla en una señal estándar adecuada para el instrumento receptor, es así como un transmisor capta señales de un transductor y las convierte en señales electrónicas.

El transmisor de presión MBS 5100 y MBS 5150 compacto de alta precisión, está diseñado para utilizarse en casi todas las aplicaciones marinas y además cuenta con un amortiguador de impulsos integrado. Estos transmisores van montados sobre la válvula de ensayo MBV 5000 y proporciona una señal de salida de 4-20 mA, rangos de medición de 0-1 a 0-600 bar.

El transmisor de presión cuenta con una excelente estabilidad frente a vibraciones, una construcción robusta, y un alto grado de protección CEM/IEM.



Figura 4.12: Transmisores de presión tipo MBS 5100 y MBS 5150.

Sus características técnicas principales son:

- Precisión (incluidas no linealidad, histéresis y repetitividad):  $\pm 0,1\%$  FS (típ.)  
 $\pm 0,3\%$  FS (máx.).
- Tiempo de respuesta:  $< 4$  ms.
- Presión de sobrecarga (estática):  $6 \times$  FS (máx. 1500 bar).
- Señal de salida nominal (protección contra cortocircuitos): 4-20 (ma).
- Tensión de alimentación ( $U_b$ ): de 10 a 32 V c.c.
- Dependencia de la tensión de alimentación:  $\leq \pm 0,01\%$  FS/10 V.
- Limitación de la corriente (señal de salida lineal hasta el rango nominal de  $1,5 \times$ ): 28 mA (típ.).

#### 4.6.3.4 Sensores de temperatura MBT 5250:

Estos sensores se utilizan para medir y regular la temperatura en sistemas hidráulicos y plantas de refrigeración en instalaciones marítimas o en todos aquellos lugares donde sea necesario un equipamiento fiable, robusto y preciso. En el caso del FIFI este capta las señales de temperatura y las transforma en señales eléctricas para ser enviadas a los indicadores de presión y al PLC.

Sus características técnicas principales son las siguientes:

- Temperatura del medio hasta +200 °C.
- Resistencia del sensor: Pt100.
- Rango de medida: de -50 a +200°C.
- Longitud de extensión: 50 mm.

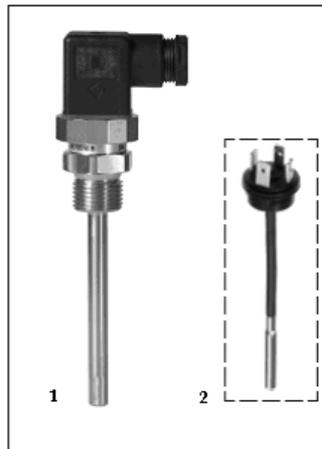


Figura 4.13: 1) Sensor de temperatura MBT 5250. 2) Sonda de medición del sensor MBT5250.

#### 4.6.4 Unidad hidráulica de poder o Power Pack

El Power Pack o unidad hidráulica de poder proporciona la alimentación del fluido al circuito para realizar el accionamiento de las válvulas electrohidráulicas del sistema. Sus componentes principales son las bombas hidráulicas y un depósito de aceite hidráulico con la cantidad suficiente como para que en promedio solo esté una fracción del tiempo de funcionamiento dentro de la máquina, de manera que mientras está en el tanque puede disipar el calor que adquirió al funcionar a través de mecanismos que producen intencionalmente pérdidas de energía, con el objetivo general de regular la velocidad.

El power pack utilizado por este sistema FIFI en particular consta de 2 bombas de 5 kw cada una, de las cuales una de ellas esta siempre en operación y la otra esta en stand by por si existe alguna falla de la principal. Esta unidad puede ser accionada en forma local o remota.

También se chequea en esta unidad la temperatura y la presión de aceite a través de señales de entrada en el PLC.

Esta unidad posee válvulas solenoides de control y se encuentran a un costado de la unidad propulsora. Estas válvulas transmiten poder hidráulico hacia las 11 válvulas que regulan el flujo de agua del sistema que a su vez son accionadas vía remota desde el tablero MIMIC.



Figura 4.14: Power pack hidráulico.



Figura 4.15: Tablero de válvulas solenoides controladas en forma remota.

Las características técnicas principales de esta unidad son las siguientes:

- Peso: 180 (kg en seco).
- Capacidad 2x15( l/min).
- Presión de trabajo: 130 – 160 (bar).
- Presión de stand by: 40 (bar).
- Presión maxima: 250 (bar).
- Voltaje de alimentación: 440 V/ 60 Hz.
- Consumo de potencia: 5,0 Kw.
- Corriente nominal (In): 9,0 A.
- Corriente de partida (Is): 60 A.
- Volumen del tanque: 100 l.
- Temperatura ambiental máxima: 60°.

#### 4.6.5 Sistema Water Spray (agua pulverizada)

El **water spray** es un conjunto de elementos que permiten al buque cubrirse completamente bajo una cortina de agua al estar cercano a un lugar siniestrado, lo cual lo protege de sufrir daños por consecuencia de las altas temperaturas producidas en un incendio.

Esta compuesto aproximadamente por 126 elementos (rociadores, monitores pequeños, etc.), que se encuentran distribuidos en todo el buque y poseen una capacidad de 800 m<sup>3</sup>/h.

El criterio utilizado para el diseño de este sistema considera un rociado de agua de 10 l/min/m<sup>2</sup> en exposición vertical en la superficie del casco, incluyendo superestructuras, cubiertas, botes salvavidas y monitores. Este cálculo es realizado mediante un programa computacional y no permite un ajuste manual después de la instalación. Son utilizados distintos tipos de rociadores dependiendo de la estructura a ser cubierta, cada uno de ellos es calculado individualmente y designado para su ubicación específica.



Figura 4.16: Funcionamiento del sistema water spray.

## 4.7 Control electrónico del sistema FIFI

Como ya se mencionó anteriormente el sistema FIFI es controlado electrónicamente utilizando la lógica PLC y además cuenta con los siguientes elementos que le permiten el control del sistema remotamente desde el puente de gobierno del buque:

- PLC Mitsubishi Melsec Fx2n-128.
- Panel mimic.
- Panel Joystick.

### 4.7.1 PLC Mitsubishi Melsec FX2N – 128

La serie de PLCs FX2N ofrece muchas características propias de controladores más grandes, tales como por ejemplo aritmética de coma flotante, el procesamiento de datos numéricos de 32 bits o múltiples posibilidades de comunicación libremente configurables. Estos PLCs poseen un rango de entradas y salidas desde 16 a 256, teniendo el PLC de este análisis una capacidad de 128 E/S. Tiene la particularidad de combinar técnica avanzada con instrucciones fáciles de entender y sencillas de aplicar.

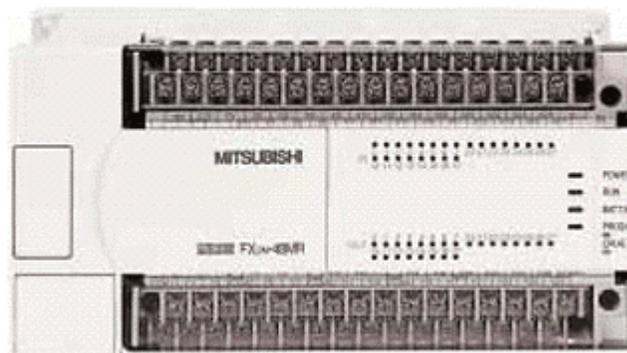


Figura 4.17: PLC Mitsubishi Melsec FX2N – 128

El FX2N ha sido homologado por seis instituciones para su empleo naval. Los campos de aplicación van desde la regulación de la temperatura en contenedores hasta la gestión de motores diesel.

#### **4.7.4 Familia de PLCs FX**

La familia FX ha sido diseñada de tal manera que el PLC principal o unidad base hace las veces de plataforma a la que es posible añadir extensiones o funciones adicionales, de manera que siempre resulta posible adaptarla de forma óptima a los requerimientos particulares.

La unidad base principal con unidad de alimentación integrada, CPU y entradas y salidas forma una unidad compacta. La familia FX incorpora un concepto de programación muy sencillo en el que varias tareas complejas pueden reducirse a una instrucción simple.

En el diseño de estos PLC se pone énfasis en lo relativo a la velocidad de procesamiento. De este modo se pueden controlar aplicaciones de forma más efectiva y precisa.

#### **4.7.5 Características técnicas del PLC Mitsubishi Melsec FX2N– 128**

A continuación se enumeran las principales características técnicas de este PLC:

- Número de entradas/salidas: 128.
- Memoria de programa: 64 k pasos (con cassette de memoria).
- Tiempo de procesamiento de instrucciones básicas: 0,08  $\mu$ s/instrucción lógica.
- Procesamiento de señales analógicas: Hasta 64 direcciones.
- Resolución analógica: 12 bits.
- Extensiones analógicas: Hay disponibles 8 módulos analógicos de entrada, de salida y de regulación de la temperatura.

