



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA, MÁQUINAS  
Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

## **TRABAJO FIN DE GRADO**

DESCRIPTIVA, FUNCIONAMIENTO Y AVERÍAS DEL BUQUE  
F/F BONANZA EXPRESS

ALEJANDRO COELLO CHINEA  
JULIO 2015



Dr. Don Federico Padrón Martín, Profesor Ayudante Doctor perteneciente al Departamento de ciencias de la Navegación, Ingeniería marina, Agrícola e Hidráulica de la Universidad de la Laguna certifica que:

Que D. Alejandro Coello China, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado, titulado : Descriptiva, funcionamiento y averías del buque F/F Bonanza Express.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado en Santa Cruz de Tenerife, a fecha 12 de Junio de 2015.



Federico Padrón Martín

Director del trabajo



Don Servando Luis León , Profesor Asociado perteneciente al Departamento de ciencias de la Navegación, Ingeniería marina, Agrícola e Hidráulica de la Universidad de la Laguna certifica que:

Que D. Alejandro Coello China, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado, titulado : Descriptiva, funcionamiento y averías del buque F/F Bonanza Express.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado en Santa Cruz de Tenerife, a fecha 12 de Junio de 2015.



Servando Luis León  
Director del trabajo



### ***AGRADECIMIENTOS:***

*Me gustaría agradecer el apoyo incondicional que me han ofrecido mis padres a lo largo de todos estos años y que sin ellos esto no hubiera sido posible.*

*También me gustaría agradecer sobre todo, la ayuda prestada por los oficiales del buque, los cuales me ayudaron y orientaron a lo largo de los meses que estuve a bordo del Bonanza Express, así como al resto de la tripulación y a los directores de este trabajo fin de grado.*

*A todos ellos gracias.*





## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>7</b>
<b>3. REVISIÓN Y ANTECEDENTES</b>	<b>11</b>
3.1. Características principales del buque	12
3.2. Carta de lubricación	14
3.3. Descripción por cubierta	15
3.3.1. Cubierta magistral	15
3.3.2. Cubierta de puente	15
3.3.3. Sala de electrónica	16
3.3.4. Cubierta de pasaje	16
3.3.5. Cubierta de garaje	17
3.3.6. Antesala	18
3.3.7. Sala de máquinas	19
3.3.8. Sala de jets	20
3.4. Sistemas de propulsión y gobierno	21
3.5. Descripción motores principales	29
3.5.1. Circuito de combustible	33
3.5.2. Circuito de lubricación	36
3.5.3. Circuito de refrigeración	39
3.5.4. Circuito de arranque/admisión/escape	41
3.5.5. Sistemas de protección del motor	43
3.6. Sistemas auxiliares	45
3.6.1. Descripción motor y alternador	45
3.6.2. Sistema de corriente continua	49
3.6.3. Sistema de corriente alterna	49
3.6.4. Acople de generador al cuadro eléctrico	50
3.7. Sistema de CO <sub>2</sub> sala de máquinas	51
3.7.1. Secuencia de disparo de CO <sub>2</sub> desde el puente	52
3.7.2. Secuencia de disparo manual de CO <sub>2</sub> desde la antesala	52
3.7.3. Secuencia de disparo de CO <sub>2</sub> desde la antesala	53
3.7.4. Secuencia de operación intercomunicación del CO <sub>2</sub> Br/Er	53

<b>4. METODOLOGÍA</b>	<b>57</b>
4.1. Metodología	57
4.1.1. Documentación bibliográfica	57
4.1.2. Metodología del trabajo de campo	57
4.2. Marco referencial	57
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>61</b>
5.1. Averías	
5.1.1. Mantenimiento turbosoplantes motor principal	61
5.1.2. Overhaul bomba contra incendios	65
5.1.3. Sustitución tramo de colector de escape motor principal	66
5.1.4. Rotura plato de acople bomba PTO	67
5.1.5. Cambio de enfriador de aire de barrido motor principal	68
5.1.6. PIME Culata 1A	69
5.1.7. Cambio de pernos T-Foil	72
5.1.8. Inspección de rotabolt	73
5.1.9. Motor Auxiliar nº2 sustitución de culata	74
5.1.10. SIME válvula termostática	77
5.1.11. Cambio obturadores sello bocina	78
5.1.12. Sistema hidráulico de proa	79
5.1.13. Reparación waterjets babor	80
5.1.14. Sistema hidráulico de popa	83
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>87</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>91</b>





***I. INTRODUCCIÓN***



## **1. INTRODUCCIÓN**

Este trabajo trata sobre el buque F/F Bonanza Express, buque en el que realicé parte de mis prácticas como alumno de máquinas.

El “Bonanza Express”, fue entregado en febrero de 1999 al puerto de Santa Cruz de Tenerife, después de un largo viaje desde Australia, vía cabo de Buena Esperanza.

Está propulsado por cuatro motores Ruston 20RK270, que suman una potencia de 28.320kW y accionan igual número de water jets.

El propósito del trabajo es realizar una descriptiva y funcionamiento de los equipos del buque.

En el capítulo dos de este trabajo están expuestos los motivos que me propuse en este trabajo.

En el capítulo tres se realiza una breve descriptiva por cubierta y funcionamiento básico de algunos sistemas del buque.

En el capítulo cuatro se recoge el procedimiento para la elaboración de este trabajo

En el capítulo cinco de este trabajo se comentan una serie de averías y/o mantenimiento del buque durante los 6 meses a bordo del Bonanza Express.

En el último capítulo se exponen las conclusiones a las que he llegado tras realizar este trabajo.



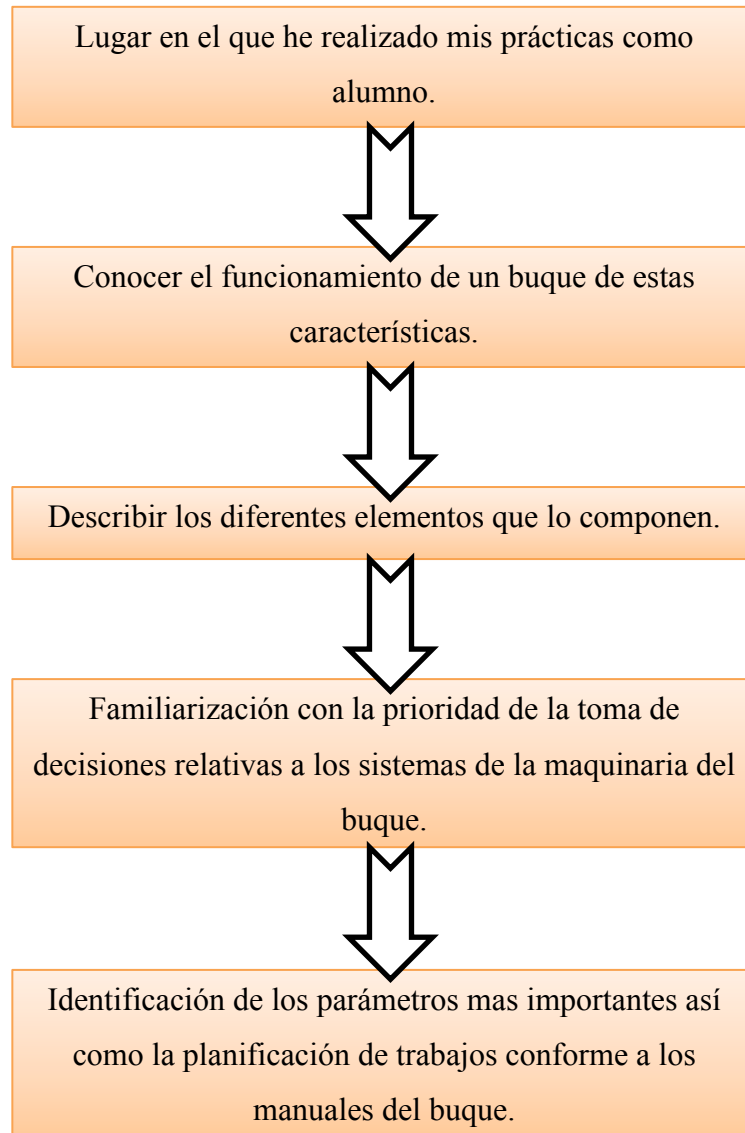


***II. OBJETIVOS***



## 2. OBJETIVOS

Los objetivos que me han llevado a realizar este trabajo son:





***III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES***



### 3. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

El catamarán de alta velocidad de Fred. Olsen Express, el F/F Bonanza Express ha navegado en varias líneas: Santa Cruz de Tenerife-Agaete, La Gomera-Los Cristianos, El Hierro-Los Cristianos y Las Palmas-Morro Jable, en la que se encuentra desde agosto de 2012. Es de destacar que en el caso de El Hierro fue el primer buque de su clase que llegó a la isla. [1]

Entre abril y julio de 2001 atendió la línea Miami-Grand Bahama, en un proyecto en el que no obtuvo el resultado esperado.

El buque 051 de Incat es el segundo de una serie de seis barcos de 96 metros de eslora del citado fabricante. [1]

En concreto se trata de un barco "Wavepiercing Catamaran", tiene 95,47 metros de eslora, 26,16 metros de manga y 3,70 metros de calado.[1]

Su puesta en marcha de la mano de Líneas Fred. Olsen significó un paso adelante en el transporte marítimo canario, introduciendo por primera vez el concepto de fast-ferry en nuestro Archipiélago.

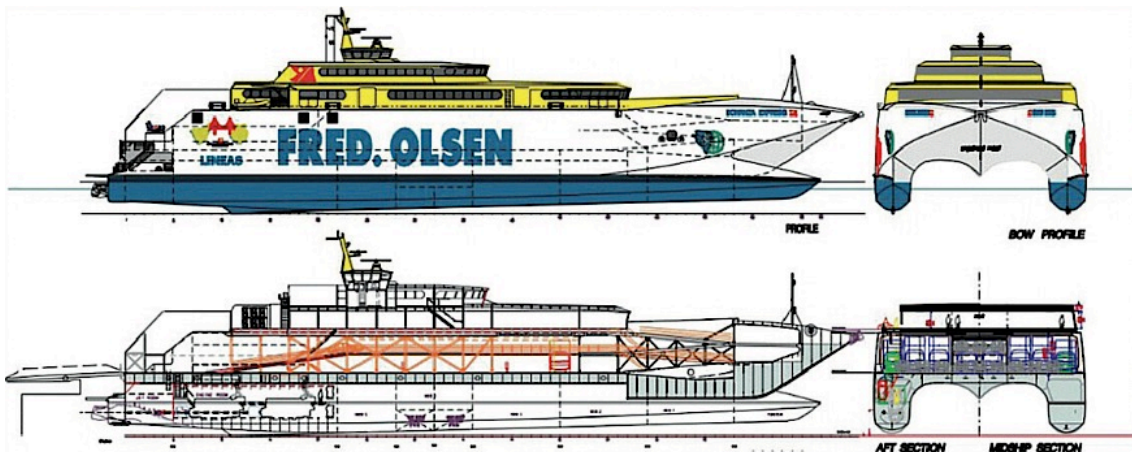
Hoy en día, el barco Bonanza Express une diariamente la capital de Gran Canaria con el puerto de Morro Jable en Fuerteventura.[1]



*Ilustración 1: F/F Bonanza Express [1]  
Fuente: Archivo fotográfico*

### 3.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE [2]

Nombre del buque	Bonanza Express
Tipo	Catamarán Wave Piercing de gran velocidad
Constructor	InCat. Tasmania Pty Ltd.
Nº construcción	051
País de construcción	Australia
Año de construcción	1998
Propietario	Marítima de Fast Ferries, S.A.
Explotador	Fred Olsen, S.A.
Matricula	TE-1-10-99
Puerto de registro	Santa Cruz de Tenerife
Número OMI	9200225
Número máximo de pasajeros	717
Número total de tripulantes	16
Material del casco	Aluminio
Carga rodada coches	230 coches
Carga rodada mixta	80 coches + 330m lineales camiones
Eslora total	95,47m
Manga total	26,160m
Calado máximo	4,030m
Puntal	7,693m
Arqueo bruto (GT)	5528
Arqueo neto (NT)	2017
Propulsión	4 waterjets con motores diésel
Potencia máxima	4x7090kW a 1030rpm
Velocidad máxima	42nudos



*Ilustración 2: F/F Bonanza Express  
Fuente: Manuales del buque [2]*



DISPOSICIÓN DE VOIDS, SALA DE MÁQUINAS Y SALA DE JETS [3]

VOID1	Sistema hidráulico de proa y T-foils
VOID2	Sistema contraincendios
VOID3	Tanques de largo recorrido
VOID4	Tanques de combustible MMPP, tanque combustible MMAA de emergencia
VOID5	Tanque de aceite, tanque agua dulce (Br), tanque séptico (Er)
Sala de máquinas	Motores principales y motores auxiliares
Sala de Jets	Sistema hidráulico de popa y T-tabs

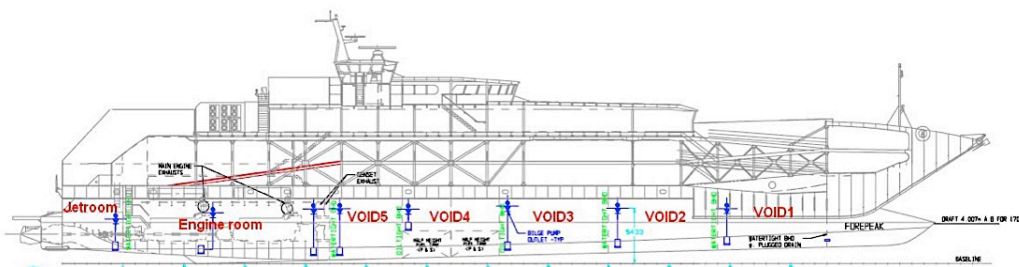


Ilustración 3: F/F Bonanza Express  
Fuente: Manuales del buque [2]

El buque es un catamarán, tipo wave piercing, construido en aluminio. En el extremo de la proa, en crujía, dispone de un casco central que habitualmente está fuera del agua, cuya misión es aportar desplazamiento adicional en condiciones extremas de cabeceo, evitando así los pantocazos [4].

Restricciones a la navegación:

1. El buque no podrá navegar con pasajeros cuando la previsión de altura de ola significativa sea superior a 4,00 m.
2. El buque deberá regresar a puerto, navegando con pasajeros a bordo, cuando la altura de ola significativa sea superior a 5,00 m.
3. El buque no podrá navegar cuando la velocidad del viento sea superior a 46 nudos.
4. Se limita la velocidad máxima del buque en función de la acción combinada del oleaje y de la velocidad del
5. viento.

Límites de velocidad del buque en función de la acción del oleaje y del viento [4]

Altura significativa del oleaje ( $h_s$ )	Velocidad máxima
$h_s < 2,90m$	40 nudos
$2,90m < h_s < 3,80m$	35 nudos
$3,80m < h_s < 4,30m$	32 nudos
$4,30m < h_s < 5,00m$	30 nudos
$h_s > 5,00m$	Cambiar rumbo o ir a refugio

CAPACIDADES DEL BUQUE [3]

Capacidad máxima de combustible	174878L
Tanque combustible largo recorrido	2x196000L
Capacidad combustible MMAA emergencia	2x856L
Tanque agua dulce	5000L
Tanque agua sucias	5000L
Agua dulce refrigeración MMPP	4x1500L
Agua dulce refrigeración MMAA	4x50L
Aguas oleosas	2x200L
Tanques hidráulicos de popa	2x400L
Tanques hidráulicos reserva popa	2x50L
Tanques hidráulicos proa	2x100L
Tanque de aceite de lubricación MMPP	2x470L

3.2. CARTA DE LUBRICACIÓN [3]

ACEITES

Castrol MDX 154	Cárter y reguladores MMPP
Shell Gadina Oil 40	Reductoros MMPP
Castrol Seamax Super Plus	MMAA
Castrol Hyspin AWH-M46	Hidráulicos
Castrol Alpha 150	Reductoros maquinillas
Atlas Copco	Compresor aire arranque

GRASAS

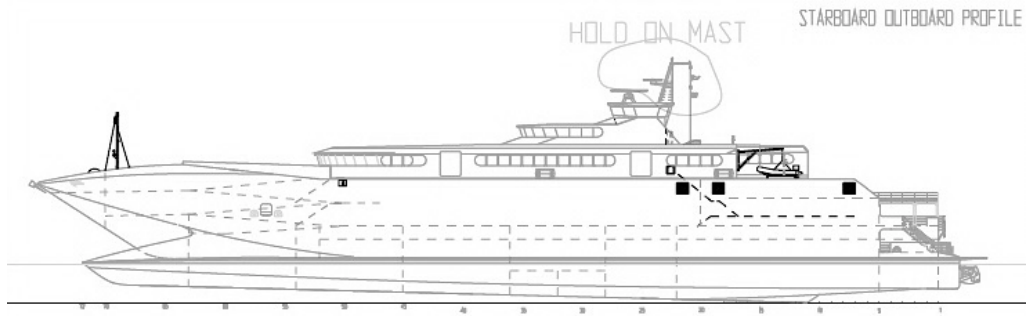
Castrol Sheerol APX-T	Maquinillas
Rocol Tufgear 90	Sellos de ejes y cojinetes esféricos
Castrol Sheerol SX2	Lubricación general interna y articulación T-Tabs

### 3.3. DESCRIPCIÓN POR CUBIERTA

A continuación una breve descriptiva por cubierta con sus elementos mas representativos.

