

INSTAL·LACIÓ I PROVES DE MAR D'UN ESTABILITZADOR GIROSCÒPIC EN UNA EMBARCACIÓ SIRENA 64

Treball Final de Grau



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Treball realitzat per:
Sergi Martí Navarro

Dirigit per:
Marcel·la Castells

Grau en Nàutica i Transport Marítim

Barcelona, 02/07/2023

Departament de Ciència i Enginyeria Nàutiques

Agraïments

Agrair a la meva tutora del TFG Marcel·la Castells per ajudar-me en tot moment. Al meu tutor de les pràctiques curriculars Jaime Fornells per ajudar-me i formar-me en l'àmbit professional. Als meus pares i el meu germà per donar-me suport des del principi del grau.

Gràcies.

Resum

Aquest treball té el seu origen en les meves pràctiques curriculars en una empresa del sector nàutic, on he tingut l'oportunitat d'aprendre i explorar un món fascinant: el de la nàutica d'esbarjo. Durant aquesta experiència, he après una gran quantitat de coneixements i habilitats que mai hauria imaginat ser-ne necessaris per a convertir-me en un capità competent. He tingut l'oportunitat de treballar en diferents aspectes de l'embarcació, des de la seva estructura i funcionament fins a la instal·lació de sistemes avançats com el Seakeeper. Aquestes pràctiques m'han mostrat la importància de comprendre i dominar tots els detalls i aspectes tècnics d'una embarcació, ja que això és fonamental per a la seguretat i el bon funcionament a bord.

El treball té com a finalitat proporcionar una visió detallada del procés d'instal·lació d'un estabilitzador giroscòpic, concretament un Seakeeper, en una embarcació. L'objectiu principal és compartir l'experiència i els coneixements adquirits durant aquesta tasca, destacant els passos i les consideracions clau per a una instal·lació exitosa. Aquesta informació pot ser útil per a altres propietaris d'embarcacions o professionals de la indústria nàutica que estiguin interessats en implementar un estabilitzador giroscòpic en les seves embarcacions. A través d'aquest treball, es descriuran els diversos aspectes relacionats amb la preinstal·lació, l'elecció dels components adequats, la instal·lació pròpiament dita i altres consideracions importants per a aquest procés. Amb aquesta informació, s'espera proporcionar una guia útil i completa per a aquells que busquin comprendre i realitzar amb èxit la instal·lació d'un Seakeeper en una embarcació.

Abstract

This work originates from my curricular internship at a nautical company, where I had the opportunity to learn and explore a fascinating world: that of boats. During this experience, I have acquired a significant amount of knowledge and skills that I would have never imagined to be necessary to become a competent captain. I have had the opportunity to work on various aspects of the vessel, from its structure and functioning to the installation of advanced systems such as the Seakeeper. These internships have shown me the importance of understanding and mastering all the technical details and aspects of a boat, as this is fundamental for safety and proper operation on board.

The purpose of this work is to provide a detailed overview of the process of installing a Seakeeper on a boat. The main objective is to share the experience and knowledge acquired during this task, highlighting the key steps and considerations for a successful installation. This information can be useful for other boat owners or professionals in the nautical industry who are interested in implementing a gyroscopic stabilizer on their vessels. Through this work, various aspects related to pre-installation, choosing the appropriate components, the actual installation process, and other important considerations for this process will be described. With this information, it is hoped to provide a useful and comprehensive guide for those seeking to understand and successfully carry out the installation of a Seakeeper on a boat.