- Posicionamiento Integrado: 2 contadores de alta velocidad (60 Khz.)  
4 contadores de alta velocidad (10 Khz.)  
2 salidas de cadenas de pulsos (20 Khz.)
- Externo: Módulo especial contador de alta velocidad (50 Khz).
- Módulo de posicionamiento (1 Mhz).

#### 4.7.6 Componentes de un sistema PLC FX

Gracias a su concepto modular, los PLC Melsec FX pueden ser empleados dentro de un amplio espectro con un gran número de posibilidades de aplicación diferentes.

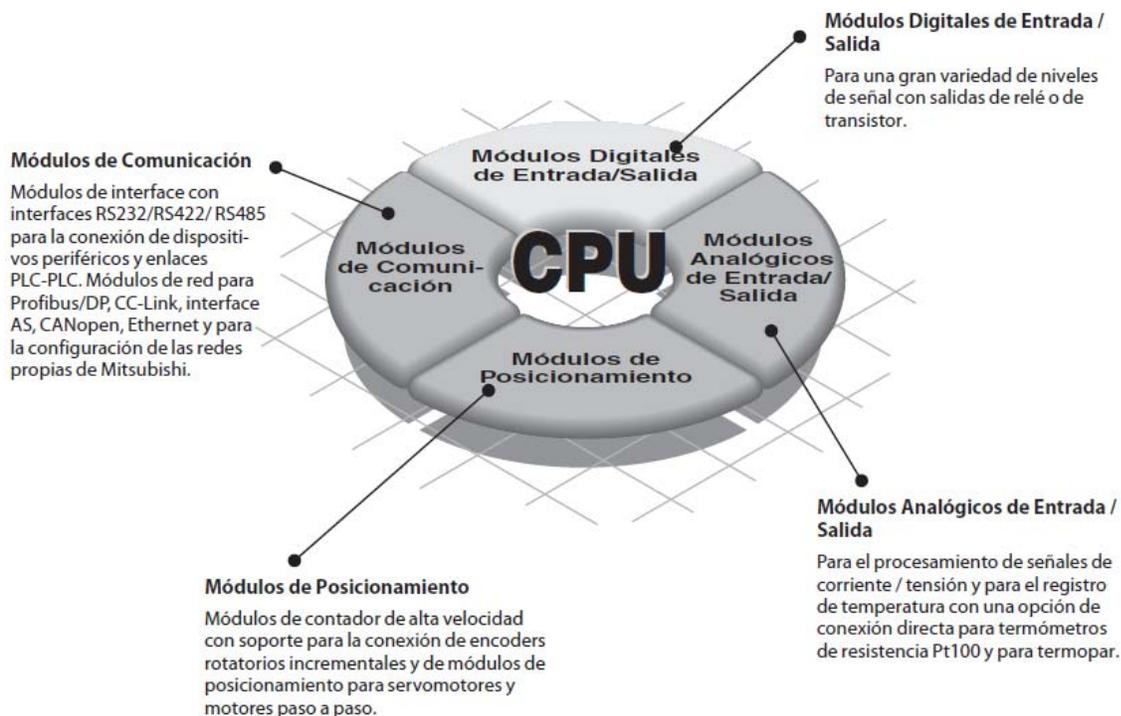


Figura 4.18: Componentes principales de un PLC FX.

Para la construcción del sistema hay disponibles diferentes variantes de módulos (figura 4.18). Todos los módulos están aislados del entorno por medio de optoacopladores con objeto de maximizar la seguridad de funcionamiento.

Un sistema PLC FX básico puede consistir en una unidad base independiente, cuya funcionalidad y cuyo rango de E/S pueden extenderse por medio de módulos de extensión de E/S y módulos especiales de función. A continuación se indican las opciones disponibles para un sistema en base a un PLC del tipo FX.

**Unidades Base:** Todo el rango de PLCs de la familia FX puede alimentarse con AC o DC con una mezcla de estilos de entrada y salida. Los PLCs pueden programarse con el cómodo software de programación GX/Developer o Melsec Medoc Plus los cuales permiten transferir programas entre diversos PLCs FX. Todas las unidades base PLC incluyen un reloj integrado de tiempo real. Las unidades base están disponibles con diferentes configuraciones de E/S entre 10 y 128 puntos, pero pueden expandirse hasta 384 puntos dependiendo del tipo de FX seleccionado.

**Tarjetas de Extensión:** Las tarjetas de extensión pueden instalarse directamente en la unidad base y por lo tanto no requieren espacio adicional para la instalación. Por medio de tarjetas de interfaz es posible dotar al PLC FX de interfaces RS232 o RS485 adicionales. Para conectar módulos especiales de función (por ej. módulos Ethernet) tiene que haber instalado un adaptador de comunicación.

**Módulos de Extensión E/S:** A los PLCs FX es posible añadir módulos de extensión E/S con alimentación y sin alimentación. Para módulos de extensión alimentados por la unidad base hay que calcular el consumo de energía, ya que el bus de 5 V DC puede soportar sólo un número limitado de E/S de extensión.

**Módulos Especiales de Función:** Para las PLCs FX hay disponibles una amplia variedad de módulos especiales de función. Ellos cubren funcionalidad de red, control analógico, salidas de tren de pulsos y entradas de temperatura.

**Dispositivos Periféricos:** Cada PLC FX dispone de opciones para casetes de memoria, unidades de programación manuales, así como para la conexión de interfaces.

#### 4.7.5 Unidades base para PLC serie FX2N

Anteriormente se dio una breve descripción de la unidad base y es necesario ver algunas características más específicas de estas ya que de esta forma se facilita la comprensión de los conceptos de programación.

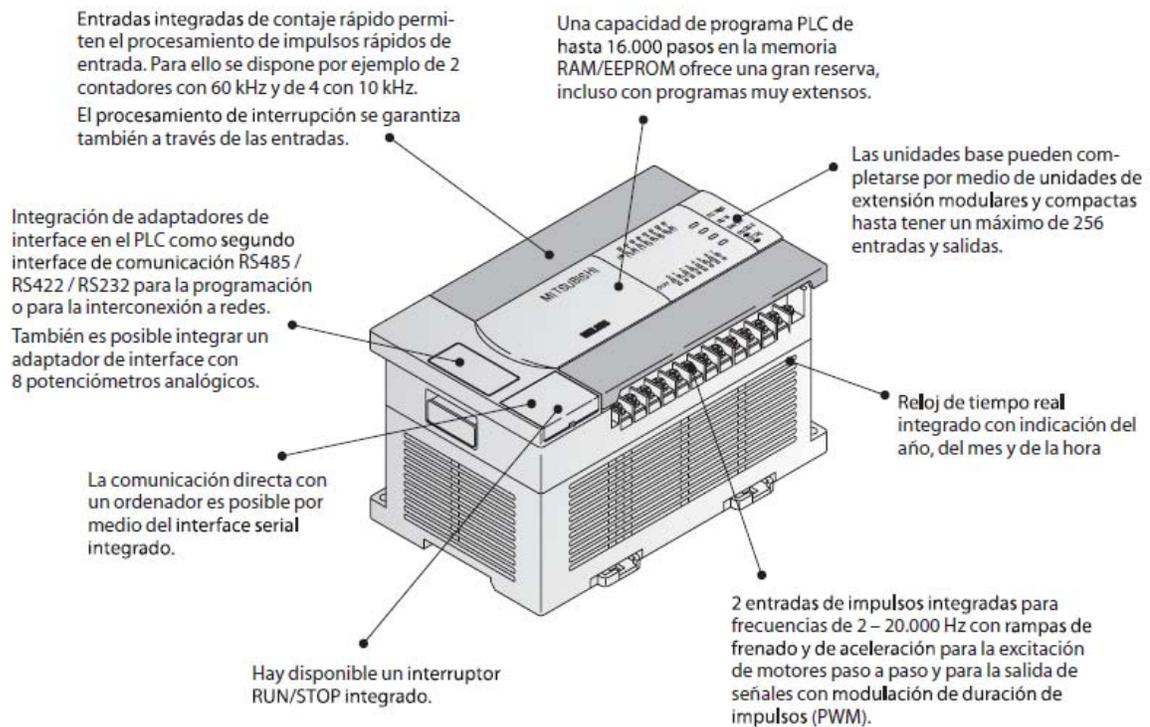


Figura 4.19: Componentes de la unidad base de los PLC FX2N.

Las características básicas se enumeran en la siguiente tabla:

<b>Especificaciones</b>	<b>FX2N-128 MT-ESS/UL</b>
Numero de E/S	128
Fuente de alimentación	100-240v
Salidas integradas	64
Entradas integradas	64
Tipo de salida	Transistor (tipo source)
Consumo de energía	100 VA
Peso (kg)	1.8
Dimensiones (AnxAlxLa)	350 x 90 x 87

Tabla 4.1: Especificaciones básicas PLC Mitsubishi FX2N-128.