#### 3.3.1. Cubierta magistral

La cubierta más alta del buque donde se encuentran ubicadas las antenas de los radares.

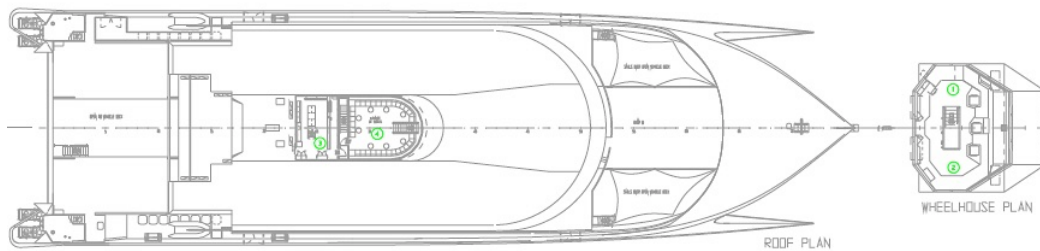


*Ilustración 4: F/F Bonanza Express  
Fuente: Manuales del buque [2]*

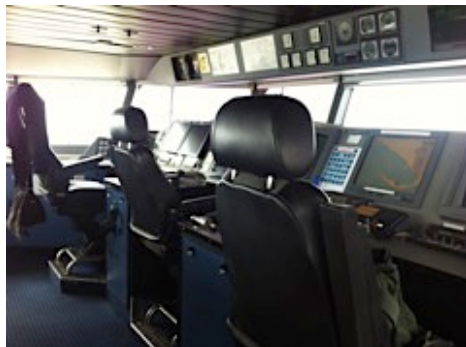
#### 3.3.2. Cubierta de puente

A proa se encuentra el puente de mando donde podemos encontrar los equipos de navegación y equipos electrónicos.

Unidades condensadoras, antenas de equipos de comunicaciones , luces de navegación.



*Ilustración 5: F/F Bonanza Express  
Fuente: Manuales del buque [2]*



*Ilustración 6: Puente de mando  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 7: Puente  
Fuente: Trabajo de campo*

### 3.3.3. Sala electrónica (cuadros y equipos)

Situada dentro del puente a distinta altura, encontramos los siguientes equipos [3]:

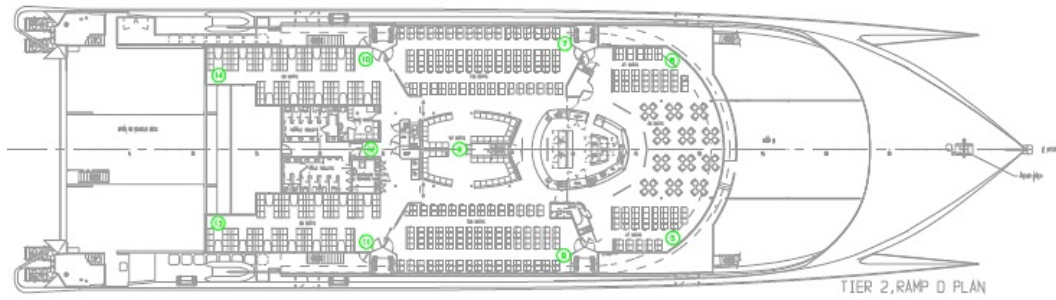
Cuadro de sistema de control de instrumentos	Cuadro de corriente continua ISIS
Cuadro de control de bocina	Cuadro de corriente continua Radio
Central de gobierno	Baterías de la Radio
Cuadro del GPS	Cargador baterías Radio
Cuadro de luces de navegación	Baterías cuadro CC esencial
Cuadro de distribución normal	Cargador baterías CC esencial
Cuadro de distribución esencial	Baterías cuadro CC normal
Cuadro de corriente continua normal	Cargador baterías CC normal
Cuadro de corriente continua esencial	Giroscópica
Panel Talkback	Panel control CO <sub>2</sub>
Panel alarmas de fuego	Planos buque
Panel Ride Control	Panel de control de velocidad viento
Cuadro de alarmas ALU 1.9	Equipos contra incendios



*Ilustración 8: Cuadros sala de electrónica  
Fuente: Trabajo de campo*

### 3.3.4. Cubierta de pasaje

La cubierta está dividida en salones, salón de proa, salón central, y salón de popa a ambos lados de los salones de proa y de popa se encuentra el acceso desde el garaje.

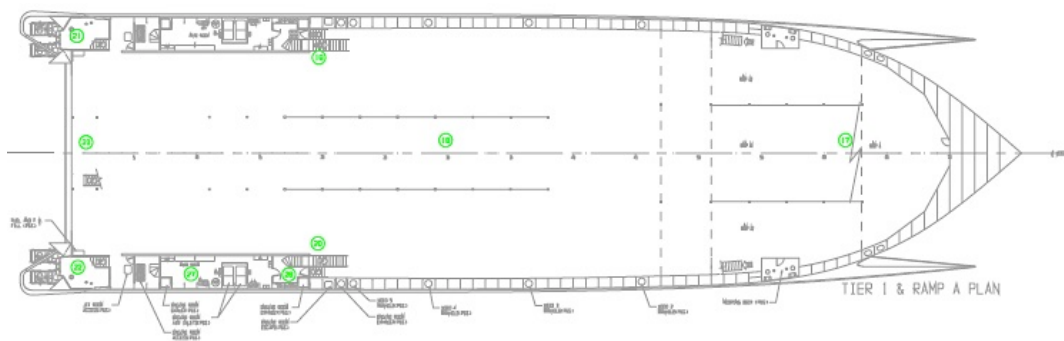


*Ilustración 9: F/F Bonanza Express  
Fuente: Manuales del buque [2]*

La cubierta de pasaje forma la superestructura que esta montada de modo flexible sobre el casco y soportada por las columnas tipo puerta y la estructura de refuerzos cruzados.

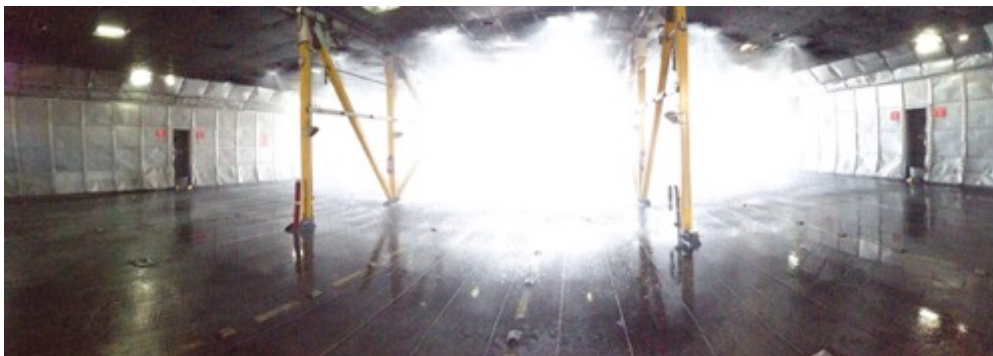
### 3.3.5. Garaje

Es una cubierta única sin mamparos estancos con columnas de acero para aumentar la resistencia estructural en caso de incendio.



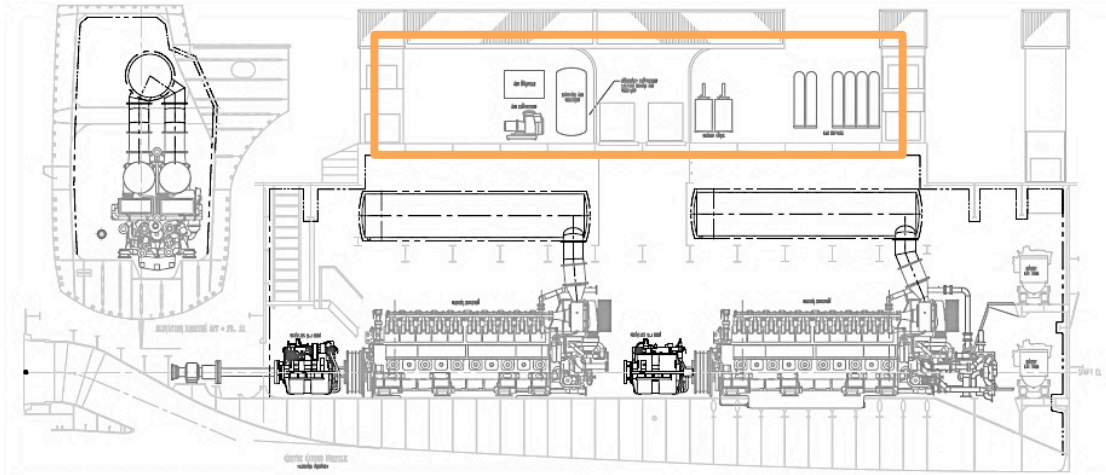
*Ilustración 10: Garaje  
Fuente: Manuales del buque [2]*

A popa de cada banda se encuentran las tomas para consumo de combustible, tomas de agua dulce y descarga de aguas oleosas.



*Ilustración 11: Garaje  
Fuente: Trabajo de campo*

3.3.6. Antesala



*Ilustración 12: Antesala, sala de máquinas y sala de jets  
Fuente: Manuales del buque [2]*

Cierres manuales de los damper SM	Cuadros de distribución Normal y Esencial
Cuadros de CC	Tanques de compensación agua dulce MMPP
Cuadros de los generadores Aux.	Cuadro de acople de los MMAA
Cuadro de alarmas Alu 1.5	Cuadro de cierre/apertura válvulas combustible
Baterías reguladores de los MMPP	Local de botellas de CO <sub>2</sub>
Compresor aire MMPP y MMAA	Un extractor de aire de la SM



*Ilustración 13: Panel control MA  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 14: Sistema neumático  
Fuente: Trabajo de campo*



### 3.3.7. Sala de máquinas

El acceso a la sala de máquinas es a través de las antesalas con una salida de emergencia a proa de la sala de máquinas que da al garaje.

2 motores principales	Filtros primarios y secundarios gas-oil
2 motores auxiliares	Filtros aspiración agua salada
2 reductoras	Enfriadores agua/aceite MMPP
2 ejes de cola	Enfriadores aire de barrido
Cuadros de arranque/parada MMPP	Bombas pre-lubricación
Cuadro arranque/parada bombas prelubricación y refrigeración y calentador agua refrigeración	Bomba trasiego aguas oleosas (1 por sala de maquinas)
Válvulas de limpieza a contraflujo reductoras	Bomba de sentinas (2 por sala de maquinas)
Válvulas limpieza a contraflujo enfriadores de placas	Tanque de lodos
Cuadro alarmas ISIS	Extractores de aire
Rociadores contra incendios	Válvulas CO <sub>2</sub> y extintores



*Ilustración 15: MP  
Fuente: Trabajo de campo*

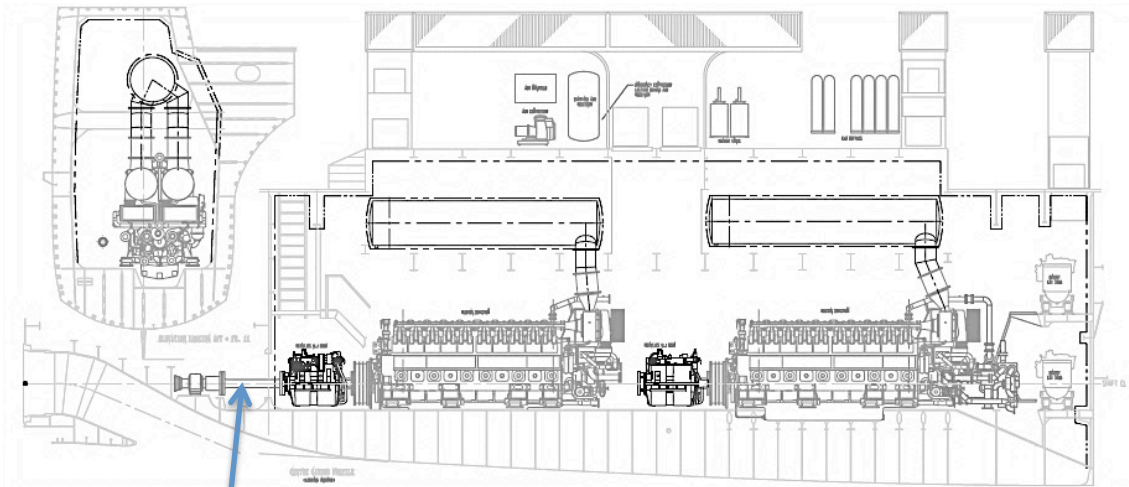


*Ilustración 16: MP (cámara térmica)  
Fuente: Archivo fotográfico del barco*

La imagen tomada con la cámara térmica se realizó por motivo de altas temperaturas a proa de la sala de máquinas, se descubrieron problemas en tramos del colector de escape en el motor principal.

**3.3.8. Sala de Jets**

2 bombas hidráulicas eléctricas	Caja de conexiones
1 bomba hidráulica acoplada a MMPP	LVDT
Tanque de aceite hidráulico	Bombas de sentinas
Silenciadores hidráulicos	Tacómetros ejes de cola
Acumulador hidráulico	Circuito cerrado de televisión
Pistón hidráulico T-tab	Maquinilla hidráulica cabestrantes
Válvulas solenoide T-tab	Indicadores posición steering y bucket
Ejes de cola y respectivos cojinetes	Cajas de conexiones T-tabs, steering y maquinillas



*Ilustración 17: Sala de jets  
Fuente: Manuales del buque [2]*

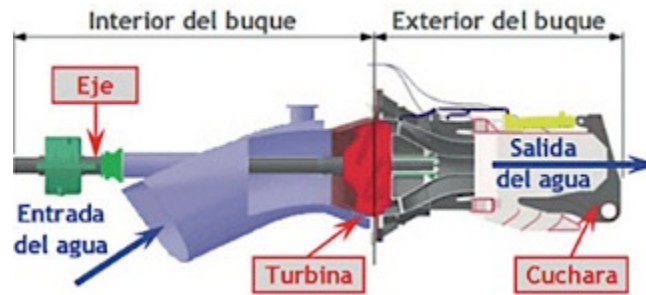
SALA DE JETS

Los accesos a estos departamentos se encuentran a la salida de las antesalas de máquinas y están al mismo nivel que la sala de máquinas, hay una por cada banda y también son simétricas.



### 3.4. SISTEMAS DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO

La propulsión y el gobierno del buque Bonanza Express se realizan con cuatro waterjets dispuestos simétricamente, dos en cada casco del catamarán.



*Ilustración 18: Sección Waterjet*

*Fuente: Informe técnico A06/2011 Ministerio de fomento [4]*



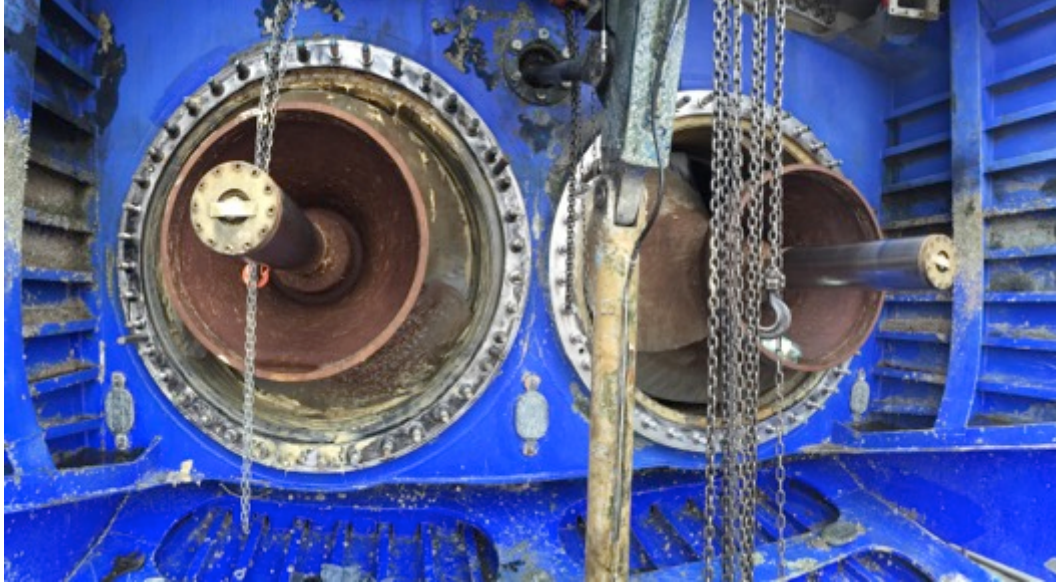
*Ilustración 19: Desmontaje waterjet*

*Fuente: Trabajo de campo*

En los waterjets, la turbina impulsa agua de mar, que toma del fondo del buque, que es expulsada al exterior por una tobera en la popa. Cada tobera dispone de una pieza, denominada cuchara, que pivotando sobre un eje transversal cambia el ángulo de

incidencia del chorro de agua sobre ella, modificando la velocidad e incluso invirtiendo la marcha. [4]

Cada waterjet es capaz de desplazar una cantidad de  $18\text{m}^3/\text{seg}$ .