Taula de continguts

AGRAÏMENTS.....	i
RESUM.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TAULA DE CONTINGUTS.....	iv
LLISTAT DE FIGURES.....	vi
LLISTAT DE TAULES.....	ix
<u>CAPÍTOL 1. ESTABILITZADORS NÀUTICS.....</u>	<u>1</u>
1.1. TIPUS D'ESTABILITZADORS.....	2
1.1.1. QUILLES DE BALANÇ.....	3
1.1.2. ALETA ESTABILITZADORA.....	4
1.1.3. ESTABILITZADORS GIROSCÒPICS.....	5
1.2. DISSENYADORS D'ESTABILITZADORS GIROSCÒPICS: EMPRESES DESTACADES.....	11
1.3. SEAKEEPER.....	12
1.3.1. MODELS.....	13
<u>CAPÍTOL 2. DESCRIPCIÓ DEL SIRENA 64.....</u>	<u>25</u>
2.1. SIRENA YACHTS.....	25
2.2. SIRENA 64.....	27
2.3. COMPATIBILITAT AMB SEAKEEPER.....	29
<u>CAPÍTOL 3. PRE-INSTAL·LACIÓ.....</u>	<u>31</u>
3.1. PROTECCIÓ DE LA ZONA DE TREBALL.....	33
3.2. OBRIR REGISTRE PER ACCEDIR A SALA DE MÀQUINES.....	35
3.3. DESMUNTATGE DE LA SALA DE MÀQUINES.....	37
3.4. REALITZAR FORATS I ROSQUES A LA BANCADA.....	40
3.5. MUNTATGE DE LA PANTALLA DE SEAKEEPER.....	44
3.6. INSTAL·LACIÓ DE LA BOMBA D'AIGUA.....	46
<u>CAPÍTOL 4. INSTAL·LACIÓ DEL SEAKEEPER 16.....</u>	<u>49</u>
4.1. PUJAR L'EMBARCACIÓ A TERRA.....	49
4.2. REALITZAR ENTRADA I SORTIDA D'AIGUA DE REFRIGERACIÓ AL BUC.....	51
4.3. CONTRACTACIÓ DE GRUA I COL·LOCACIÓ DEL SEAKEEPER.....	53
4.4. CARGOLAR EL SEAKEEPER I FER EL CONNEXIONAT.....	57
4.5. BAIXAR I AMARRAR L'EMBARCACIÓ.....	60
4.6. POSADA EN MARXA.....	61
4.7. MUNTATGE DE LA SALA DE MÀQUINES.....	62
4.8. EMPLENAR SIKAFLEX I REPARAR REGISTRE.....	63

CAPÍTOL 5. PROVES DE MAR.....	65
CONCLUSIÓ.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	71

Llistat de Figures

Figura 1. Els sis graus de llibertat del moviment d'un vaixell.....	1
Figura 2. Quilles de balanç.....	3
Figura 3. Aleta estabilitzadora retràctil.....	4
Figura 4. USS HENDERSON amb dos estabilitzadors giroscòpics.....	5
Figura 5. Transatlàntic SS Conte di Savoia durant les proves de mar.....	6
Figura 6. Esquema del funcionament de l'estabilitzador giroscòpic.....	7
Figura 7. Esquema de l'estabilitzador giroscòpic.....	7
Figura 8. Estabilitzador giroscòpic refrigerat per aigua de la marca Seakeeper.....	8
Figura 9. Estabilitzador giroscòpic refrigerat per aire.....	9
Figura 10. Logo de Seakeeper.....	12
Figura 11. Hessen 37 "Aurelia" amb dos Seakeepers instal·lats.....	13
Figura 12. Seakeeper 1.....	14
Figura 13. Seakeeper 2.....	15
Figura 14. Seakeeper 3.....	16
Figura 15. Seakeeper 5.....	17
Figura 16. Seakeeper 6.....	18
Figura 17. Seakeeper 9.....	19
Figura 18. Seakeeper 16.....	20
Figura 19. Seakeeper 18.....	21
Figura 20. Seakeeper 26.....	22
Figura 21. Seakeeper 35.....	23
Figura 22. Logo de Sirena Yachts.....	25
Figura 23. Sirena 68.....	26
Figura 24. Sirena 64.....	27
Figura 25. Comparació del Seakeeper 16 i 18 amb Sirena 64.....	30
Figura 26. Plànol de sala de màquines de Sirena 64.....	31
Figura 27. Numeració del plànol de Sirena 64.....	32
Figura 28. Autor tallant les fustes de protecció.....	33