A continuación en las tablas que prosiguen se indican los datos generales del sistema de la unidad base:

<b>Direcciones de E/S</b>	256
<b>Rango de direcciones</b>	Máx. 189 entradas X0–X267, Máx. 184 salidas Y0–Y267
<b>Memoria de programa</b>	8.000 pasos RAM (interna), casete EEPROM para 4.000 y 8.000 pasos (opcional), casete RAM para 16.000 pasos (opcional), casete EPROM para 16.000 pasos (opcional), casete EEPROM para 16.000 pasos (opcional)
<b>Tiempo de ciclo</b>	0,08 $\mu$ s / instrucción lógica
<b>Número de instrucciones</b>	27 comandos básicos, 2 instrucciones de paso, 132 instrucciones de aplicación
<b>Lenguaje de programación</b>	Esquema de contactos, lista de instrucciones, SFC
<b>Procesamiento de programa</b>	Procesamiento cíclico, procesamiento de imagen de Proceso
<b>Protección de programa</b>	Protección mediante contraseña con 3 niveles

Tabla 4.2: Datos generales del sistema (datos de programa).

Al momento de realizar un programa en el PLC se deben considerar algunos parámetros importantes, los cuales se indican en la siguiente tabla:

<b>Marcas</b>	3.072
<b>Marcas especiales</b>	256
<b>Operandos de estado de paso</b>	1000
<b>Temporizadores</b>	256
<b>Contadores</b>	235
<b>Contadores rápidos</b>	6 entradas monofásicas (máx. 60 Khz) 2 entradas bifásicas (máx. 30 Khz)
<b>Reloj de tiempo real</b>	Año, mes, día, hora, minuto, segundo, día de la semana
<b>Registros de datos</b>	8000
<b>Registros de archivos</b>	Máx. 7.000 (parametrables), suma de todos los registros = 8.000
<b>Registros de índice</b>	16
<b>Registros especiales</b>	256
<b>Punteros</b>	128
<b>Operandos de anidamiento</b>	8
<b>Entradas de interrupción</b>	6
<b>Constantes</b>	16 bits: K: -32768 hasta+32767, hex: 0-FFFF 32 bits: K: -2147483648 hasta+2147483647, hex: 0-FFFF FFFF 32 bits coma flotante: 0, $\pm 1.175 \times 10^{-38}$ hasta $\pm 3.403 \times 10$

Tabla 4.3: Datos generales del sistema (operandos).

#### 4.7.6 Bases para la programación de los PLCs FX

Para llevar a cabo esta programación se utilizan principalmente para la serie FX dos software de gran flexibilidad y de una interfaz grafica bastante clara para el usuario estos son el GX Developer y Melsec Medoc Plus (este último es el utilizado para la creación del programa del FIFI), ambos poseen diferentes modos de programación

Hay tres opciones disponibles para poder llevar a cabo la programación de una tarea concreta en un autómata FX1S, FX1N o FX2N, estas son:

- Lista de instrucciones.
- Lenguaje de contactos o Ladder.
- Lenguaje SFC.

#### 4.7.7 Dispositivos internos utilizados por el PLC

El autómata puede manejar básicamente dos tipos de dato: Registros de 16 bits (datos, temporizadores, contadores...) e información de un bit (relés auxiliares, entradas, salidas...), también pueden tratarse datos de 32 bits juntando dos registros consecutivos de 16 bits. Las siguientes tablas muestran todos los datos que pueden ser utilizados y cual es su utilidad.

	TIPO	NOTACIÓN	DESCRIPCIÓN
X	1	Octal	Entradas físicas del sistema
Y	1	Octal	Salidas físicas del sistema
M	1	Decimal	Relés auxiliares (marcas) de uso general
S	1	Decimal	Relés de estado (utilizados para programación SFC)* <sup>2</sup>
D	16 <sup>*1</sup>	Decimal	Registros de datos para almacenar información numérica
C	16/32	Decimal	Contadores normales y de alta velocidad
T	16	Decimal	Temporizadores del sistema
V,Z	16	Decimal	Registros índice para direccionamiento indirecto

Tabla 4.4: Elementos internos utilizados por el PLC.

**Notas:**

1. Pueden ser combinados de dos en dos para crear registros de 32 bits.
2. Si no se utiliza el lenguaje SFC, pueden ser utilizados como relés auxiliares M.

La notación utilizada en el caso de las entradas y salidas físicas del PLC es octal. La numeración, por ejemplo en el caso de las entradas, comienza en la dirección X0 y continua hasta X7, después salta a X10 y así sucesivamente (las direcciones como X8, X9, X18, X19, y equivalentes no existen). En los otros dispositivos la notación es decimal. La cantidad de datos disponibles depende de cada serie (FX1S, FX1N o FX2N).

Dentro de cada tipo de datos tratados por el autómatas hay rangos llamados de uso general y otros rangos que son retentivos. Los primeros son los bits o datos que pierden su información cuando se deja de alimentar el PLC, o en el paso del modo RUN al modo STOP, momento en el que se desactivan las marcas activadas durante el programa y se pasa a tener un valor cero en los registros que pertenecen al rango de uso general. Mientras que en el rango retentivo los relés auxiliares y registros mantienen su valor ante un fallo de tensión, desactivación del autómatas de la red eléctrica o paso de estado RUN a STOP.

Es importante saber que tipo de memoria dispone cada autómatas, ya que el comportamiento será diferente en el caso de los dispositivos retentivos. En este caso como el PLC del sistema es de la serie FX2N tiene un rango de dispositivos retentivos configurable desde el software de programación, modificando los parámetros. El rango retentivo es mantenido como en el caso del programa, por memoria RAM mantenida por una batería. La memoria de programa puede ser almacenada en cassettes de memoria EEPROM.

#### **4.7.8 Diagrama de contactos (Ladder) en software Melsec Medoc Plus**

En esta etapa del análisis se detallarán algunos conceptos básicos y avanzados de programación Ladder que se requieren conocer para profundizar en la programación propia del sistema FIFI.

Cabe destacar que el software de programación que se utilizó para este efecto es el Melsec Medoc plus que tiene algunas particularidades y mejoras con respecto a otros ya que ha sido especialmente diseñado para las series de PLCs Mitsubishi.

En cuanto a la simbología de Ladder utilizada en los distintos softwares de programación existe una normalización con respecto a las funciones básicas. Las funciones lógicas más complejas como: Temporizadores, Contadores, Registros de desplazamiento, etc. Se representan en formato de bloques. Estos no están normalizados, aunque guardan una gran similitud entre sí para distintos fabricantes. Resultan mucho más expresivos que si se utiliza para el mismo fin el lenguaje en lista de instrucciones.

#### 4.7.8.1 Elementos para programación en lenguaje Ladder

Como en el capítulo anterior se vieron los elementos básicos de programación en Ladder ahora se verán elementos más específicos de programación, los cuales tienen relación directa con el programa para el sistema FIFI.

#### 4.7.8.2 Relés internos o marcas

Como salidas en el programa del PLC se toma no solo a las salidas que el equipo posee físicamente hacia el exterior, sino también las que se conocen como "Relés Internos o Marcas". Los relés internos son simplemente variables lógicas que se pueden usar, por ejemplo, para memorizar estados o como acumuladores de resultados que utilizarán posteriormente en el programa.

Se las identifica con la letra "M" y un número el cual servirá para asociarla a algún evento.



Figura 4.20: Marca o relé interno.

Por ejemplo:

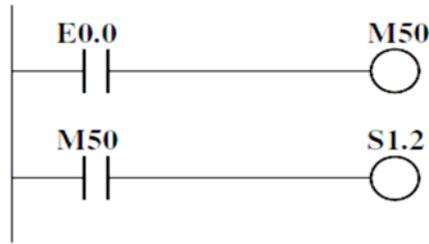


Figura 4.21: Ejemplo de utilización de Marcas.

El estado de la salida M50 depende directamente de la entrada E0.0, pero esta salida no está conectada a un borne del módulo de salidas, es una marca interna del programa. Mientras que el estado de la salida S1.2 es resultado de la activación del contacto M50.

Junto a los relés internos que se pueden activar y desactivar discrecionalmente por el usuario en el programa, existen también los relés internos especiales. Estos relés internos ocupan el rango a partir de la dirección M8000 e indican determinados estados del sistema o bien influyen en el procesamiento del programa. La siguiente tabla muestra solamente una pequeña selección de relés internos especiales.

Relé especial	Descripción	Procesamiento en el programa
M8000	En el modo de operación „RUN“ del PLC, el estado de señal de este relé interno corresponde siempre a „1“.	Consulta del estado de señal
M8001	En el modo de operación „RUN“ del PLC, el estado de señal de este relé interno corresponde siempre a „0“.	
M8002	Impulso de la inicialización	
M8004	Error de PLC	
M8005	Tensión baja de batería	
M8013	Reloj: 1 segundo	
M8031	Eliminar todos los operandos (con excepción del registro de datos D) que no están registrados en el rango de alimentación de batería.	Consulta del estado de señal Asignación de un estado de señal
M8034	Bloquear las salidas; las salidas no se pueden activar, pero el programa es ejecutado.	

Tabla 4.5: Relés internos especiales.

### **4.7.8.3 Temporizadores (timers)**

En el control de procesos o procedimientos, frecuentemente debe activarse o desactivarse algunos procesos con retardo de tiempo. En la tecnología de relés se aplican para esto los relés retardados, mientras que en un PLC existen para esto los elementos de tiempo (timers).