*Ilustración 20: Hélices waterjet  
Fuente: Trabajo de campo*

El extremo de cada tobera puede girar alrededor de un eje vertical mediante un sistema de dirección hidráulico, que permite el gobierno del buque, actuando como timón.



*Ilustración 21: Esquema hidráulico waterjet  
Fuente: Informe técnico A06/2011 Ministerio de fomento [4]*

Para conseguir estabilización durante la navegación a alta velocidad y reducir los movimientos del buque, éste dispone de:

- Los T-Foils situados a proa en los voids 1 tienen forma de T invertida y en su parte inferior un flap que es movido a través de un actuador hidráulicamente.



*Ilustración 22: T-Foil Estribor  
Fuente: Trabajo de campo*

- Los Trim-Tabs situados a popa en la sala de jets son unos perfiles situados debajo de las toberas de salida de los chorros de los waterjets, que mediante un accionamiento hidráulico pueden modificar su ángulo, lo cual les permite atacar para conseguir mayor estabilidad en el buque.[5]



*Ilustración 23: Actuador del Trim-Tab  
Fuente: Trabajo de campo*





*Ilustración 24: Trim-Tab  
Fuente: Trabajo de campo*

La acción combinada de los T-Foils de la proa y los T-Tabs de la popa permite generar fuerzas y momentos adecuados para reducir los movimientos del buque y aumentar su estabilidad.

Si bien estos elementos son parte del sistema de gobierno, su posición influye en la capacidad del buque para maniobrar, cuando se pasa a modo de maniobra los T-Tabs tienen que estar completamente estibados para poder pasar a Backup (modo manual) es una del condición del sistema, el cambio de una consola de gobierno a la otra se efectúa mediante un mando de transferencia y otro de aceptación. [5]

Cuando se desea cambiar de consola, se activa el mando de transferencia de la consola de navegación, que actúa como maestra, y se acepta el de la consola de maniobra desde la que se quiere gobernar, tras haber sincronizado ambas consolas. [6]

Tanto la estabilización de popa como el gobierno del buque forman parte del mismo sistema hidráulico de popa.

El movimiento del buque es medido por sensores electrónicos, situados bajo la cubierta del garaje, formado por giróscopo, inclinómetro y un acelerómetro, situados en los ejes longitudinales, laterales y transversales.

El ECU es un microprocesador que se encarga de controlar los movimientos del buque por medio de un sistema electro-hidráulico que comanda al sistema de T-Foils y T-Tabs.

Básicamente el ECU compara valores de la posición actual con la posición anterior y si hay una diferencia con el valor anterior se corrige mandando una señal a las electroválvulas que controlan el sistema para reposicionar el buque.

Los movimientos del T-Foil y el T-Tab pueden ser monitorizados sobre la unidad de display y sobre los paneles de control manual que están montados en el puente [6].

- Sensores de control:
  - Índice de cabezada
  - Índice de balance
  - Inclinómetro
  
- Sensores del monitor:
  - Tres acelerómetros dentro del sensor de movimiento, contiene sensores individuales que miden el grado de cabezada y balance respecto a una posición fija de la quilla.

El sistema consta de:

- *Unidad de display*: Monitorización de la operación del sistema de la nave.
  
- *Unidad de control T-Foil*: Contiene indicadores de posición de los flaps así como controles de override, permite la operación individual de cada T-Foil.
  
- *Unidad de control T-Tab*: Contiene indicadores de posición de los T-Tabs, controles de override y permite la operación individual de cada T-Tab.

Los waterjets están dispuestos en dos parejas, una en cada casco. Cada pareja de waterjets tiene sus toberas de steering unidas mecánicamente por una barra de enlace rígida la cual permite los siguientes ángulos:

Waterjet	Babor	Estribor
Babor/Estribor exteriores	30°	30°
Babor interior	30°	21,4°
Estribor interior	21,4°	30°

Los ángulos máximos están sujetos a limitaciones. Las reducciones del ángulo máximo permitido ocurre a partir de una cierta velocidad, de modo que a máxima velocidad del barco los ángulos máximos quedan limitados aproximadamente a 20 grados. En modo piloto automático, puede haber otras limitaciones.[6]

Cada waterjet está movido por un motor diesel a través de una reductora.



Ilustración 25: Panel de control del jefe de máquinas  
Fuente: Trabajo de campo

La hidráulica para el control de las bucket y del steering en cada casco viene dada por un sistema hidráulico común por casco.

Este sistema se alimenta mediante dos bombas eléctricas (activadas en el panel de arranques/paradas de la consola de control del jefe de máquinas o antesala de máquinas) y una PTO instalada en la reductora del waterjet interior . Por tanto la PTO está operativa siempre que el motor del waterjet interior está en marcha. La salida de la PTO se puede cortar mediante un pulsador especial en el panel de arranques y paradas. Este pulsador se suele usar cuando hay una fuga hidráulica a la salida de la bomba [6].

Cada una de las bombas anteriores tiene su propio presostato que indica que hay presión disponible para el sistema (>70 bar) y lo muestra mediante luces en el panel de arranques/paradas. La salida de la PTO se considera igual a la de las dos bombas eléctricas a aproximadamente a 400 rpm del motor.

También están incluidos presostatos de la PTO y en el bloque de válvulas principal, ambos fijados a 140 bar. Las indicaciones de estas presiones se ven también en el panel de arranques/paradas.

Otros usos del sistema hidráulico común son: flaps de popa, pescantes de botes y cabrestantes de popa. En todo caso la prioridad del uso de la hidráulica la tiene siempre el sistema de control del steering.[6]

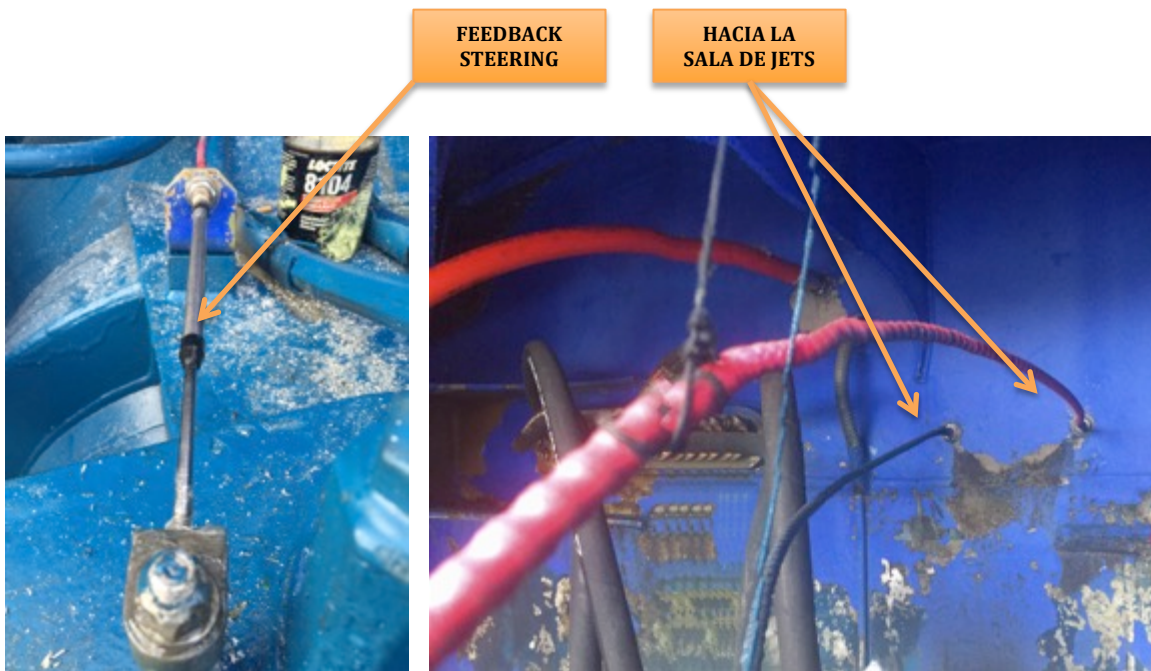
Con el motor en marcha y antes de embragar, se deben de cumplir las siguientes condiciones [5]:

- Los Trim-Tabs deben de estar arriba. En el caso de que los Trim-Tabs no estén totalmente arriba, pero se quiera saltar esta condición, se puede mantener pulsado el botón 'Clutch Block' para permitir la conexión del embrague.
- El sistema hidráulico debe de estar operativo, con indicación de presión en una bomba y la indicación de presión del sistema disponible para ese casco.
- La posición del bucket debe de ser 0.
- El regulador no permite la conexión del embrague si la velocidad del motor es superior a 400 rpm.

Las señales de feedback de los waterjets representan la señalización y el control del steering y del bucket de cada jet. Por un tema de seguridad, estas señales están duplicadas, de modo que tenemos señales para el control y señales para el sistema de indicación independientes [5].

Los elementos de feedback que intervienen en los waterjets son los siguientes [6]:

- Un cable mecánico de feedback por cada jet, que transmite la posición de steering a los transductores.
- Un cable mecánico de feedback por cada jet, que transmite la posición de la cuchara a los transductores.
- Un transductor (LVDT) de feedback de cuchara para el control en todos los jets.
- Un transductor (LVDT) de feedback de cuchara para la indicación en todos los jets.
- Un transductor (LVDT) de feedback de steering para el control en los jets exteriores
- Un transductor (LVDT) de feedback de steering para la indicación en todos los jets.

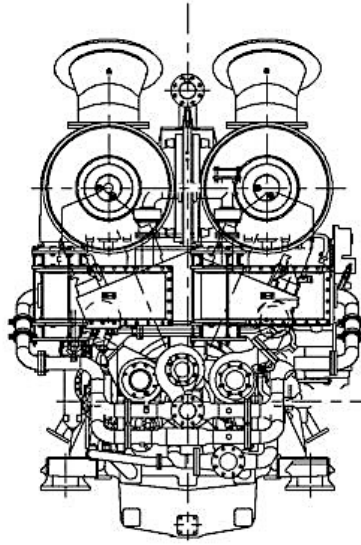


*Ilustración 26: Cable Feedback  
Fuente: Trabajo de campo*

*Ilustración 27: Cables Feedback  
Fuente: Trabajo de campo*



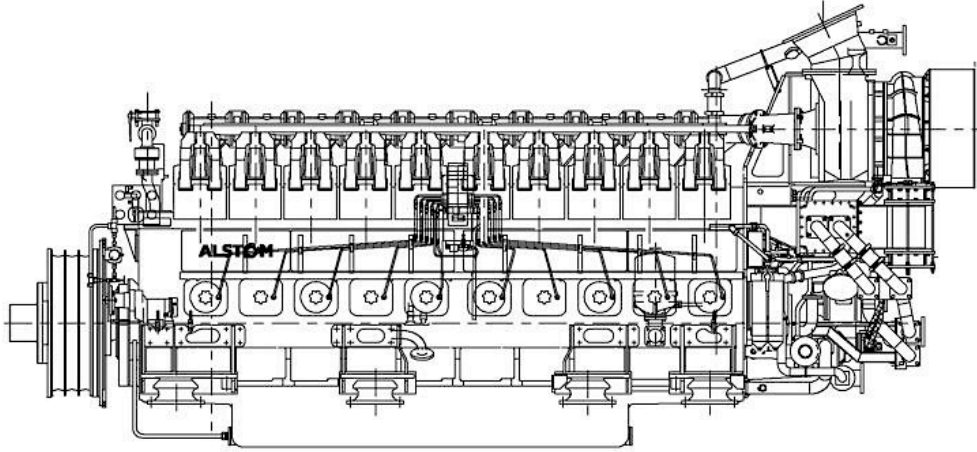
**3.5. MOTOR PRINCIPAL RUSTON 20RK270**



*Ilustración 28: Ruston 20RK270  
Fuente: Manuales del buque [2]*

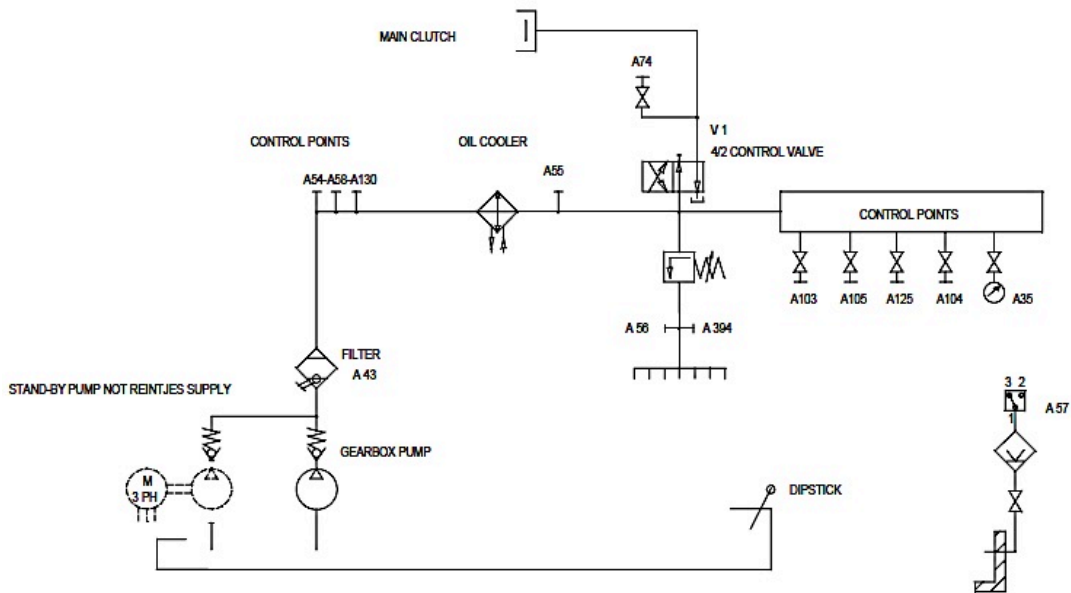
**Especificaciones MMPP Ruston RK270**

Clasificación del motor	20RK270
Modelo del motor	20 cilindros en V a 45°
Ciclos	4-Tiempos
Tipo	Sobrealimentado con enfriador de aire
Diámetro interior cilindro	270mm
Carrera	305mm
Desplazamiento por cilindro	17,5L
Ratio de compresión	12,3:1
Sentido de giro (desde volante)	Izquierdas
Orden de encendido	Lado A: 8-5-2-4-1-3-6-9-7-10 Lado B: 1-3-6-9-7-10-8-5-2-4
Presión timbrado inyector	376-386bar +/-10%
Avance inyección	17°
Calaje válvula escape	1mm
Calaje válvula admisión	0,6mm
Cremallera	200,20mm
Sistema arranque	Neumático
Presión máxima	130Kg/cm <sup>2</sup>
Máxima contrapresión admisible (escape)	300mm
Máxima restricción admisión de aire	200mm
Presión aire de barrido 100% de carga	2,7kg/cm <sup>2</sup>
Potencia	7080kW
Régimen de operación	1030r/min
Régimen a ralentí	320r/min



*Ilustración 29: Ruston 20RK270  
Fuente: Manuales del buque [2]*

Los cuatro motores llevan instalados unos acoplamientos flexibles, Vulkan Rato, en tres componentes montados en el volante del motor. La reductora Reintjes VLJ 6831 en una sola etapa con engranaje helicoidal, de giro de entrada anti-horario y sentido de giro salida horario, con un factor de desmultiplicación 1,781:1 con una velocidad mínima de embrague de 350rpm y máxima de 470rpm.



*Ilustración 30: Esquema hidráulico reductora  
Fuente: Manuales del buque [2]*

Para todos los buques de construcción INCAT se ha adoptado el convenio para nombrar los motores principales del buque según banda y posición en el mismo.