En realidad, los temporizadores cuentan con un ciclo interno del PLC (por ej. impulsos con un ciclo de 0,1 s). Cuando el valor de conteo alcanza un valor predeterminado a través del programa, se activa la salida del temporizador. Todos los temporizadores trabajan como retardo de activación y se activan mediante control con una señal "1". Para el arranque y la reposición se programan los temporizadores al igual que las salidas.

La salida de un temporizador puede ser consultada dentro del programa repetidamente sin restricciones.

### **4.7.8.4 Contadores**

Para la programación de los procesos de conteo están disponibles los contadores internos (counter) en los controles del grupo FX.

Los contadores cuentan las señales que reciben en su entrada a través del programa. Cuando el valor de conteo alcanza un valor nominal predeterminado a través del programa, se activa la salida del contador. Este puede consultarse dentro del programa repetidamente sin restricciones.

### **4.7.8.5 Temporizadores y contadores en bloques de función**

Una Selección de nuevos estándares de bloque de función es proporcionada por la programación local de temporizadores y contadores. El sistema automáticamente utiliza temporizadores y contadores libres desde el rango del sistema.

Las ventajas de este estándar es que no es necesario tener direcciones asignadas para los temporizadores y contadores. Se puede crear cualquier número de instancias, dependiendo del número de temporizadores del sistema con diferentes tiempos desde un bloque de función.

Los siguientes bloques de función son proporcionados por el PLC:

Function Blocks		Comment
TIMER_10_FB_M	10 ms timer	
TIMER_100_FB_M	100 ms timer	
TIMER_CONT_FB_M	retentative timer	
TIMER_HIGH_FB_M	high-speed timer	MELSEC Q series only
TIMER_LOW_FB_M	low-speed timer	MELSEC Q series only
TIMER_CONTHFB_M	retentative high-speed timer	MELSEC Q series only
COUNTER_FB_M	counter	

Tabla 4.6: Bloques de función de temporizadores y contadores.

Los temporizadores deben actuar como timers de alta velocidad o baja velocidad cuando estos son activados por una instrucción apropiada en el programa del PLC. El intervalo de tiempo para el rango de alta y baja velocidad puede ser seteado en el PLC como TIMER\_10\_FB\_M y TIMER\_100\_FB\_M respectivamente.

Ejemplo: si utilizamos el bloque de función TIMER\_10\_FB\_M, se tienen las siguientes variables de entrada y salida:

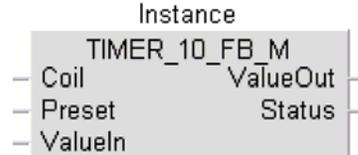


Figura 4.25: Bloque de función TIMER\_10\_FB\_M (timer de 100ms).

En la figura 4.25 se designan las siguientes funciones:

- Coil: Condición de activación para el proceso del timer.
- Preset: Valor de ajuste.
- Value In: Valor inicial (normalmente cero)
- Value Out: Valor actual
- Status: contacto de salida, el contacto de salida es activado cuando la ejecución del bloque de función está completa.

#### 4.7.8.6 Entradas EN y salidas ENO

Algunas instrucciones de programa tienen una entrada EN y una salida ENO en adición a las entradas y salidas de variables normales. Estas instrucciones son identificadas en la librería estándar por el sufijo \_E, ej: ABS\_E. Las funciones en la librería de trabajo no tienen este sufijo ya que ellas son proporcionadas automáticamente con la entrada EN (habilitación) y la salida ENO (desactivación). La función de estos comandos es controlar la ejecución de la instrucción.

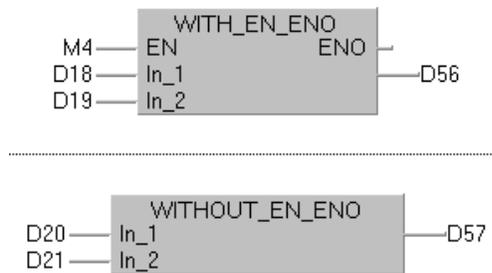


Figura 4.26: Aplicación de los comandos EN y ENO.

En la primera figura se observa la utilización de la función **WITH\_EN\_ENO**, que significa con entrada EN y salida ENO.

En la segunda figura se observa la utilización de la función **WITHOUT\_EN\_ENO**, que significa sin entrada EN y salida ENO.

Usando la función **WITH\_EN\_ENO** tenemos que la ejecución de la instrucción es controlada por el relé M4.

#### **M4 = 1 (Verdadera):**

- La función es ejecutada.
- El resultado de la operación es escrita en D56.
- Un nuevo valor es siempre escrito en D56.

**M4 = 0 (FALSE):**

- La función no es ejecutada.
- No se escribe un nuevo valor en D56. El valor almacenado en D56 permanece inalterado siempre que no sea reseteado.

Usando la función **WITHOUT\_EN\_ENO:**

- La función es ejecutada continuamente.
- El resultado de la operación es escrita en D57.
- Un nuevo valor es siempre escrito en D56.

**4.7.8.7 Crear variables temporales para instrucciones PLS\_M / PLF\_M**

Las variables del sistema son necesarias para procesos internos, las variables de salida de las instrucciones PLS\_M, PLF\_M son usadas para activar instrucciones adicionales. Por ejemplo: al ejecutar la instrucción PLS\_M se genera un pulso con flanco descendiente.

Si se utilizan muchas instrucciones de este tipo el límite del número máximo de variables del sistema puede ser alcanzado rápidamente. Si esto ocurre se debe deshabilitar la opción crear variables temporales para instrucciones **PLS\_M / PLF\_M / ALT\_M**. Por consecuencia, el programa del PLC debe ser modificado.

**4.7.8.8 Bloques de función “Latch”**

En el caso de la programación en el software estudiado también existen bloques de función que utilizan la lógica secuencial para almacenar bits de información, en este caso se verán específicamente los latch RS que se definen a continuación.

Un latch es un circuito electrónico usado para almacenar información en sistemas lógicos asíncronos y puede almacenar un bit de información. Son dispositivos biestables que no tienen entrada de reloj y cambian el estado de salida solo en respuesta a datos de entrada.

El más simple latch lógico es el RS, donde R y S permanecen en estado 'reset' y 'set'. Es construido mediante la interconexión retroalimentada de puertas lógicas NOR (negativo OR), o bien de puertas lógicas NAND. El bit almacenado está presente en la salida marcada como Q.

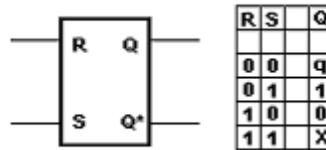


Figura 4.27: Latch RS y su tabla de verdad.

## 4.8 Programación del sistema FIFI

Conocidos algunos aspectos más relevantes de la programación Ladder, se está en condiciones de analizar en detalle el programa creado para el FIFI. Cabe señalar que se analizará una parte importante del programa que corresponde a las alarmas externas generadas por las distintas condiciones de la gear box. El programa en su totalidad es muy extenso por lo que no se describirá por completo, sin embargo lo que aquí se presenta da una clara visión del resto del programa.

Como ya se menciono anteriormente el programa completo ha sido desarrollado con el software Melsec Medoc Plus utilizando el lenguaje de contactos Ladder.