**PIME** *Port Inner Main Engine* – Motor Principal Babor Interior

**POME** *Port Outer Main Engine* – Motor Principal Babor Exterior

**SIME** *Starboard Inner Main Engine* – Motor Principal Estribor Interior

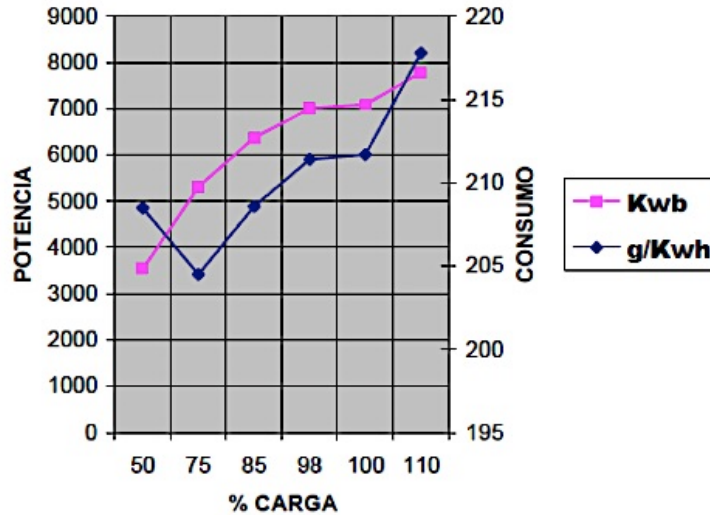
**SOME** *Starboard Outer Main Engine* – Motor Principal Estribor Exterior

Todas las bombas son acopladas al motor principal en la *ilustración 30* podemos ver el sentido de giro de cada una de las bombas del motor.



*Ilustración 31: Sentido de giro bombas MMPP  
Fuente: Manuales del buque [2]*

% Carga	Potencia (Kwb)	Consumos
50	3540	208,5
75	5310	204,5
85	6372	208,6
98	7000	211,4
100	7080	211,7
110	7788	217,8



*Ilustración 32: Gráfica consumos*  
*Fuente: Manuales del buque [2]*

Algunas acciones significativas para una reducción en consumos de combustibles:

- Peso muerto, reducir peso combustible, peso de aceites y lodos a bordo (bidones a bordo).
- Eliminar líquidos en sentinas y voids.
- Reducir respetos y pertrechos a bordo.
- Trimado, mejorar distribución de pesos.
- Optimizar posición del Trim-Tabs.
- Velocidad (rpm motores).
- Motores a ralentí, reducir tiempos de calentamiento y enfriamiento al mínimo (recomendado por el fabricante).
- Consumo eléctrico, utilizar los generadores imprescindibles.

### 3.5.1. Circuito de combustible

El buque dispone de 4 tanques de combustible en los voids 4 Br/Er.

Los tanques tienen una capacidad de 45000 y 42500 litros.

Cada MMPP aspira combustible de su propio tanque.

Independientemente el tanque de largo recorrido con una capacidad de 196500L voids 3 Br/Er.

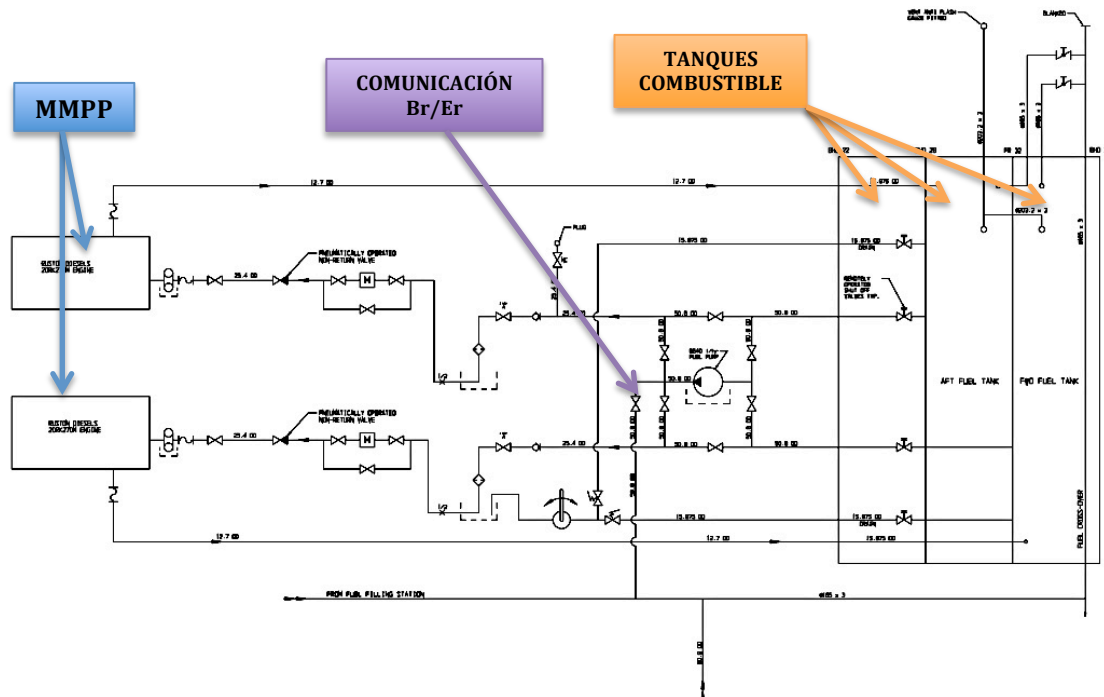


Ilustración 33: Circuito de combustible  
Fuente: Manuales del buque [2]

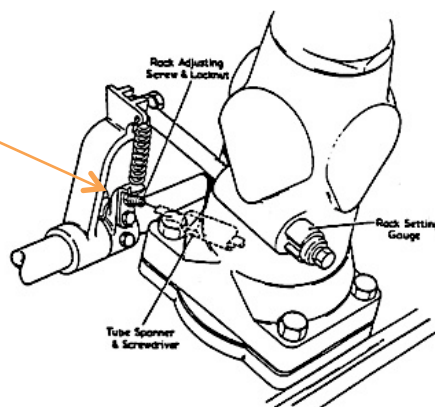
La bomba de alimentación de combustible está acoplada al motor y aspira combustible de su propio tanque llegando al motor con una presión de entre 1,5 - 2,5 bar.

La bomba de alimentación tiene una válvula de retención en la descarga con la finalidad de que el combustible no retorne en la línea, también tiene una válvula de derivación para proteger en caso de que la presión aumente.

La cantidad de combustible suministrado por las bombas de inyección está controlado por la cremallera aunque cada bomba lleva una palanca con un tornillo de ajuste de combustible. Al girar tornillo de ajuste en sentido horario aumenta la cantidad de combustible entregado y girar el tornillo hacia la derecha contra disminuye la cantidad de combustible suministrado.

El exceso de combustible que no pulverizan los inyectores vuelve por la línea de retorno al tanque de combustible.

**TORNILLO DE REGULACIÓN**



*Ilustración 34: Bomba inyección  
Fuente: Manuales del buque [5]*

### ***Muestra análisis de combustible***

<b>Ensayos solicitados</b>				
<b>Ensayo</b>	<b>Componente</b>	<b>Método</b>	<b>Resultados FI</b>	<b>Unidades</b>
Azufre	Azufre	ASTM D 4294	0.08	%(m/m)
Inflamabilidad P/M	Inflamabilidad P/M	ASTM D 93	70	°C
Densidad 15°C	Densidad 15°C	ASTM D 4052	0.8530	kg/l
Viscosidad 40°C	Viscosidad 40°C	ASTM D 445	3.690	mm <sup>2</sup> /s
Upper Pour Point	Upper Pour Point	ASTM D 97	-6	°C
Índice de Cetano	Índice de Cetano	ASTM D 4737	51.2	
Res. Car. Micro (10%R)	Res. Car. Micro (10%R)	ASTM D 4530	0.05	%(m/m)
Agua Destil.	Agua Destil.	ASTM D 95	<0.05	%(V/V)
Cenizas	Cenizas	ASTM D 482	0.003	%(m/m)

*Fuente: Control de documentos de análisis de combustible del buque*

### **Regulador Europa Viking Series 2200 [7]**

El motor y el sistema de control de propulsión consta de un panel de control del motor digital local y un actuador, el sistema ofrece;

Electrónica mecánica o rótula de gobierno de velocidad, el control local y remoto, el monitoreo local y remoto, el control de carga, la limitación de combustible, funciones de seguridad y alarma.

El parada por sobre-velocidad es neumática, el sistema está controlado por un interruptor de velocidad que es operado por un captador magnético los pickups del volante de inercia, cuando estos interpretan un 115% de la velocidad nominal detiene el motor.

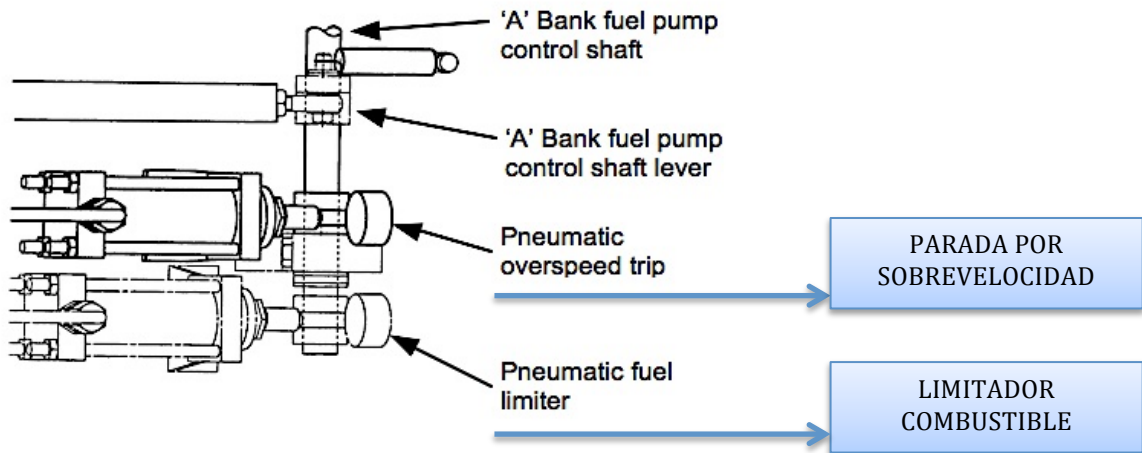


Ilustración 35: Parada neumática por sobre velocidad  
Fuente: Manuales del buque [2]

Control de combustible a través del regulador del motor

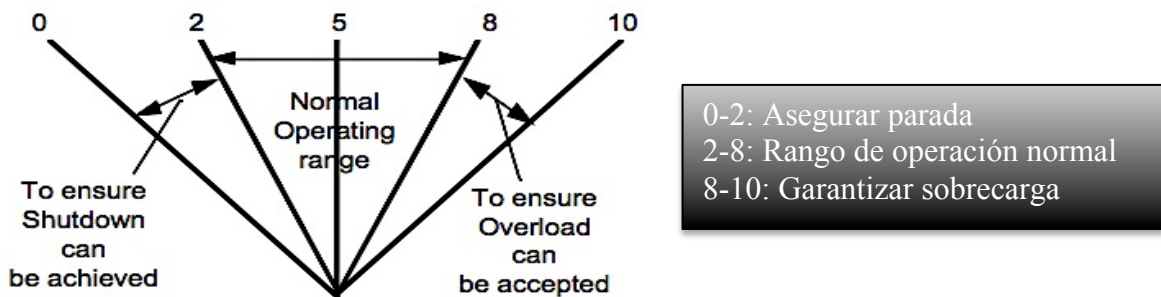


Ilustración 36: Control de combustible  
Fuente: Manuales del buque[2]

Regulador - output 0 - cremallera en posición 0 combustible.

Regulador - output 2 - 0% carga.

Regulador - output 5 - 50% carga.

Regulador - output 8 - 100% carga.

Regulador - output 10 - cremallera en máximo de combustible.

[2]

### 3.5.2. Circuito de lubricación

El aceite circula a través de dos bombas de acopladas al motor, el aceite se extrae del cárter atravesando la campana de succión la bomba de aceite impulsa a éste hacia la válvula termostática cuyo rango operacional es sobre los 83°C aproximadamente enviando el aceite a un enfriador de placas Alfa Laval cuando supera dicha temperatura. Una vez sale del enfriador de placas a la temperatura correcta vuelve al bloque entrando por los diferentes conductos de lubricación del mismo.

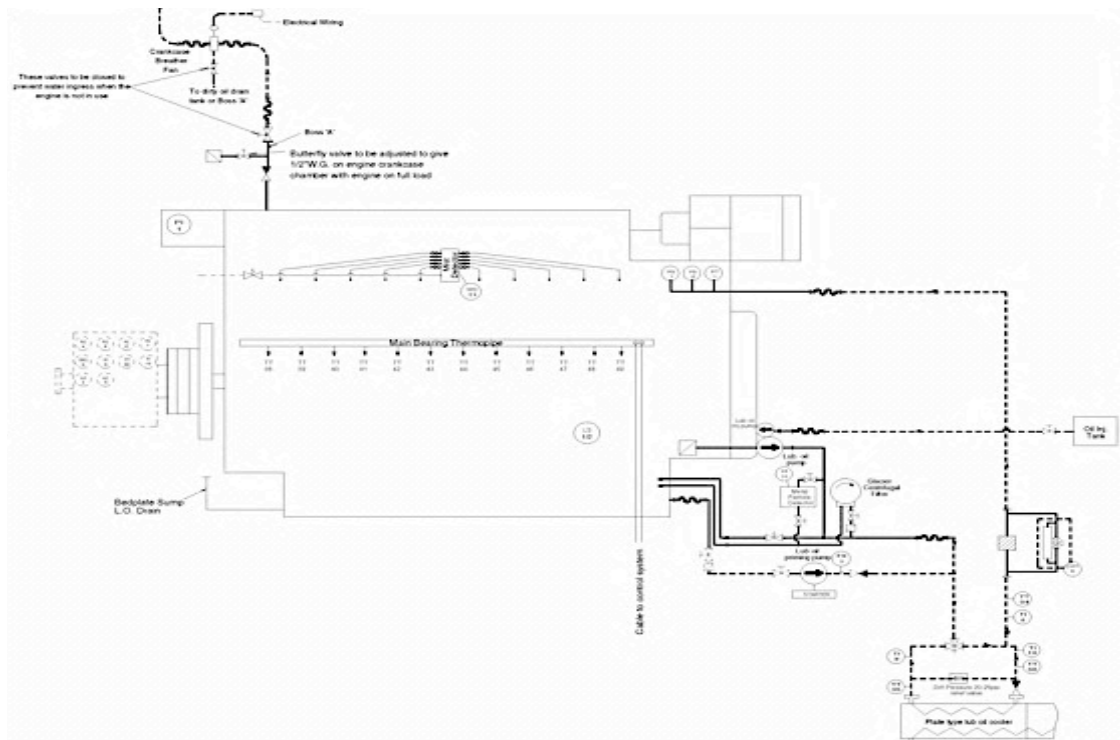
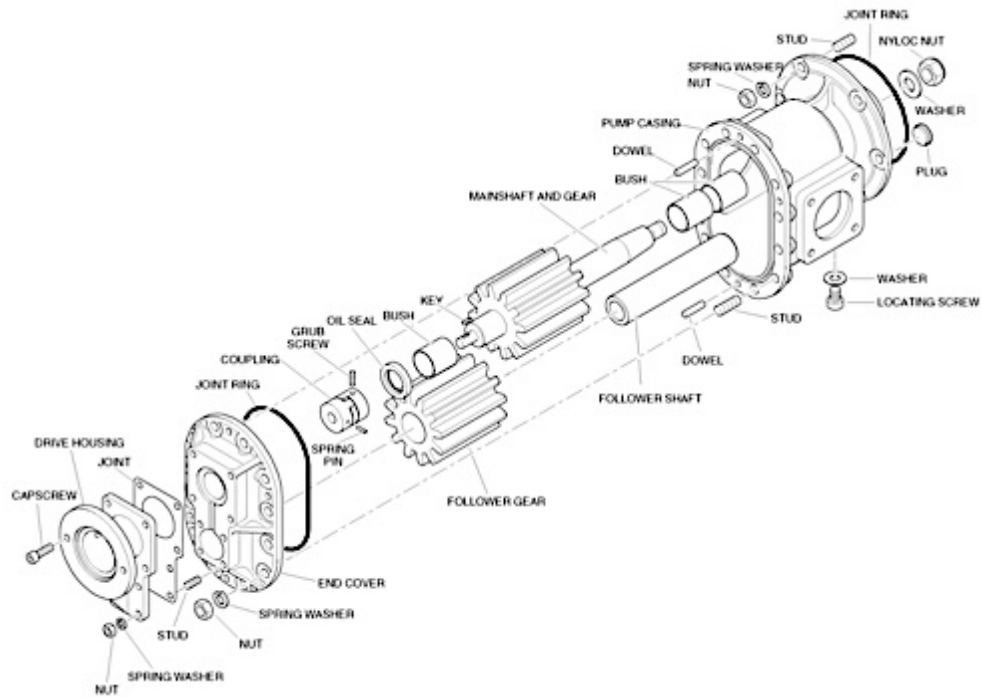


Ilustración 37: Circuito de aceite  
Fuente: Manuales del buque [2]

El aceite pasa a través de una válvula de alivio en el circuito con el fin de retornar al cárter cuando éste llega a cierta presión como método de protección de la línea.

Cuando arranca el motor unos filtros centrífugos comienzan a filtrar el aceite, el funcionamiento de estos filtros es aprovechar la presión con la que viene el aceite para crear una fuerza centrífuga en su interior que desplaza los sedimentos hacia el exterior de la carcasa.

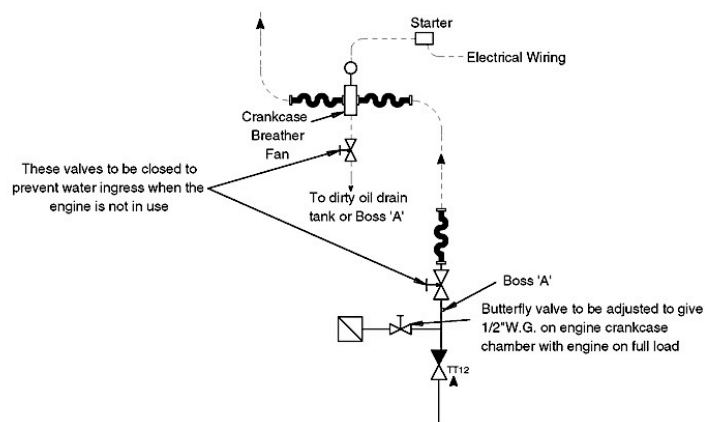




*Ilustración 38: Despiece bomba de aceite  
Fuente: Manuales del buque [8]*

Una bomba de pre-lubricación entra en marcha cuando el motor entra en parada, para mantener un flujo continuo de aceite en el motor.

Todos los motores están provistos de un motor eléctrico con un ventilador, este ventilador se utiliza para crear un ligero vacío en la cámara del cárter. Este vacío es regulado por medio de una válvula de mariposa con el motor funcionando a plena carga, como método de extracción de gases del cárter.



*Ilustración 39: Esquema extracción de gases del cárter  
Fuente: Manuales del buque [2]*

Detalle circuito de lubricación.

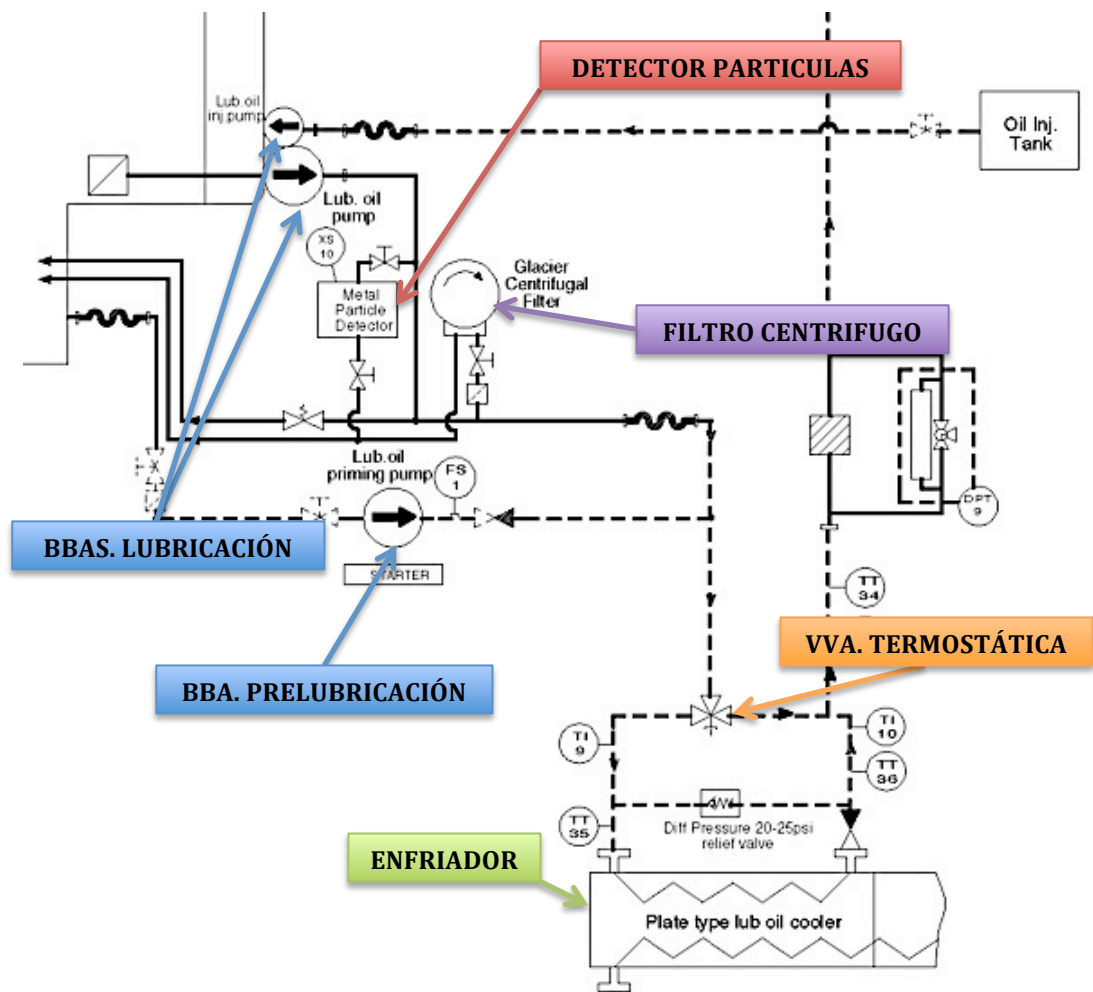


Ilustración 40: Circuito aceite  
Fuente: Manuales del buque [2]

### 3.5.3. Circuito de refrigeración

Hay tres bombas de agua; salada, dulce alta y baja temperatura, todas ellas son bombas centrífugas y acopladas al motor.

La bomba de agua salada hace circular el agua hacia el enfriador de placas y al enfriador de aceite de la reductora, la bomba de baja temperatura hace circular el agua hacia los enfriadores de barrido y por último la bomba de alta temperatura hace circular el agua hacia el bloque refrigerando camisas y culatas.

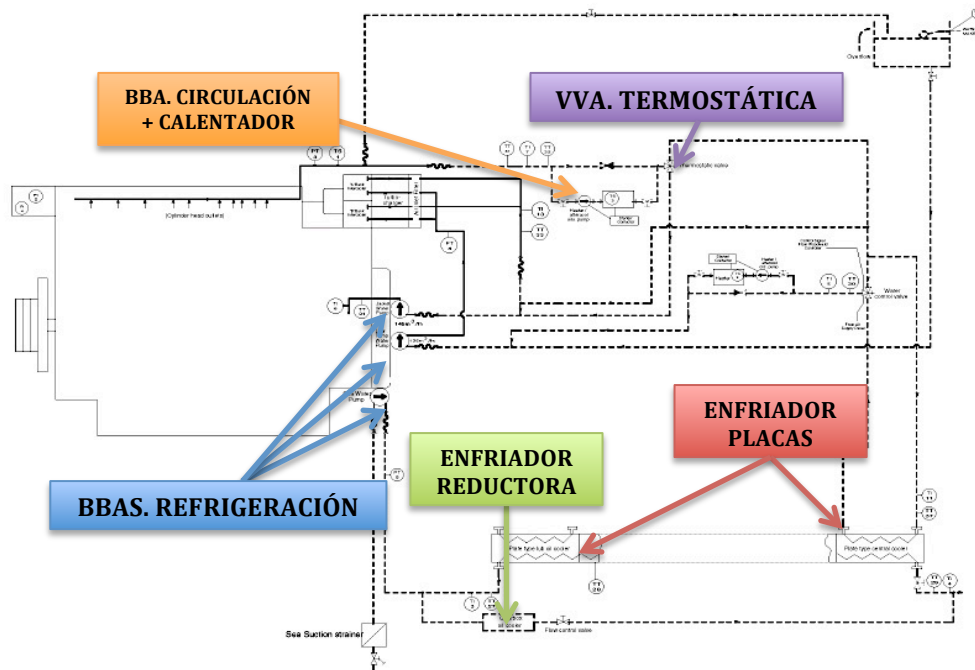


Ilustración 41: Circuito de refrigeración  
Fuente: Manuales del buque [2]

El rango de operación de la válvula termostática entre 79-88°C da el paso de agua al enfriador de placas o lo recircula al motor si esta por debajo del rango operacional.

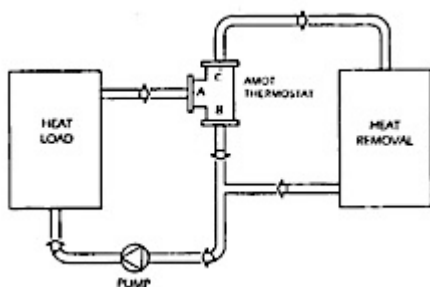


Ilustración 42: Esquema vva.  
Fuente: Manuales del buque [2]

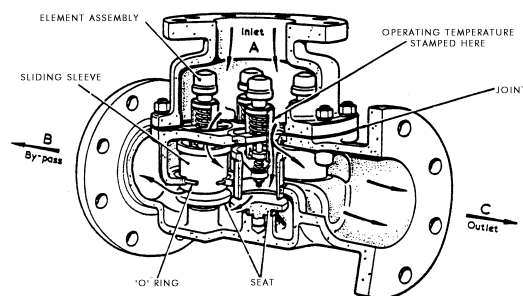


Ilustración 43: Sección válvula termostática  
Fuente: Manuales del buque

La refrigeración del motor se realiza en un enfriador de placas ALFA LAVAL M10-BMFA.

Esquema enfriador de placas Alfa Laval M10-BMFA

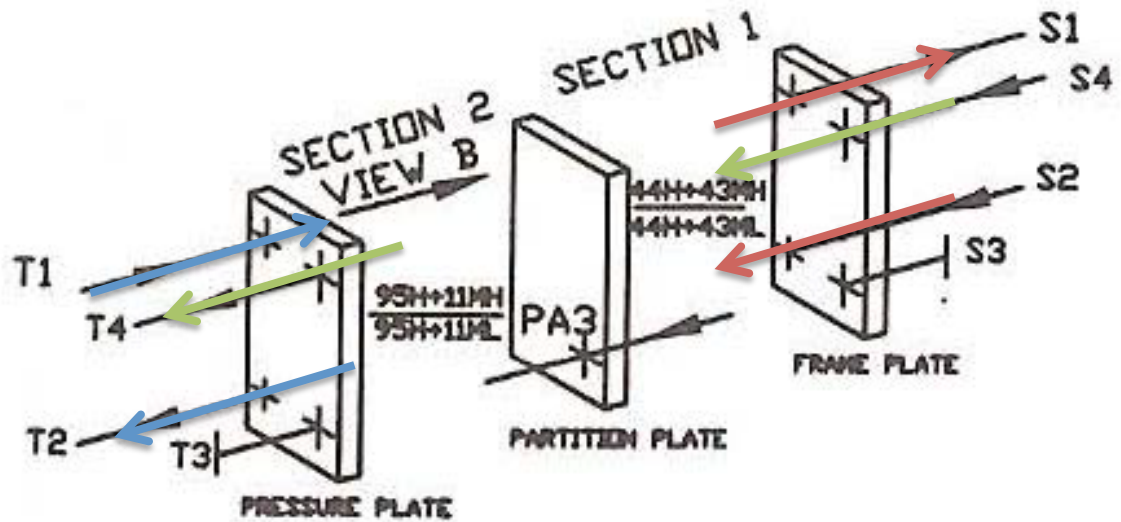


Ilustración 44: Esquema Alfa Laval  
Fuente: Manuales del buque [2]

**T1 : Entrada de A/D.**

**T2 : Salida de A/D**

**T4 : Salida A/S**

**S1 : Salida de aceite**

**S2 : Entrada de aceite**

**S4 : Entrada A/S**

### 3.5.4. Circuito de arranque, admisión/escape

Dos motores arranque Ingresoll Rand por motor reciben el aire acumulado en dos botellas con una capacidad de 662 litros por cada sala de maquinas y una presión de trabajo de 24bar, presión que se reduce con una reductora IVP K30 series a 10bar y como medida de seguridad montan una válvula de alivio timbrada a 12bar como protección del motor.

Los compresores Atlas Copco LT75-30 presurizan la botella en unos 35 minutos, con una capacidad de 6 arranques con una carga. [2]

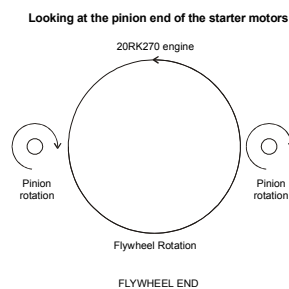


Ilustración 45: Sentido giro del motor  
Fuente: Manuales del buque [2]

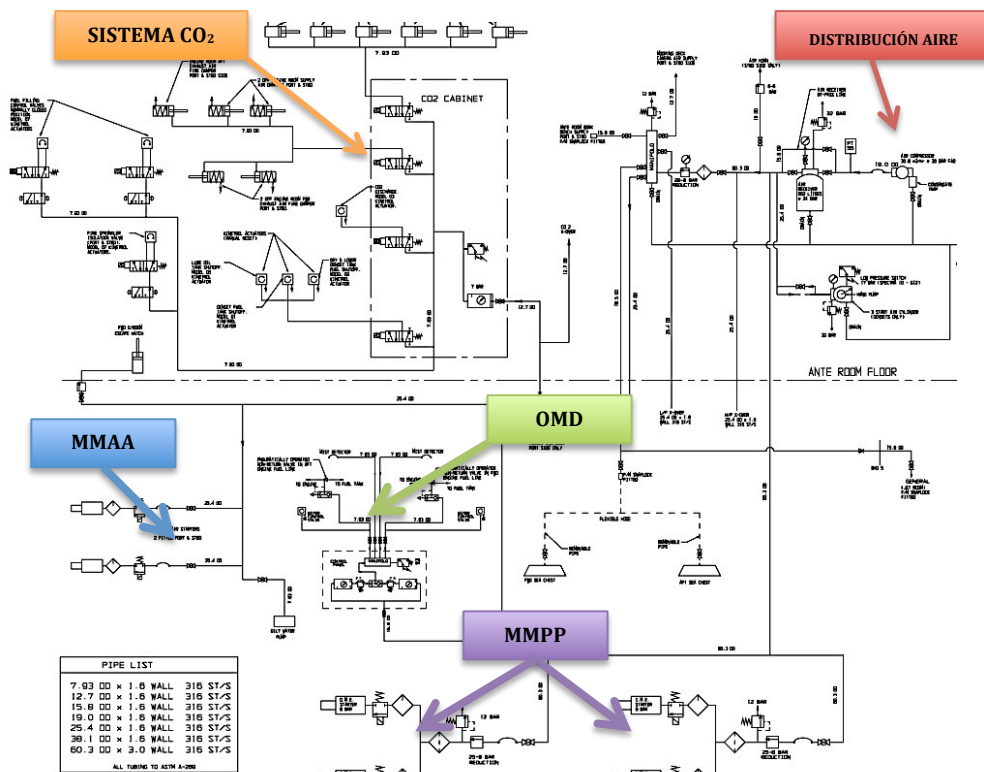


Ilustración 46: Circuito neumático  
Fuente: Manuales del buque [2]

Los motores son turbo alimentados con doble enfriador de barrido, a pleno régimen del motor las turbos giran a 30000rpm elevando la presión de aire de admisión sobre los 2,5bar.

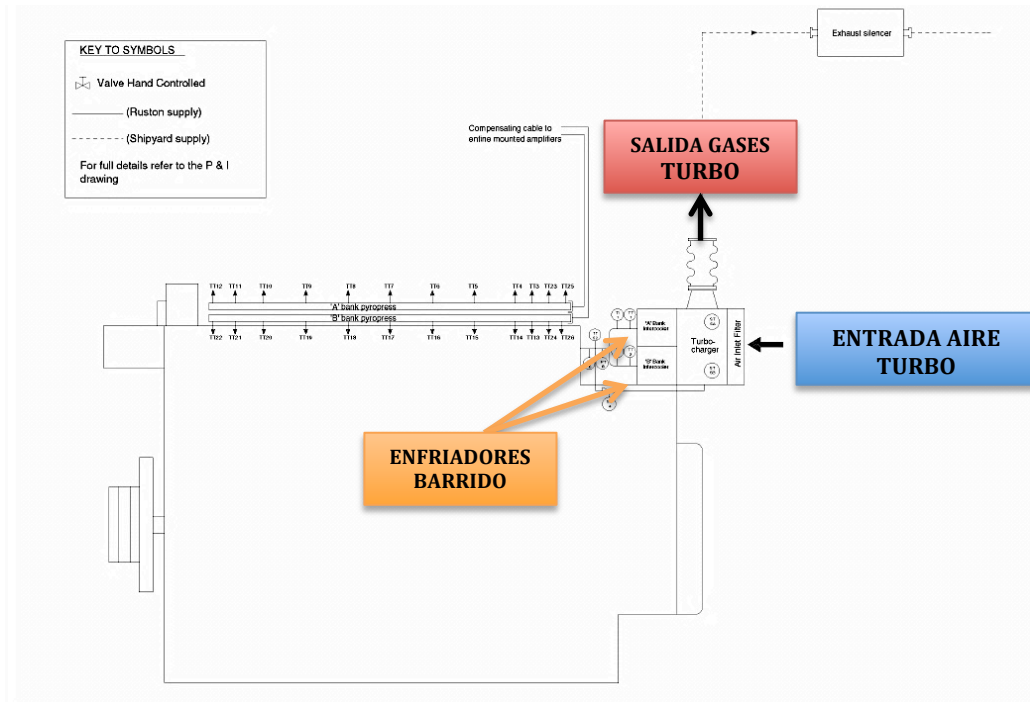


Ilustración 47: Circuito admisión/escape  
 Fuente: Manuales del buque [2]

Los gases de escape de los cilindros del motor se descargan desde la culata al colector de escape y luego a la entrada de la turbina del turbocompresor a través de difusores. El paso por la turbina de los gases se expanden a la presión atmosférica al pasar hacia el conducto de escape. El colector se compone de secciones para cada cilindro.