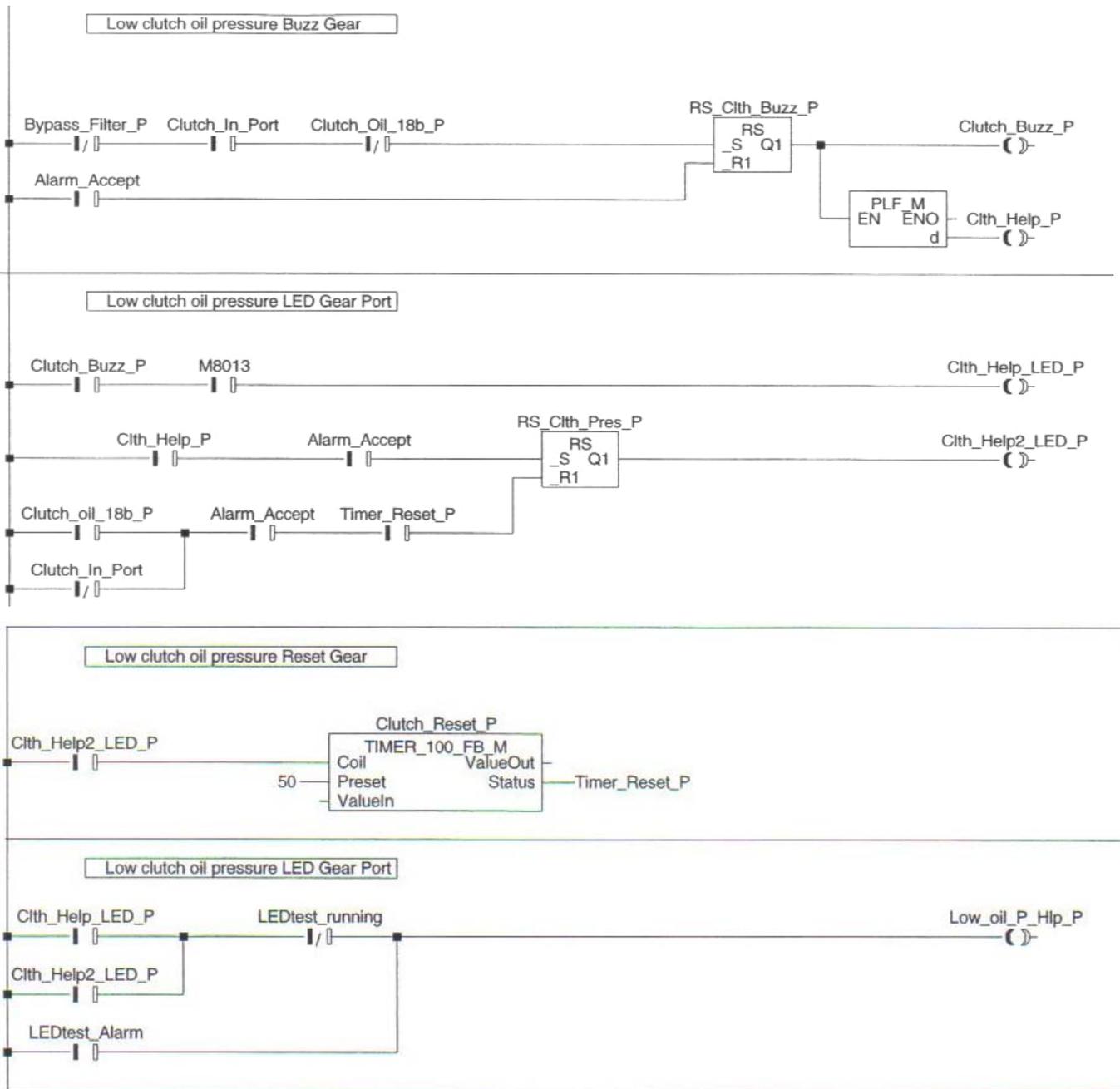


Figura 4.28: Cuadro de instrucciones PLC sistema FIFI (alarmas exteriores).

A continuación se explican las siguientes secuencias de instrucciones que aparecen en la figura:

- 1) **Alarma de baja presión de aceite de la gear box babor para el arranque:** En esta secuencia de instrucciones tenemos 3 entradas en configuración AND que llegan a la entrada S del latch RS (representa al buzzer del clutch), estas son: Filtro by pass (NC), Enganche de entrada (NO), aceite de enganche (NC). Solo si tenemos niveles altos en estas tres variables obtendremos una activación del latch, lo que indicará que el enganche de la gearbox se ha realizado produciendo un sonido en el buzzer de enganche.

También está la entrada de aceptación de alarma (NO) que al ser activada provoca un reset en el circuito latch desactivando las alarmas.

Desde la salida Q1 del latch hay una conexión hacia el bloque EN – ENO que habilita a su vez la instrucción PLF\_M (Esta instrucción genera un pulso en flanco descendiente) que cambiara el estado de la señal de salida (clutch help).

- 2) **Alarma de baja presión de aceite de la gear box babor para el arranque** (se activa el LED correspondiente): En este bloque de instrucciones, se tiene en primer lugar las entradas “buzzer del clutch” y “M8013” (generador de pulsos de 1seg), por lo que si existe alarma del buzzer del clutch existirá una señal intermitente de salida en el LED de alarma de clutch.

En la línea de comando siguiente tenemos la señal de salida anterior actuando como entrada en combinación AND con la señal de aceptación de alarma, si ambas señales poseen niveles altos se cargara el circuito latch provocando una segunda señal de alarma de clutch. Ahora bien, si las señales que convergen al reset del latch de presión de clutch producen un nivel alto significará que la alarma fue solucionada y tendremos a la salida Q1 un nivel bajo. En esta última secuencia de comandos actúan 4 variables de las cuales 3 ya aparecieron anteriormente, menos el “timer reset” que será explicado a continuación.

- 3) Reseteo de alarma de baja presión de aceite de la gear box:** En este comando se tiene como entrada a la segunda señal de alarma de clutch, al estar activada esta entrada también se genera un nivel alto para el timer “clutch reset” lo cual hará que este inicie el conteo. Este timer posee un valor de 100 ms por lo tanto al tener en su entrada preset el valor 50, realizará un conteo de 0 a 50 en pasos de 100ms lo que en total da un tiempo de 5000ms o sea 5 s que es el tiempo de retardo del timer de reset de clutch.
- 4) Alarma de baja presión de aceite con el sistema en marcha:** En este caso se realiza esta configuración para realizar un chequeo continuo de las alarmas de clutch de la gear box ya que al estar en conexión OR las 2 salidas explicadas anteriormente tendremos una activación del led de chequeo de funcionamiento, lo que al mismo tiempo dará una alarma de baja presión de aceite cuando el sistema esté en marcha. Al mismo tiempo se da la opción de realizar esta acción a través del test de alarma.
- 5) Alarma de alta temperatura de aceite de la gear box babor (se activa buzzer):** En esta secuencia se tienen 2 variables de entrada: alta temperatura de aceite y aceptación de alarma.
- Al activarse la primera habilitará la entrada EN lo que provocará la ejecución de la instrucción PLS\_M generando un pulso en flanco ascendente lo que a su vez activará la entrada “Set” del latch RS de “buzzer de alta temperatura de aceite”, esto último va a generar la activación de la salida “buzzer de temperatura”.
- Si en la entrada de aceptación de alarma se genera un nivel alto se reseteará esta alarma.
- 6) Alarma de alta temperatura de aceite de la gear box babor (se activa LED):** En esta línea de instrucciones se tienen 3 procedimientos consecutivos para poder detectar mediante la activación de un led esta alarma.

El primero de ellas es ejecutando las líneas de comandos que convergen al latch de “alta temperatura de aceite” las cuales involucran las variables “aceptación de alarma” y “alta temperatura de aceite”, dependiendo del estado de estas entradas se tendrá una activación en la entrada de “testeo de funcionamiento” y a su vez una señal de salida en el led indicando alarma.

En la segunda secuencia se tiene una conexión en AND de 3 variables ya definidas anteriormente, las cuales debiesen estar todas en nivel alto para provocar señal de alarma en la salida.

Por último la entrada de “testeo de alarma” será chequeada por el programa para una última verificación de alarma de alta temperatura de aceite.

#### 4.9 Panel de control MIMIC

El MIMIC es un tablero de control del sistema FIFI y se encuentra ubicado en el puente de gobierno del buque. Este panel permite manejar el arranque del sistema y permite visualizar las alarmas de las gear box, además se pueden controlar mediante switch las distintas válvulas que regulan el flujo de agua de mar en el sistema. En la figura se muestran los elementos que conforman el panel MIMIC que serán detallados posteriormente.

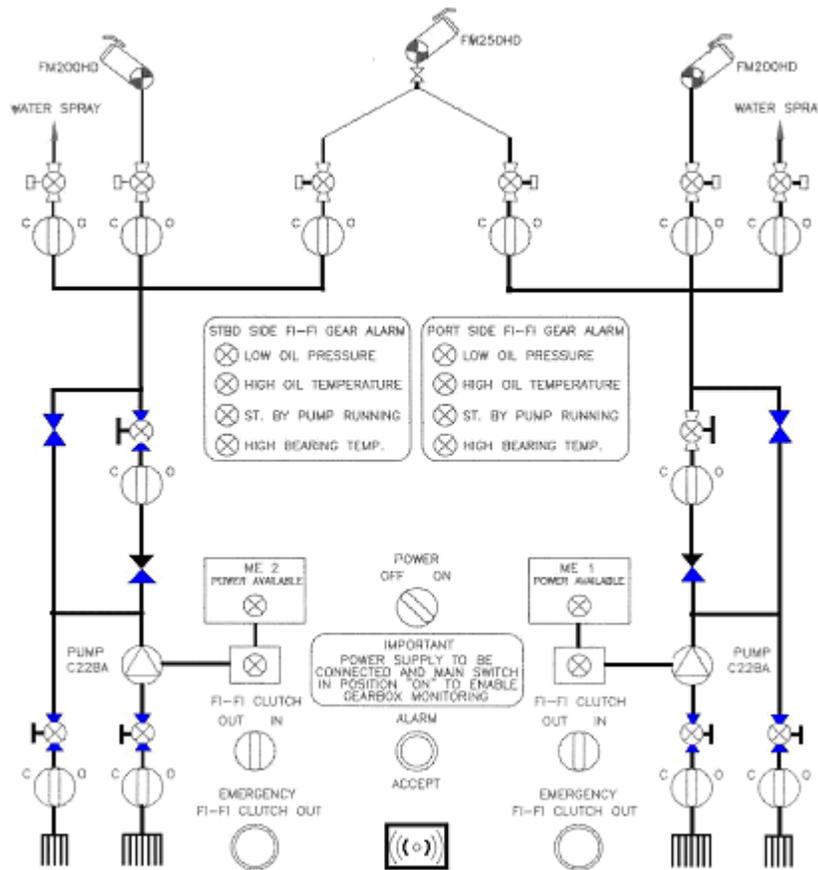


Figura 4.29: Diagrama representativo del panel MIMIC.