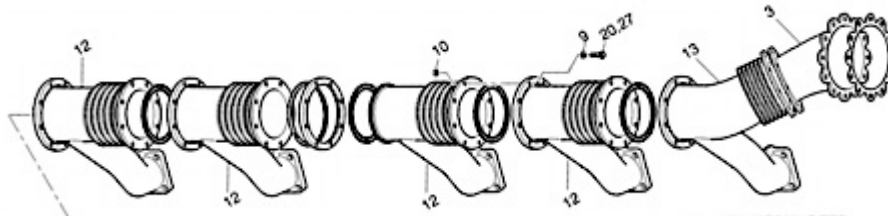
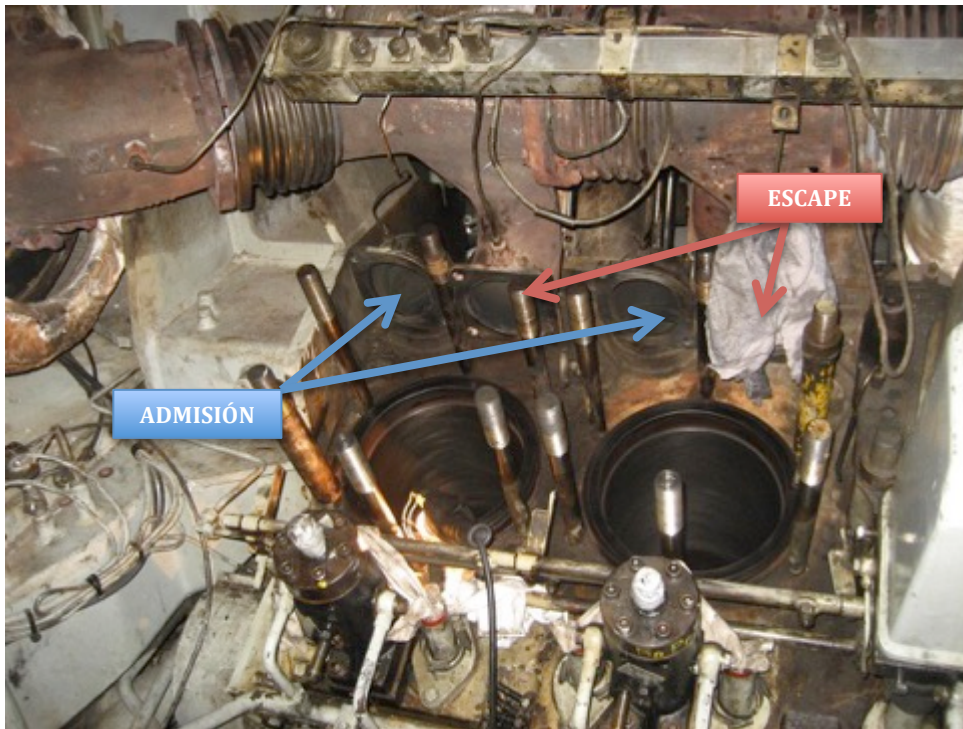


Ilustración 48: Colector de escape  
 Fuente: Manuales del buque [2]



*Ilustración 49: Colectores escape  
Fuente: Archivo fotográfico del buque*

### **3.5.5. Sistemas de protección del motor**

#### **OMD (Oil Mist Detector)**

El detector de niebla del cárter detecta el exceso de gases en el cárter comparando la cantidad de gases entre cilindros aleatoriamente, en caso de que detecte una variación entre cilindros tira el motor abajo como medida de seguridad.

#### **MPD (Metal Particle Detector)**

El detector de partículas metálicas tiene una aspiración a la descarga de la bomba del cárter en continuo funcionamiento, en caso de detección de partículas también tira el motor abajo.



Las paradas como protección del motor están ajustadas a valores normalmente por encima para su alarma. Cualquier problema que haga que el motor se pare debe corregirse antes de volver a arrancarse.

A continuación se indican cuales son los puntos de parada de emergencia de los motores principales [7].

- Parada por sobre-velocidad del motor: 1150 rpm
- Parada por baja presión a bajas RPM: 1'05 Kg/cm<sup>2</sup>
- Parada por baja presión a altas RPM: 2'6 Kg/cm<sup>2</sup>
- Parada por alta temperatura en cojinetes bancada: 105 °C
- Parada por alta presión en el cárter: 0'1 Kg/cm<sup>2</sup>
- Parada por alta temperatura salida agua de refrigeración: 105 °C



### 3.6. SISTEMAS AUXILIARES

#### 3.6.1. Descripción del motor y el alternador

En cada una de las salas de máquinas se cuenta con dos motores auxiliares, uno encima del otro a proa de la sala de máquinas.

Marca Caterpillar modelo 3406-B, 6 cilindros en línea con un desarrollo de 240kW a 1500rpm.

Cada motor lleva acoplado un alternador de la misma marca, encargándose del aporte de corriente eléctrica. En cuanto a la generación de corriente alterna proporciona 415/240 voltios, en tres fases y cuatro cables, con toma de tierra sin retorno al casco.

Los generadores de los 4 motores auxiliares están conectados directamente a dos cuadros principales divididos en estribor y babor, aunque se puede repartir la carga entre bandas a través del bus-tie.

Desde los paneles de secuencia se controla el sistema de carga, arrancando o parando en función de la demanda de carga en el sistema, de manera automática [9].



*Ilustración 50: Panel secuencia JM  
Fuente: Trabajo de campo*

Dos de los 4 grupos electrógenos pueden utilizarse como generadores de emergencia, ya que están por encima del nivel de flotación del buque y tienen su propio tanque de combustible independiente con una autonomía de 12 horas dependiendo de la carga.



*Ilustración 51: Panel secuencia antesala  
Fuente: Trabajo de campo*

Dos contadores de secuencia controlan el sistema de carga en consonancia con los valores fijados en el panel de secuencia, arrancan y paran los generadores cuando se desee y en el orden adecuado.

Otra función de estos controladores es controlar la carga ya que el generador puede alcanzar niveles críticos. [9]

El circuito de combustible se divide en dos circuitos, uno de alta presión para conseguir una buena pulverización del combustible y otro de baja presión que aporta el combustible a la bomba de inyección desde los tanque de combustible. [7]

La bomba de alta presión se encarga de bombear y comprimir a alta presión para entregarlo a los inyectores ubicados en la culata y encima de cada cilindro.



*Ilustración 53: MA N°1  
Fuente: Trabajo de campo*

Dispone de un circuito cerrado de refrigeración del motor y además presurizado elevando el punto de ebullición eliminando así el problema de cavitación.

El motor lleva acoplado en la parte delantera un enfriador del cual la bomba extrae el agua de refrigeración para enviarla al bloque motor refrigerando primero las camisas para luego ir a las culatas de forma ascendente, evitando formaciones de vapor en el circuito. [9]

El control de velocidad y reparto de carga es a través del Woodward 2301 A que Controla el reparto de carga y de velocidad de los generadores diésel.

- La sección de velocidad mantiene a la máquina motriz a la velocidad correcta.
- El reparto de carga durante el funcionamiento en paralelo de dos o mas generadores reparte proporcionalmente la carga de todos los generadores del sistema.[9]



*Ilustración 54: Regulador Woodward 2301A  
Fuente: Trabajo de campo*

### **3.6.2. Sistema de corriente continua**

El sistema de corriente continua del buque es de 24V. En el buque existen cuatro cuadros de distribución de corriente continua.

Cada cuadro de distribución tiene una fuente de alimentación y a la vez un cargador, que está constantemente alimentada por 240V de corriente alterna, proveniente del cuadro de distribución de corriente alterna.

En caso de fallo en el suministro de corriente alterna 240V las baterías de emergencia suministran energía al cuadro de distribución de corriente continua (esencial) [7].

### **3.6.3. Sistema de corriente alterna**

El sistema de corriente alterna es de 415/240 V en cuatro cables, tres fases, con toma de tierra y sin retorno al casco.

Los generadores están conectados a dos cuadros principales completamente independientes, donde los generadores de babor alimentan el cuadro de babor y los generadores de estribor el cuadro de estribor.

En condiciones normales de operación los generadores están acoplados al Bus-Tie (400A), esto permite tener en secuencia tres alternadores, ya que el cuarto es para emergencia, desde un mismo cuadro principal.

El suministro de corriente para los cuadros de distribución normal está repartido entre los dos cuadros principales, por lo que si se desconectase el Bus-Tie, se caerán los cuadros y habrá que rearmarlos manualmente, mientras que la corriente para los cuadros de distribución esencial se realiza a través de ambos cuadros principales por si en caso de emergencia quedará alguno inoperativo [7].

### 3.6.4. Acople de generadores auxiliar al cuadro eléctrico

Operación para el acople de un generador al cuadro eléctrico en modo manual [7].

1. Asegurar que el indicador *EMERGENCY STOP* del generador no está seleccionado y si no rearmar el motor.
2. Interruptor *MODE SELECT* seleccionar *MANUAL*.
3. Pulsar el botón de *ON*.
4. Cuando el generador esté arrancado con el potenciómetro *SPEED ADJUST* se regula la frecuencia, o sea la velocidad, a 50Hz. Y con el potenciómetro de *VOLT ADJUST* se regula entre 415/420V.
5. Si la línea de distribución está sin tensión el alternador de puede acoplar pulsando *C.B.CLOSE*.
6. Para un segundo generador sería un proceso similar, hay que ajustar la frecuencia en sentido de las agujas del reloj (sincronoscopio). Cuando éste llegue a las 12 se podrá acoplar y comenzará el reparto de carga automáticamente.

Para la parada de un generador en modo manual, el proceso sería:

1. Pulsar *C.B.OPEN* esperar y pulsar *MANUAL OFF*.
2. Interruptor *MODE SELECT* seleccionar *OFF*.

### 3.7. SISTEMA DE CO<sub>2</sub> SALA DE MÁQUINAS

Para la extinción de posibles incendios en la sala de máquinas el buque cuenta con un sistema fijo de CO<sub>2</sub> para cada sala de máquinas. La finalidad del CO<sub>2</sub> es el desplazamiento del aire ya que es mas denso que éste y ademas no es comburente.

Para realizar un disparo de CO<sub>2</sub> en la sala de máquinas [7]:

1. Parar los MMAA y los MMPP.
2. Cerrar válvulas principales de suministro de combustible de los MMAA y los MMPP.
3. Parar de la bomba de pre-lubricación de los MMPP.
4. Parar los ventiladores de la sala de máquinas.
5. Cerrar los dampers de ventilación de la sala de máquinas.

Ya que el objetivo es apagar el fuego por sofocación, es decir, eliminando el oxígeno del tetraedro del fuego.

Pese a que se dispone de dos sistemas, uno para cada sala de máquinas, estos se pueden conectar entre sí, alineando válvulas para tener mayor respuesta ante un fuego.

El sistema de CO<sub>2</sub> esta situado en la antesala, lo forman 6 botellas de 45kg que se descargan en 2 minutos

Existen tres estaciones de disparo de CO<sub>2</sub> estos serían desde el puente (por el jefe de máquinas), desde la antesala y desde el mismo local donde se encuentran las botellas de CO<sub>2</sub> esto es por si existe fallo en la activacion del sistema de CO<sub>2</sub> la activación es neumática.

Para producir el disparo de CO<sub>2</sub> tanto desde el puente como de la antesala hay que seguir una secuencia en el panel de disparo (manual de operación y seguridad del buque) [7].

### 3.7.1. La secuencia de disparo de CO<sub>2</sub> a la sala de máquinas desde el puente [7]

1. Confirmar localización y extensión del incendio.
2. Verificar que todo el personal haya abandonado la sala de máquinas.
3. Presionar el pulsador *SYSTEM ACTIVATE* para armar el sistema, luego el pulsador *MACHINERY SHUTDOWN* se iluminará y comenzara a sonar la alarma.
4. Presionar el pulsador *MACHINERY SHUTDOWN*, correspondiente a la sala de máquinas.
5. El pulsador *OPEN VALVE* se iluminará, luego presionar este pulsador para abrir válvulas de CO<sub>2</sub>.
6. El pulsador *RELEASE GAS* se iluminará, luego presionar este pulsador.
7. La lampara de *GAS RELEASED* se iluminará indicando que ha sido disparado.
8. No acceder a la sala de máquinas hasta no estar totalmente ventilada.

### 3.7.2. La secuencia de disparo manual en el local de CO<sub>2</sub> desde la antesala [7]

1. Confirmar la localización y la extensión del incendio.
2. Verificar que todo el personal ha abandonado la sala de máquinas.
3. Abrir la puerta del local de CO<sub>2</sub>
  - a. Parar los MMAA y los MMPP.
  - b. Cerrar las válvulas de combustible (solenoides o manualmente en los voids 4 y 5)
  - c. Cerrar dampers sala de máquinas (solenoides o manualmente).
4. Abrir manualmente la válvula de descarga de CO<sub>2</sub> a la sala de máquinas y verificar que los seguros han sido quitados.
5. Los cilindros están listos para la descarga del CO<sub>2</sub> tirando manualmente del disparador.
6. No acceder a la sala de máquinas hasta no estar totalmente ventilada.



### 3.7.3. La secuencia de disparo de CO<sub>2</sub> a la sala de máquinas desde la antesala [7]

1. Confirmar localización y extensión del incendio.
2. Verificar que todo el personal ha abandonado la sala de máquinas.
3. Presionar el pulsador *SYSTEM ACTIVATE* en la sala de máquinas y en el puente sonará la alarma *MACHINERY SHUTDOWN* se iluminará.
4. Presionar *MACHINERY SHUTDOWN*, confirmar que los motores se han parado, el pulsador *OPEN VALVE* se iluminará.
5. Presionar el pulsador *OPEN VALVE* para abrir válvulas de CO<sub>2</sub> hacia la sala de máquinas, el pulsador *RELEASE GAS* se iluminará.
6. Presionar el pulsador *RELEASE GAS* la lampara *GAS RELEASED* se iluminará indicando que el CO<sub>2</sub> ha sido disparado.
7. No acceder a la sala de máquinas hasta que este totalmente ventilada.

### 3.7.4. La secuencia de operación de la válvula de intercomunicación del CO<sub>2</sub> [7]

1. Abrir las dos válvulas dobles en los locales de CO<sub>2</sub> Br/Er.
2. Activar la parada de emergencia de la sala de máquinas incendiada desde la antesala o desde el puente.
3. Abrir manualmente la válvula de CO<sub>2</sub> de la sala de máquinas que se ha incendiado.
4. Dirijase a la banda de servicio y descargue el CO<sub>2</sub> utilizando solamente el disparador manual, no active la descarga desde estaciones remotas.
5. No acceda a la sala de máquinas hasta que este totalmente ventilada.



***IV. METODOLOGÍA***



## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1. Metodología**

La metodología a seguir en este trabajo sirve de guía orientativa para comprender el funcionamiento del buque F/F Bonanza Express, así como los sistemas principales del mismo.

#### **4.1.1. Documentación bibliográfica**

La documentación bibliográfica de este trabajo es seleccionada de informes técnicos, manuales y catálogos del buque.

#### **4.1.2. Metodología del trabajo de campo**

La documentación fotográfica de este trabajo fue realizada durante el periodo de practicas a bordo del buque F/F Bonanza Express, con el fin explicar las diferentes partes del sistema.

### **4.2. Marco referencial**

Este trabajo se basa en la descriptiva y funcionamiento de los diversos sistemas que componen el buque F/F Bonanza Express.



***V. RESULTADOS***





## 5. RESULTADOS

En este apartado expondré una serie de averías y operaciones de mantenimiento durante mi periodo de prácticas a bordo, normalmente el mantenimiento se realiza por la noche cuando el buque está parado. El procedimiento a seguir lo marca un programa de control de mantenimiento por horas (MPM) salvo que por motivos especiales halla algún imprevisto y en ese caso cambien las prioridades.

### CASO N°1 : MANTENIMIENTO TURBOSOPLANTES MOTOR PRINCIPAL

Motor principal SIME (*Starboard Inner Main Engine*) mantenimiento por las 10000 horas de funcionamiento de las turbos.



*Ilustración 55: SIME Turbos  
Fuente: Trabajo de campo*

En este caso, personal de mantenimiento específico de ABB Turbocharging realizando el cambio de las tubosoplantes lado A y lado B de un motor principal, se ven las turbos sin los filtros de aire (*ilustración 55*).

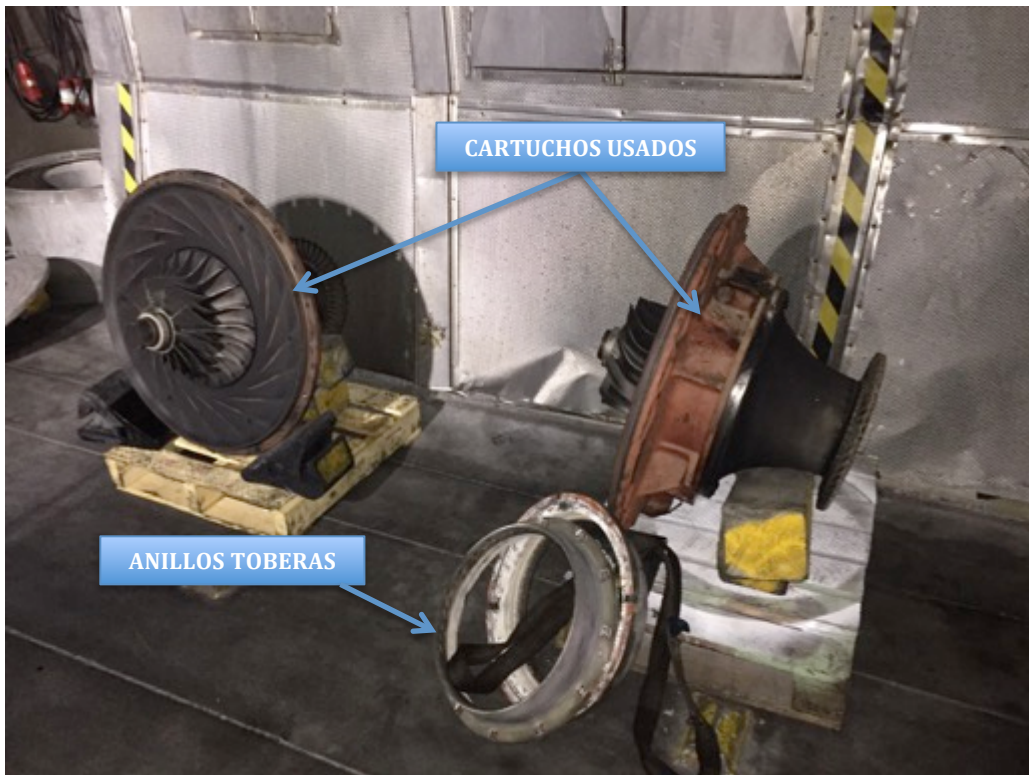


*Ilustración 56: SIME Turbos*  
*Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 57: SIME Turbos*  
*Fuente: Trabajo de campo*

Se puede ver desmontado el conducto de admisión (*ilustraciones 56 y 57*).  
Cartuchos y anillos de tobera (*ilustración 58*).



*Ilustración 58: SIME Turbos*  
*Fuente: Trabajo de campo*



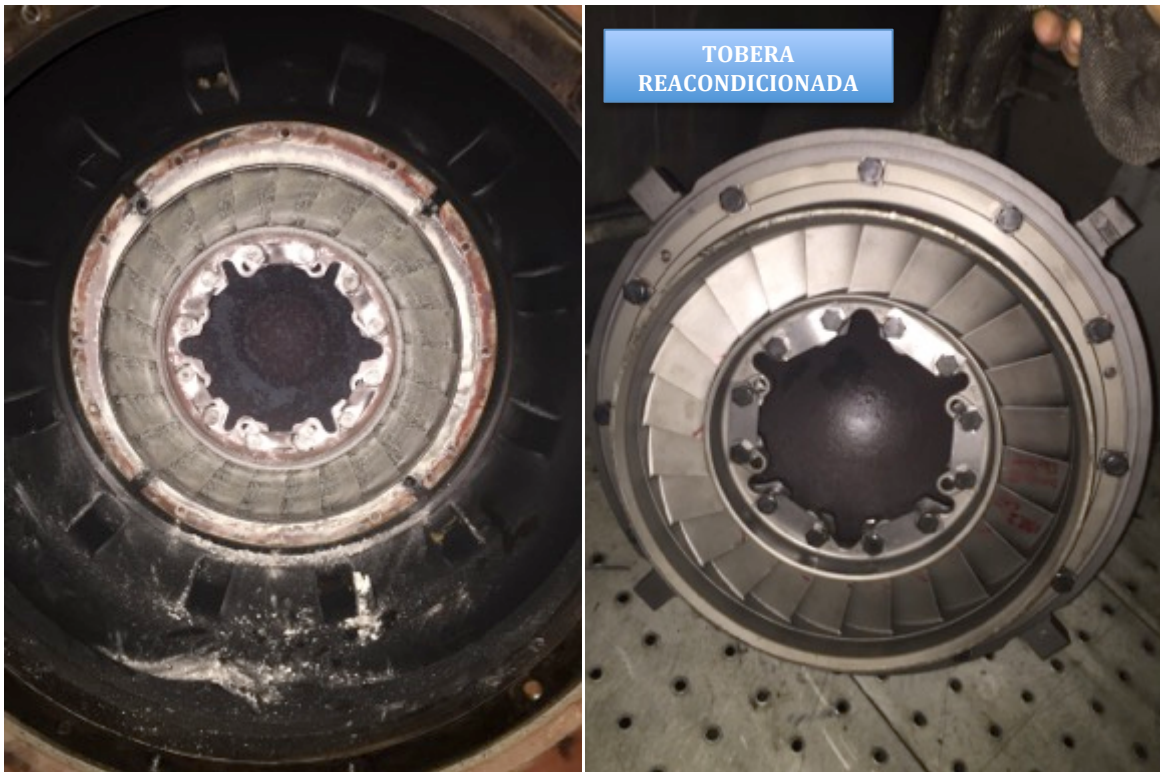


*Ilustración 59: SIME Turbos  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 60: SIME Turbos  
Fuente: Trabajo de campo*

En estas dos ultimas imágenes se puede ver la comparativa entre un uso después de las 10000 horas de funcionamiento y reacondicionado.



*Ilustración 61: SIME Turbos  
Fuente: Trabajo de campo*

Aquí se puede observar la diferencia entre una tobera con 10000 horas de uso y una tobera reacondicionada (*ilustración 61*).



*Ilustración 62: SIME Turbos  
Fuente: Trabajo de campo*



**CASO N°2: MANTENIMIENTO BOMBA CONTRAINCENDIOS**

Desmontaje de una bomba contraincendios para su limpieza, montaje y prueba hidráulica, realizada en un taller externo al buque.



*Ilustración 63: Bomba C.I.  
Fuente: Trabajo de campo*

Las bombas contraincendios se utilizan con los ejercicios de la tripulación del buque, aun así cuando cumple con un número de horas determinadas se envía para su overhaul.



*Ilustración 64: Bomba C.I.  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 65: Bomba C.I.  
Fuente: Trabajo de campo*

**CASO N°3: SUSTITUCIÓN TRAMO DE ESCAPE**

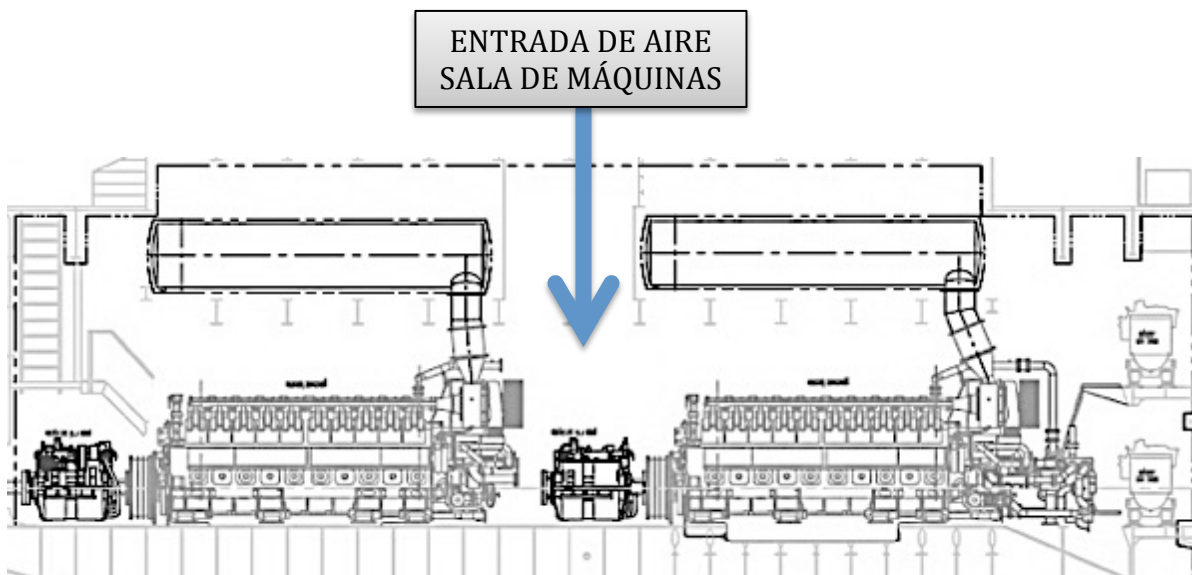
Sustitución por rotura del material, causando aumento de temperatura en la sala de máquinas y bajada de rendimiento del motor.



*Ilustración 66: Tramo colector escape  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 67: Tramo colector escape  
Fuente: Trabajo de campo*

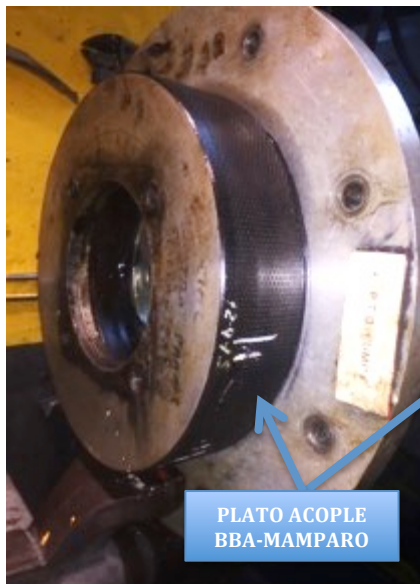


*Ilustración 68: Plano Sala de Máquinas  
Fuente: Manuales del buque [2]*

El diseño de la ventilación de la sala de máquinas dificulta la entrada de aire más fresco al motor de proa ya que el aire entra por el centro de la sala de máquinas (*ilustración 68*), y esto se traduce en gases de escape a mayor temperatura.

**CASO N°4: ROTURA DAMPING RING BOMBA PTO BABOR**

El acople de la Bba PTO al mamparo del barco a través del damping ring siendo la parte mas débil y debido a las vibraciones en esa zona se agrieta hasta romper. Se lleva un seguimiento diario checkeando la evolución de las grietas.



*Ilustración 69: Damping Ring  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 70: Damping Ring  
Fuente: Trabajo de campo*

La bomba PTO eleva la presión del sistema hidráulico de popa cuando el buque esta navegando ya que esta engranada a un eje de la reductora del motor principal de popa.



*Ilustración 71: Eje PTO (reductora)  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 72: Reloj comparador sobre eje  
Fuente: Trabajo de campo*

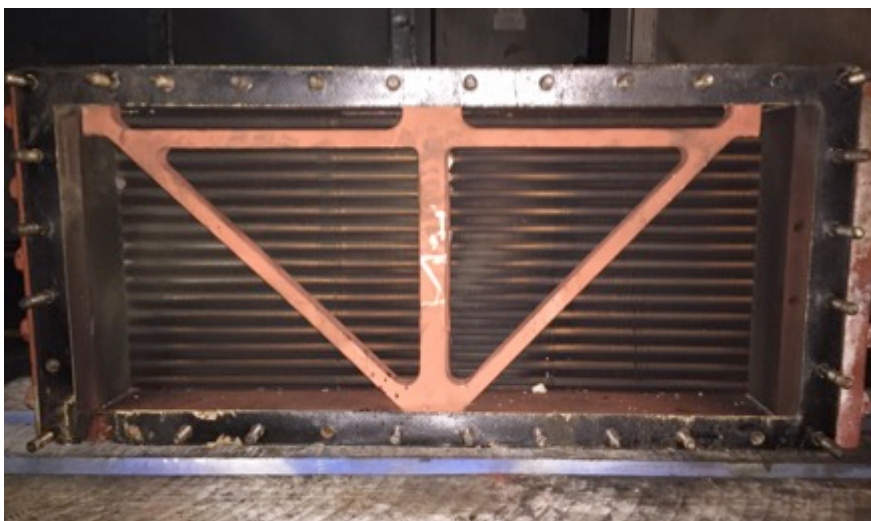


**CASO N°5: CAMBIO DE ENFRIADOR DE AIRE DE BARRIDO**

Motor principal con problemas de altas temperaturas, se le ha cambiado una turbo y los enfriadores de barrido, parece que el problema mejora pero como se comenta en el caso n°3 la disposición de la sala de máquinas no favorece al motor de proa, con una diferencia considerable de temperaturas entre un motor y otro de la misma sala de máquinas.



*Ilustración 73: Enfriador aire de barrido  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 74: Enfriador aire de barrido  
Fuente: Trabajo de campo*

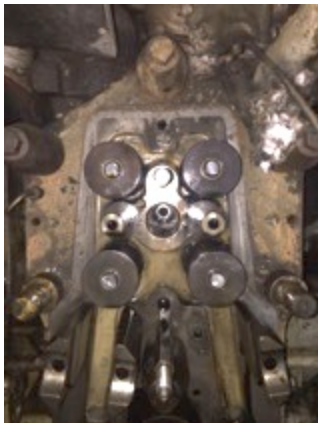


**CASO N°6: DESMONTAJE DE LA CULATA 1A MOTOR PRINCIPAL**

Durante una inspección en el PIME (*Port Inner Main Engine*) en un tramo de eje de camones se observó la leva de inyección con desgaste, se continuó desmontando los balancines y empujadores junto con la bomba de inyección, se descubrió la rotura del taqué de inyección (*ilustración 77*) y desgaste entre el balancín y puente de válvulas de escape, se optó por el cambio de culata, tramo de eje de camones y taqué de inyección.



*Ilustración 75: Culata 1A PIME  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 76: Culata 1A  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 77: Taqué inyección  
Fuente: Trabajo de campo*