En el panel MIMIC se tienen los siguientes elementos que tiene que ver con el encendido del sistema:

- LED “Me 1-2 power available”: indica poder disponible para el enganche desde el motor principal de babor y estribor.
  - LED “FIFI clutch gear box stbd”: Indica el enganche de la gear box de estribor y babor.
  - Switch “FIFI clutch gear box stbd”: Interruptor para el enganche de la gear box de estribor y babor.
  - Emergency FIFI clutch out: Parada de emergencia de la gear box de estribor y babor.
- Además se tiene en el panel, la visualización de las siguientes alarmas de las gear box tanto de babor como estribor:
- Alarma de baja presión de aceite.
  - Alarma de alta temperatura de aceite.
  - Bomba de stand by funcionando.
  - Alta temperatura de rodamiento.
  - Pulsador para aceptación de alarma.

Por ultimo se tienen los 12 switches que manipulan las distintas válvulas del FIFI:

- Switches de Válvulas de descarga estribor-babor.
- Switches de Válvulas de succión estribor-babor.
- Switches de Válvulas de sobrecarga estribor-babor.
- Switches de Válvulas del sistema water spray estribor-babor.
- Switches de Válvulas monitores estribor-babor.
- Switches de Válvulas monitor principal de proa.

## 4.10 Joystick para control de monitores

Una vez puesto en marcha el sistema FIFI se pueden maniobrar los monitores de agua vía remota, mediante un joystick manejado por un operador desde el puente de gobierno. Este joystick posee un peso de 5kg, además de un cable flexible de 16 mm de diámetro y 15 m de largo conectado al tablero principal del sistema.

Con este joystick se pueden maniobrar los tres monitores con las palancas de movimiento en las posiciones que se muestran en la figura, además posee los siguientes elementos:

- Paradas de emergencia de ambas cajas de enganche.
- Switches deflectores: cumplen la función de cambiar la forma de disparo del agua en los tres monitores.
- Switch para el encendido del power pack hidráulico.
- Switch para seleccionar las bombas hidráulicas (1, 2 o 1+2)

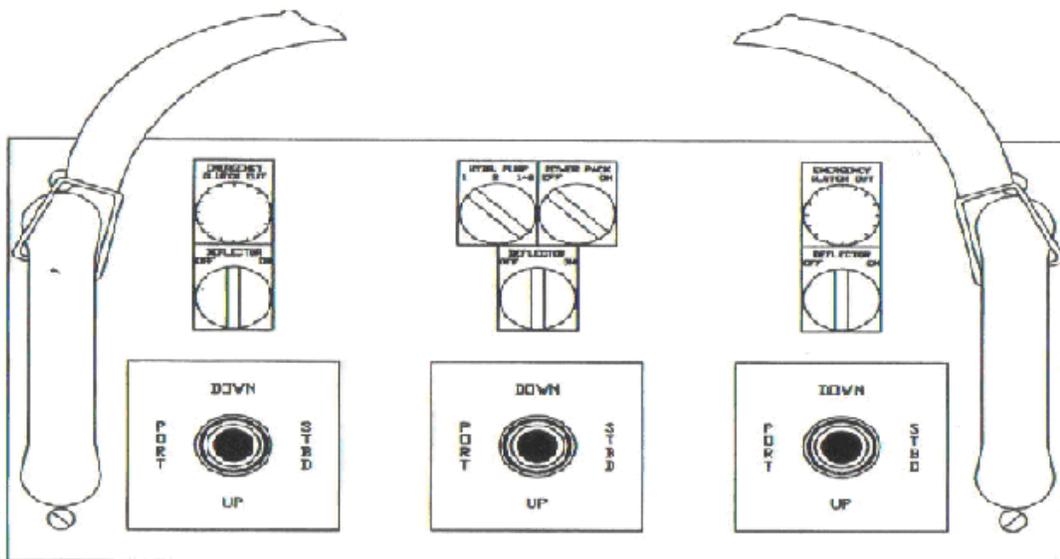


Figura 4.30: Joystick de maniobra de monitores de agua.

#### 4.11 Funcionamiento en conjunto de los elementos del sistema FIFI

En esta sección se analizará en detalle el funcionamiento del sistema relacionando cada uno de sus componentes, enfatizando en las señales de gobierno entregadas o recibidas por el bloque central (PLC).

Es necesario entonces, hacer un análisis del esquema general del FIFI, considerando los elementos que participan directamente en la circulación de agua de mar desde la succión realizada por las bombas hasta su salida por los monitores.

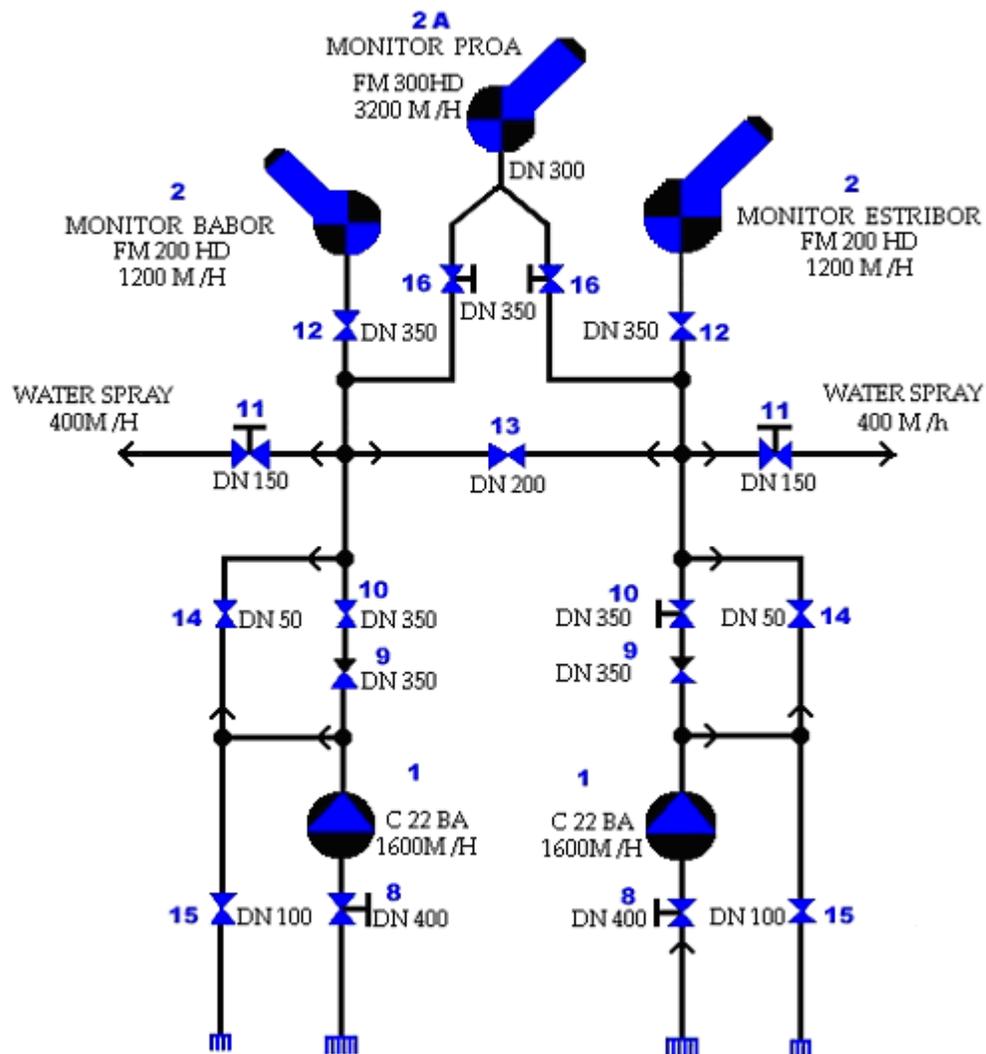


Figura 4.31: Esquema representativo de la circulación del agua en el FIFI y sus componentes.

En el esquema de la figura se tienen los siguientes elementos:

- 1) Bombas centrífugas.
- 2) Monitores de agua FM200HD.
- 2a) Monitor de agua FM300HD.
- 8) Válvulas entrada s.w. DN400: Son válvulas tipo mariposa equipadas con actuador hidráulico, switch de límite y operación manual de emergencia. Cumple la función de permitir el acceso del agua de mar a la bomba centrífuga.
- 9) Válvulas antiretorno DN350: Son válvulas que se ubican en el circuito después de las válvulas de descarga y su función es permitir el paso del agua solo en dirección hacia arriba.
- 10) Válvulas de salida bombas FIFI: son las válvulas de descarga ubicadas a las salidas de las bombas centrífugas (tiene las mismas características técnicas que la válvula DN400).
- 11) Válvulas para sistema water spray: permiten el paso del agua hacia los waters spray de babor y estribor.
- 12-16) Válvulas para monitores de agua: permiten cortar o permitir el paso de agua hacia los 3 monitores de agua del sistema.
- 13) Válvulas de paso para monitores: Esta válvulas se utilizan para permitir al sistema funcionar con una sola bomba y que el agua se distribuya en ambos lados del circuito.
- 14) Válvulas de paso DN50: Estas válvulas son accionadas en forma manual y permiten el paso del agua por otro lazo del circuito ayudando a la circulación del agua hacia los monitores, así como para la descarga de agua residual cuando el sistema deja de utilizarse.

15) Válvula de salida DN100: Estas válvulas permiten la salida del agua residual y también se pueden accionar cuando existe demasiada presión de agua en el sistema.

#### **4.11.1 Descripción de las señales principales de entrada y salida al PLC**

Al PLC entran y salen distintas señales desde o hacia los componentes principales del sistema, estas son las que intervienen directamente en la partida del FIFI y además se tienen distintas señales de alarma que provienen desde todos los componentes del sistema. En la figura 4.32 se muestran en resumen las señales que entran o salen desde el PLC:

- Desde el panel MIMIC entran las señales que condicionan el arranque del sistema y señales de apertura/cierre de válvulas. Además desde el PLC salen hacia el MIMIC las señales de monitoreo de válvulas y las alarmas provenientes de las gear box.
- Señales de gobierno del joystick de control de monitores de agua.
- Señales de salida hacia las válvulas de los monitores de agua.
- Señales de partida y de alarma de las gear box.
- Señales de monitoreo de las bombas de aceite de las gear box.
- Señales de estado desde los actuadores de las válvulas FIFI.
- Señales de estado desde los motores principales y señales de poder disponible para el arranque.
- Señales de estado y arranque del power pack hidráulico.

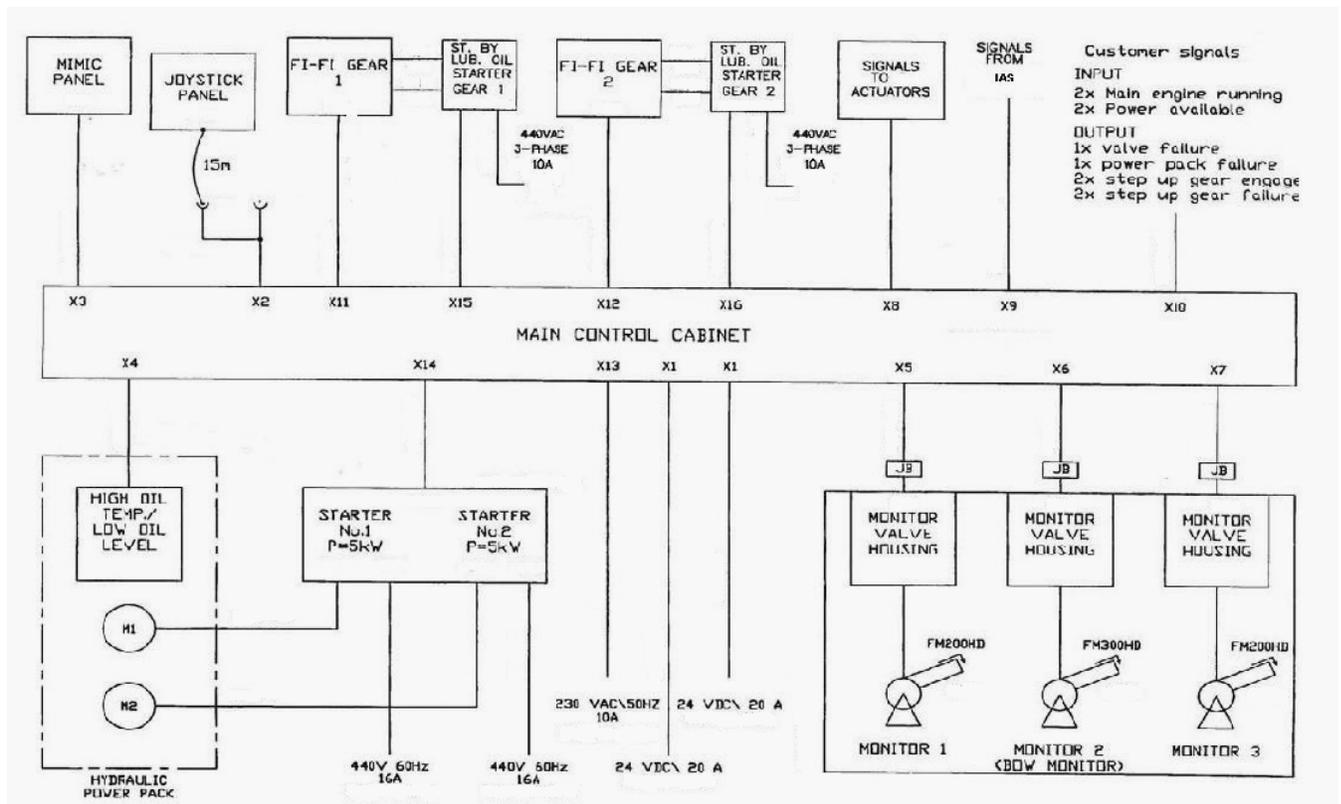


Figura 4.32: Diagrama eléctrico general del sistema FIFI.

#### 4.11.2 Arranque del sistema FIFI

Primero que nada debemos considerar que el motor principal está en marcha, independientemente si la caja está enganchada o no y este debe estar bajo ciertas condiciones mínimas para que se realice el acople de la gear box, o sea debe estar bajo una cierta velocidad de giro que es de 600 rpm. En principio se realiza un enganche a la caja muy similar a lo que hacemos en un automóvil al pasar cambios, la gran diferencia es que en el vehículo esta fuerza se transmite manualmente en cambio en el sistema FIFI se realiza mediante fuerza hidráulica ya que esta permite controlar grandes cargas.

Esta fuerza ejercida activa un solenoide que produce el clutch o enganche en la caja, esta señal de enganche es generada desde el PLC. A continuación se muestra un diagrama en bloque y se enumeran los pasos y condiciones que se deben realizar para la partida del FIFI:

## START UP PROCEDURE

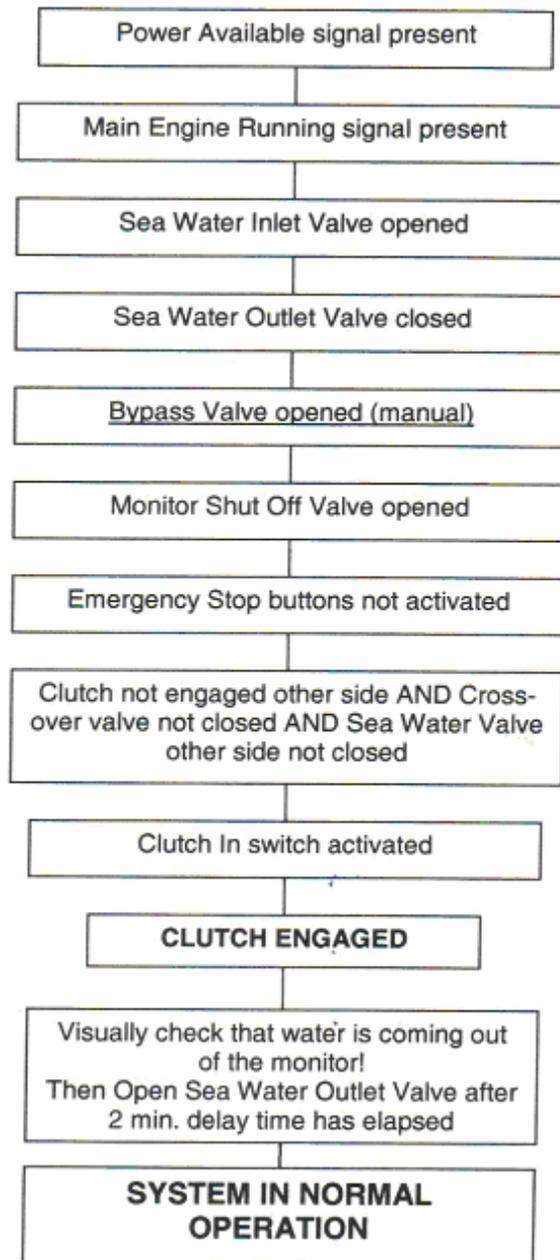


Figura 4.33: Diagrama en bloques del proceso de partida del sistema.

- 1) En primer lugar se debe encender el panel MIMIC y verificar si existe una señal de poder disponible desde el o los motores principales.
- 2) Una vez presente esta señal se tiene que el motor esta funcionando a las revoluciones requeridas (600 rpm).
- 3) Se debe abrir la válvula de entrada de agua de mar desde el MIMIC.
- 4) Se debe abrir la válvula de paso en forma manual.
- 5) Las válvulas de los monitores que se van a utilizar deben estar abiertas.
- 6) Verificar que las paradas de emergencia no estén activadas.
- 7) Se debe verificar que el enganche del otro lado del sistema no este activado y que las válvulas de paso y de entrada de ese lado del sistema no se encuentren cerradas.
- 8) Activar switch de enganche.
- 9) Enganche realizado (se indica en led)
- 10) Se debe chequear que el agua este saliendo por los monitores y abrir la válvula de salida de agua mar después de 2 minutos de tiempo transcurrido.
- 11) El sistema esta en operación normal.