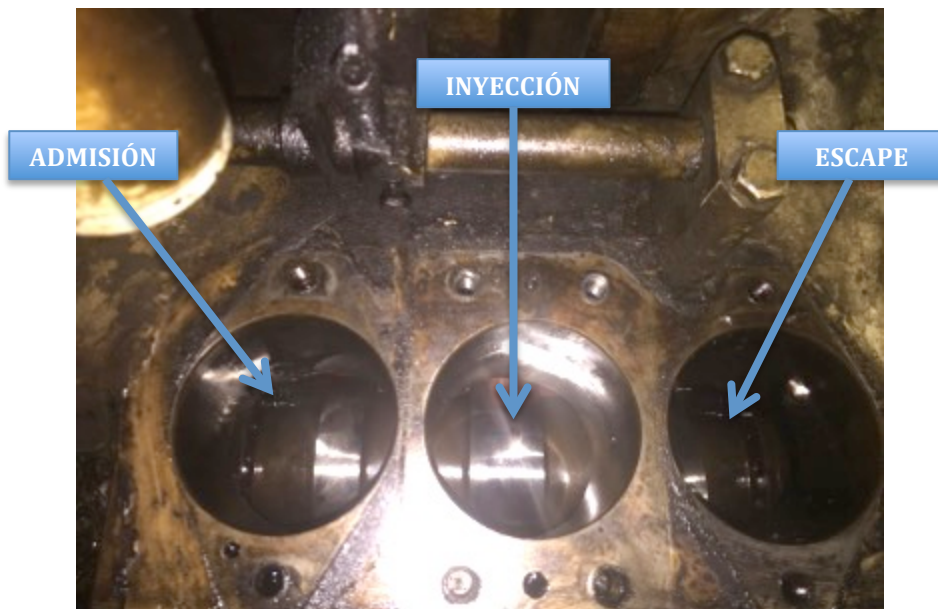


*Ilustración 78: Culata 1A  
Fuente: Trabajo de campo*



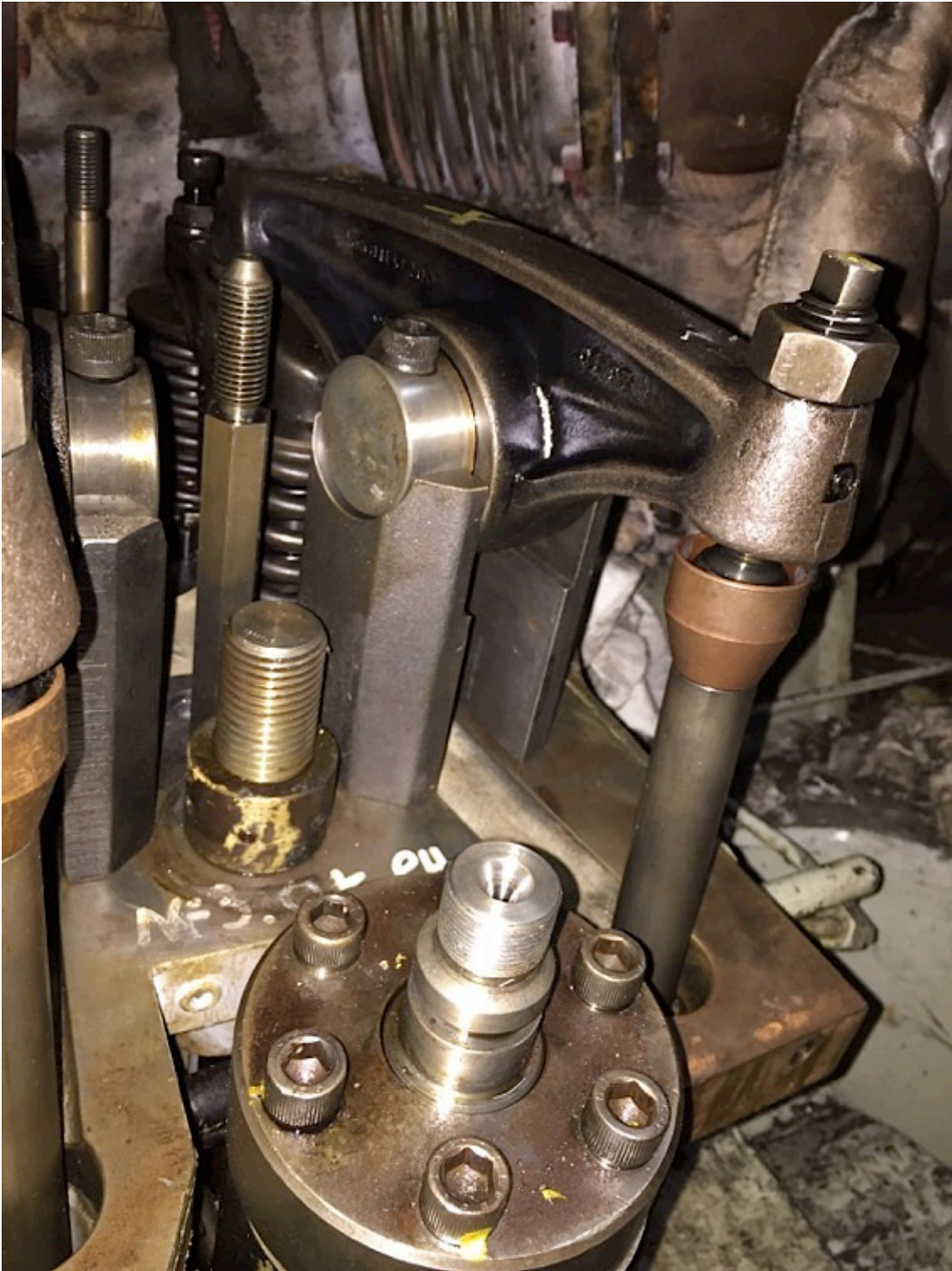
*Ilustración 79: Tramos de camones 1A-2A*  
*Fuente: Trabajo de campo*

El tramo de eje de camones y el taqué de inyección fueron reemplazados por componentes nuevos mientras que la culata fue sustituida por otra reconstruida.



*Ilustración 80: Tramo de camones 1A*  
*Fuente: Trabajo de campo*





*Ilustración 81: Culata 1A y Bba. Inyección  
Fuente: Trabajo de campo*

### CASO N°7: CAMBIO DE PERNOS T-FOIL

Debido a un golpe en navegación hubo que sustituir los pernos del T-Foil de babor, cada perno lleva una camisa de teflón, el apriete de estos pernos se realiza con una bomba de apriete, en tres aprietes distintos, esta reparación se hace con el buque parado.



*Ilustración 82: Pernos T-Foil  
Fuente: Trabajo de campo*

En las imágenes, encima de la cabeza del perno se observa un seguro, colocado para que no ceda la tensión del mismo.



*Ilustración 83: Pernos T-Foil  
Fuente: Trabajo de campo*

### **CASO N°8: INSPECCIÓN ROTABOLT Y SUPERBOLT**

En cada motor principal en sus extremos, se unen la bancada y el bloque a través de los rotabolt o superbolt. Los rotabolt actúan como sustituto de tuercas y tornillos. Una vez se ajuste y se apriete al par necesario la parte superior queda fija, en caso de que la tensión afloje la parte superior queda libre, siendo una manera fácil para un chequeo visual regular.



*Ilustración 84: Rotabolt SOME lado B  
Fuente: Trabajo de campo*

Cuando la tuerca empieza a ganar diámetro el par de apriete se eleva exponencialmente, la ventaja de los superbolt es que también mejoran el diseño original del perno garantizando el funcionamiento y facilitando el mantenimiento.



*Ilustración 85: Nuevos superbolt  
Fuente: Trabajo de campo*



**CASO N°9: CAMBIO DE CULATA MOTOR AUXILIAR N°2**

Mantenimiento, cambio de culata por 10000 horas de funcionamiento.



*Ilustración 86: Culata MA2  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 87: Desmontaje Culata MA2  
Fuente: Trabajo de campo*

Se realizan las siguientes reparaciones con el objetivo de dejar la máquina en correctas condiciones de funcionamiento y operación.

Sustitución de culata reconstruida, sustitución de inyectores reconstruidos, sustitución de elementos termostáticos, bomba de agua dulce, reglaje de válvulas y cambio de filtros del motor.



*Ilustración 88: Inyectores MA 2  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 89: Desmontaje culata MA 2*  
*Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 90: Desmontaje culata MA 2*  
*Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 91: Culata reacondicionada MA2*  
*Fuente: Trabajo de campo*

La culata reconstruida viene cubierta de una grasa (*ilustración 91*) con el fin de protegerla en su transporte.



*Ilustración 92: Culata usada MA2  
Fuente: Trabajo de campo*

Se ha extraído la culata del motor auxiliar nº2 de la sala de máquinas para evaluación en taller de Finanzauto.

Una vez se realiza el trabajo se comprueba el correcto funcionamiento de la unidad, no se detecta ninguna anomalía en el funcionamiento.



**CASO N°10: DESMONTAJE VVA. TERMOSTÁTICA DE ACEITE SIME**

Aparte de la limpieza y la posterior prueba de la válvula termostática de aceite en este caso el SIME (*Starboard Inner Main Engine*) no debería ser necesario ningún mantenimiento. El rango de operación es preestablecido y no puede ser ajustado, así que se retira para enviarla a un taller para la revisión de la misma.



*Ilustración 93: Termostática aceite SIME  
Fuente: Trabajo de campo*

En el procedimiento se retira la válvula termostática del motor, se desmonta y se limpia cada pieza. Para luego examinar y evaluar los elementos, a continuación se procede a volver a montar la válvula.



*Ilustración 94: Termostática aceite SIME  
Fuente: Trabajo de campo*

**CASO N°11: CAMBIO DE OBTURADORES SELLO DE BOCINA**

Los obturadores o sellos de bocina aseguran una completa separación del aceite proveniente de la bocina y el agua de mar.



*Ilustración 95: Cambio obturadores sello PIME  
Fuente: Trabajo de campo*

Las diferencias de calado en los buques y el aumento en la capacidad de carga obligan a que las obturaciones rindan bien. Cuanto mayor es la diferencia de calado, mayores son las diferencias de presión que soporta el anillo.



*Ilustración 96: Cambio obturadores sello  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 97: Cambio obturadores sello  
Fuente: Trabajo de campo*

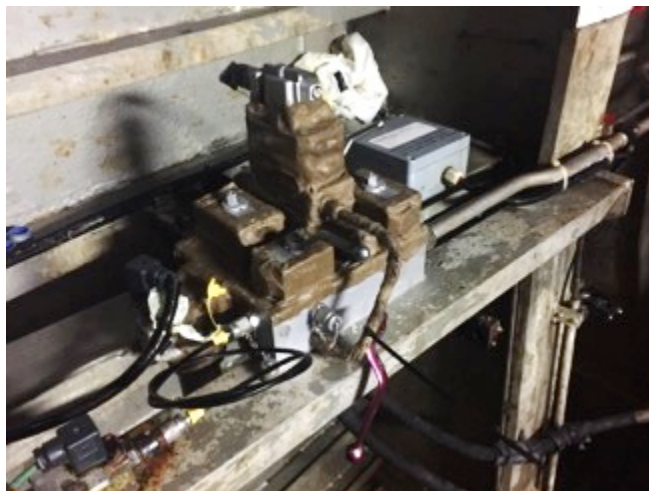
**CASO N°12: BLOQUE DE VÁLVULAS Y ACUMULADOR T-FOIL**

El T-Foil no realiza todo su recorrido se cambia el actuador pero sigue igual, se opta por cambiar el bloque de válvulas y el acumulador parece que se da con la solución de momento.



*Ilustración 98: Bloque de válvulas y acumulador T-Foil  
Fuente: Trabajo de campo*

El actuador del T-Foil tiene un movimiento totalmente vertical, no como el actuador del T-Tab que tiene movimiento vertical además de movimiento horizontal.



*Ilustración 99: Bloque de válvulas T-Foil  
Fuente: Trabajo de campo*



**CASO N°13: DESMONTAJE WATERJETS BABOR**

Este trabajo se realizó durante la varada del buque en Marzo de 2015, se extrajeron las toberas de los waterjets de babor. El trabajo consistió en el reacondicionado de las dos toberas de los waterjets, cambio de ánodos y aplicación de antifouling.



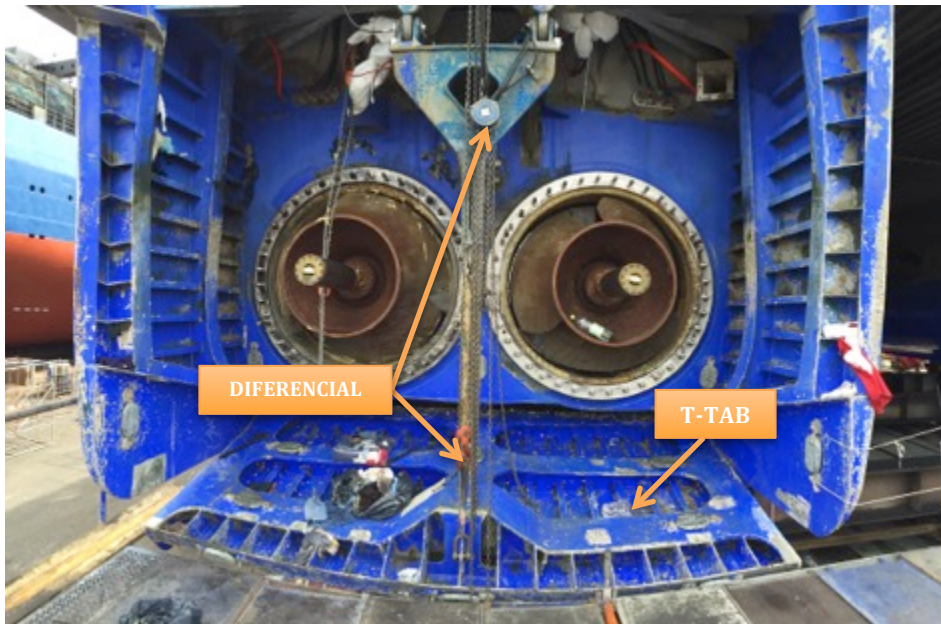
*Ilustración 100: Extracción waterjet babor  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 101: Waterjet babor  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 102: Waterjet babor  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 103: Hélices babor*  
*Fuente: Trabajo de campo. Varada*

Arriba el sistema hidráulico de popa despresurizado por lo que el T-Tab esta asegurado con dos diferenciales (*ilustración 103*).

Una vez quedaron las hélices vistas se realizaron soldaduras y mantenimiento por la aparición de grietas en las mismas como se puede ver abajo (*ilustraciones 104 y 105*).



*Ilustración 104: Hélices babor*  
*Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 105: Hélices babor*  
*Fuente: Trabajo de campo*





*Ilustración 106: Casquillos waterjet estribor  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 107: Casquillos waterjet estribor  
Fuente: Trabajo de campo*



*Ilustración 108: Casquillos waterjet estribor  
Fuente: Trabajo de campo*



Se cambiaron todos los casquillos y los bulones de las cucharas de los waterjet, esto es el eje donde pivota la cuchara.



*Ilustración 109: Casquillos waterjet estribor  
Fuente: Trabajo de campo. Varada*

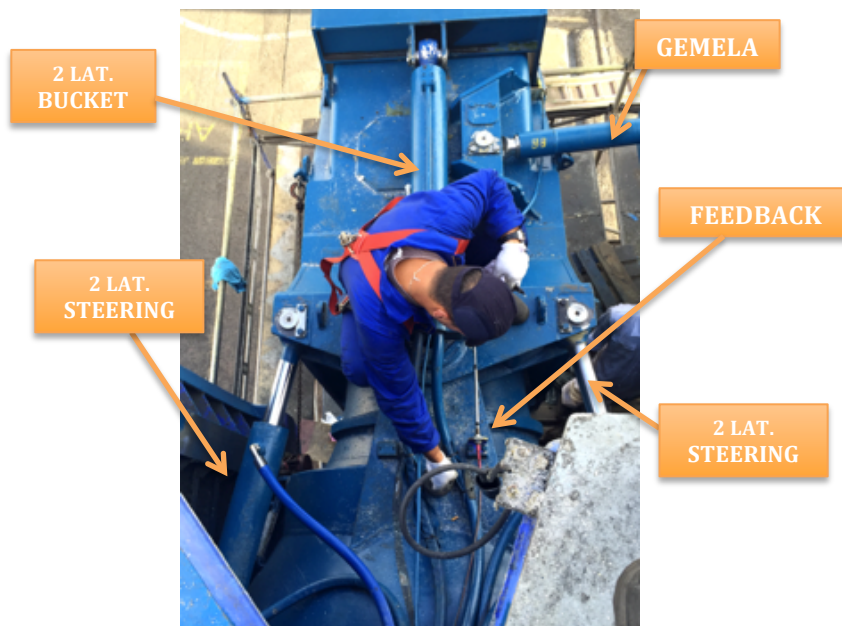
**CASO N°14: SUSTITUCIÓN DE JUNTAS Y LATIGUILLOS SISTEMA HIDRÁULICO DE POPA**

A través del espejo (*ilustración 110*) el aceite presurizado pasa de la sala de jets a un bloque distribuidor de aceite hidráulico al exterior del buque. Donde salen dos latiguillos por pistón hidráulico, dos parejas para el steering y una pareja para el bucket (*ilustración 111*).



*Ilustración 110: Juntas pasa-mamparos*  
Fuente: Trabajo de campo

Se cambiaron las cuatro juntas pasa-mamparos de los cuatro jets y se desecharon latiguillos y cables feedback dañados para la salida de la varada. El latiguillo rojo (*ilustración 103*) va conectado a la tobera y es una línea de aspiración de agua para la refrigeración del aceite hidráulico en un enfriador en la sala de jets.



*Ilustración 111: Latiguillos y feedbacks WJ.*  
Fuente: Trabajo de campo





***VI. CONCLUSIONES***



## 6. CONCLUSIONES

En este ultimo apartado expondré los resultados planteados a lo largo de todo el trabajo con el nombre descriptiva, funcionamiento y averías del buque F/F Bonanza Express.

- Hemos analizado cual es la finalidad que tienen los diferentes sistemas del buque para su correcto funcionamiento.
- Describimos en este trabajo las reparaciones de mantenimiento en las que participe en el Bonanza Express.
- Durante las prácticas en el F/F Bonanza Express se ha observado el método de trabajo en este tipo de buque, es decir, la manera de proceder y actuar ante cada situación.
- Nos habituamos a la interpretación de dibujos, manuales y a los diferentes circuitos de la máquina.



***VII. BIBLIOGRAFÍA***



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.fredolsen.es/es/flota/bonanza-express>
- [2] Manual Ruston 20RK270
- [3] INCAT 051 Manual.
- [4] [http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/254D4F9A-FE6E-4EF2-BE74-F341313226D0/104333/IT\\_2011A06\\_Bonanza\\_Express\\_WEB1.pdf](http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/254D4F9A-FE6E-4EF2-BE74-F341313226D0/104333/IT_2011A06_Bonanza_Express_WEB1.pdf)
- [5] Manual de procedimientos de T-tabs y T-foils.
- [6] Manual Lips Control System – Funciones y operación.
- [7] Manual de operación y servicio F/F Bonanza Express.
- [8] Manual despiece Ruston 20RK270.
- [9] Manual de operación y mantenimiento CAT3406.