La forma en que operan remotamente las válvulas s.w (agua de mar) es la siguiente: Se envía una señal de mando desde el MIMIC, luego es procesada por el PLC y este envía una señal de salida a un solenoide que a su vez hace actuar una válvula de control que entrega presión hidráulica al actuador de la válvula s.w, realizándose así la apertura o cierre de esta. Esta energía hidráulica es entregada por el power pack que debe estar operativo antes de comenzar con la

operación del FIFI (En el power pack siempre habrá presión por la acción de las bombas hidráulicas).

En las válvulas del sistema de agua de mar existe una realimentación o feedback el cual envía una señal a una de las entradas del PLC que indica efectivamente si la válvula se abrió o cerró. Esto se realiza físicamente en el actuador ya que este no solamente recibe una señal para ejecutar una acción sino que también envía una señal de comprobación hacia el PLC indicándole si esta acción efectivamente se realizó.

## CAPITULO V – CONCLUSIONES

- Queda en evidencia que en la industria marítima de hoy en día es necesario innovar en infraestructura, seguridad y tecnología de las embarcaciones de trabajo, esto conlleva a construir embarcaciones multipropósito que desempeñen variadas tareas, para así disminuir los costos de operación de estas.
- Una de las tareas del Maersk Dispatcher es el rescate y salvamento, por lo tanto debe contar con equipamiento propio que le permita controlar cualquier situación de riesgo en su interior, por esta razón se hace imprescindible la instalación de distintos sistema contra incendios ubicados estratégicamente y teniendo la posibilidad de ser accionados vía local o remota desde el puente de gobierno o sala de control de maquinas.
- Al estudiar la estructura de operación de sistema FIFI, se puede concluir que es un sistema electrónico semi – automatizado, ya que posee una parte de control manual mediante joystick y tablero MIMIC y una parte automatizada que sensa variables e indica alarmas si estas no se encuentran dentro de los rangos nominales.
- En el transcurso de este estudio se observa la gran variedad y capacidad de los controladores lógicos programables (PLC) existentes en el mercado, quedando en evidencia que esta tecnología no tiene limites en su desarrollo y se adapta a las necesidades especificas de cada empresa, por mas compleja que pueda parecer la labor a realizar.
- El FIFI en general ha sido desarrollado de tal forma que sea muy remoto que ocurra una falla que lo neutralice completamente, ya que siendo un sistema dual cuenta con distintas alternativas de funcionamiento en caso de alguna falla, lo que le permite operar en condiciones criticas.

- Por último, se puede decir que la única limitante de este sistema es que no es totalmente autónomo ya que depende del funcionamiento de al menos uno de los 2 motores principales del buque, para su operación. A su vez, con la experiencia de haber trabajado en terreno en la construcción de este buque se llega a la conclusión que es la única forma de entregar la potencia necesaria a las bombas centrifugas.
  
- De las tres formas de programación existentes para el PLC analizado, se puede concluir que la más práctica y sencilla de realizar es la que utiliza lenguaje de contactos o Ladder. Aunque la mas estructurada es el lenguaje SFC, pero resulta un poco mas compleja de aprender por el usuario.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### Textos

- [1] Ogata Katsuhito, Ingeniería de control Moderna, 3a. Ed. Prentice-Hall Hispanoamérica S.A., 1998.
- [2] Mandado Enrique, Autómatas Programables. Entorno y Aplicaciones, Paraninfo 2004.
- [3] Sánchez Martínez, Ángel Victoriano. Automatización industrial moderna, Alfaomega 2001.

### Manuales

- [4] Manual de instalación y operación del sistema FIFI, Aker – Kvaerner.
- [5] Manual de diseño buques AHTS, Moss Maritime.
- [6] Manual PLC familia Melsec FX, Mitsubishi
- [7] Manual programación Melsec Medoc Plus, Mitsubishi.
- [8] Manual de hidráulica y neumática, Área procesos industriales INACAP.

### Referencias Web

- [9] <http://www.barcos.com>
- [10] <http://www.incendiosyseguridad.com/>
- [11] [http://www.guiadelaseguridad.com.ar/canales\\_tecnicos\\_de\\_seguridad/proteccion\\_contra\\_Incendios](http://www.guiadelaseguridad.com.ar/canales_tecnicos_de_seguridad/proteccion_contra_Incendios)
- [12] <http://www.automatas.org>
- [13] [http://www.mitsubishi-automation.es/products/compactplc\\_FX2N](http://www.mitsubishi-automation.es/products/compactplc_FX2N)
- [14] [http://www.fifisystems.com/01\\_fifiSystem.htm](http://www.fifisystems.com/01_fifiSystem.htm)
- [15] <http://www.maintenanceworld.com/Articles/engresource/centrifugalpumps.pdf>
- [16] <http://www.savinobarbera.com/espanol/teoria.html>
- [17] [http://grupos.emagister.com/documento/lenguaje\\_de\\_programacion\\_ladder/1419-96327](http://grupos.emagister.com/documento/lenguaje_de_programacion_ladder/1419-96327)

## ANEXO

### Glosario de términos y siglas utilizados en este trabajo

#### A

**AHTS:** (Anchor Handling tug suply) buque para maniobras de remolque y abastecimiento.

**Álabe:** Cada una de las paletas curvas de una rueda hidráulica o de una turbina.

**ALU:** (Arithmetic Logic Unit) Unidad Lógica Aritmética.

**API:** Autómata programable industrial.

#### B

**Babor:** Lado izquierdo de la embarcación, vista de popa a proa.

**Borda:** Canto superior del costado de un buque.

#### C

**Calado:** es la distancia vertical entre un punto de la línea de flotación y la línea base o quilla.

**Casco:** Cuerpo de la nave exceptuando el aparejo y las máquinas.

**Cavitación:** La cavitación o aspiración en vacío es un efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciéndose una descompresión de esta.

**Codaste:** Es un elemento estructural que continúa la quilla en la popa.

**CPU:** (Central processor unit) Unidad central de procesos.

**Cubierta:** Son los pisos o suelos del buque.

**Cubierta Principal:** Es la plataforma más alta, corre sin interrupciones de proa a popa y se encuentra en contacto con el exterior.

#### D

**DGPS:** (Differential global position system) Sistema de posicionamiento dinámico diferencial.

**DPS:** (Dinamic position system) Sistema de posicionamiento dinámico.

#### E

**ECDIS:** (Electronic chart display and information system) Sistema de información y visualización de la carta electrónica.

**Eslora:** Es la medida de un buque tomada a su largo, desde la proa hasta la popa.

**Eslora entre perpendiculares:** La distancia entre las perpendiculares trazadas tangencialmente a proa y popa a la superficie de flotación de máxima carga.

**Estribor:** Lado derecho de la embarcación, vista de popa a proa.

## F

**FIFI:** Fire Fighting System o sistema de combate de fuego.

## G

**Gear box:** Caja de enganche o embrague, que acopla la bomba centrífuga al motor principal del buque.

**GMDSS:** (Global maritime distress safety system) Sistema mundial de socorro y seguridad marítimos.

## I

**IMO:** (International Maritime Organization) Organización Marítima Internacional.

## L

**Lloyd's Register of Shipping:** Sociedad de clasificación y organización de análisis de riesgos de ámbito marítimo.

## M

**Manga:** Es el ancho del buque.

**MARPOL:** Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques.

**MCR:** (Maximum continuous regimen): Máximo régimen continuo en el que puede funcionar un motor.

**MIMIC:** Tablero de accionamiento y monitoreo del sistema FIFI.

**Monitor de agua:** Dispositivo cilíndrico de gran envergadura capaz de expulsar agua a una gran presión.

**P**

**PID:** (Proporcional integral derivativo), un sistema de control de regulación automática.

**PLC:** (Programmable Logic Controller) Controlador lógico programable.

**Popa:** Parte trasera de una embarcación.

**Power pack:** Sistema de poder hidráulico o unidad hidráulica de poder.

**Proa:** Parte delantera de una embarcación.

**Q**

**Quilla:** Pieza de madera o hierro que va de popa a proa por la parte inferior del buque y en el que se asienta todo su armazón.

**R**

**Riel DIN:** Elemento para fijación de componentes eléctricos.

**Roda:** Pieza gruesa y curva, de hierro o de madera, que forma la proa de la nave.

**S**

**Satcom – F:** Sistema de comunicación vía satélite.

**SFC:** (Sequential function chart) Lenguaje de programación secuencial para PLC.

**SOLAS:** (Safety of life at sea) Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar.

**T**

**Timón:** Pieza de madera o hierro, a modo de gran tablón, que articulada verticalmente sobre el codaste de la nave, sirve para gobernarla.

**W**

**Water Spray:** Agua pulverizada, dispositivo que arroja el agua en forma de lluvia o rocío.