Figura 29. Banyera de l'embarcació totalment protegida.....	34
Figura 30. Retiració del Sikaflex mitjançant una serra oscil·ladora.....	35
Figura 31. Registre fora el dia de l'operació de la instal·lació del Seakeeper.....	36
Figura 32. Sostre de sala de màquines parcialment desmuntat.....	37
Figura 33. Suports metàl·lics del terra.....	38
Figura 34. Forat on va instal·lat l'estabilitzador.....	39
Figura 35. Plànol de la base del Seakeeper 16/18.....	40
Figura 36. Base del Seakeeper presentada a la bancada.....	41
Figura 37. Trepant magnètic perforant la bancada.....	42
Figura 38. Cargols M14 grau 10.9.....	42
Figura 39. Plantilla de la pantalla del Seakeeper.....	44
Figura 40. Retall del govern amb la serra oscil·ladora.....	45
Figura 41. Pantalla del Seakeeper fixada.....	45
Figura 42. Bomba d'aigua PML500C de Dometic.....	46
Figura 43. Bomba d'aigua PML500C instal·lada.....	47
Figura 44. Sirena 64 aixecat per la grua.....	50
Figura 45. Filtre d'entrada d'aigua de mar amb vàlvula del Seakeeper.....	51
Figura 46. Sortida d'aigua de mar del Seakeeper.....	52
Figura 47. Exemple de com agafar el Seakeeper 16/18.....	53
Figura 48. Col·locació de la barra de tensió a les anelles del Seakeeper.....	54
Figura 49. Seakeeper elevat a punt d'entrar dins l'embarcació.....	55
Figura 50. Seakeeper entrant per la banyera de l'embarcació amb la grua.....	55
Figura 51. Seakeeper col·locat a la sala de màquines.....	56
Figura 52. Autor collant els cargols amb la clau dinamomètrica.....	57
Figura 53. Seakeeper amb els tubs col·locats a l'intercanviador.....	58
Figura 54. Plànol del Seakeeper 16/18 amb les connexions a terra.....	59
Figura 55. Grua de V de Bravado preparant per baixar el Sirena 64.....	60
Figura 56. Seakeeper 16 instal·lat amb sala de màquines muntada.....	62
Figura 57. Registre de la sala de màquines amb Sikaflex sobresortint el carril.....	63
Figura 58. Registre de la sala de màquines polit i reparat.....	64

Figura 59. Sirena 64 sortint per la bocana del port de Premià de Mar.....66

Figura 60. Captura de pantalla de l'aplicació Seakeeper amb gràfica dels resultats.....67

Llistat de Taules

Taula 1. Especificacions tècniques del Seakeeper 1.....	14
Taula 2. Especificacions tècniques del Seakeeper 2.....	15
Taula 3. Especificacions tècniques del Seakeeper 3.....	16
Taula 4. Especificacions tècniques del Seakeeper 5.....	17
Taula 5. Especificacions tècniques del Seakeeper 6.....	18
Taula 6. Especificacions tècniques del Seakeeper 9.....	19
Taula 7. Especificacions tècniques del Seakeeper 16.....	20
Taula 8. Especificacions tècniques del Seakeeper 18.....	21
Taula 9. Especificacions tècniques del Seakeeper 26.....	22
Taula 10. Especificacions tècniques del Seakeeper 35.....	23
Taula 11. Especificacions tècniques del Sirena 64.....	28
Taula 12. Dades prova de mar.....	66

Capítol 1. Estabilitzadors nàutics

Els estabilitzadors del vaixell són elements essencials per a vaixells de passatge, iots i altres vaixells que necessiten minimitzar al màxim els moviments. Els graus de llibertat del moviment són tots els moviments que pot desenvolupar un objecte a l'espai. En el nostre context, l'objecte seria el vaixell i l'espai el mar.

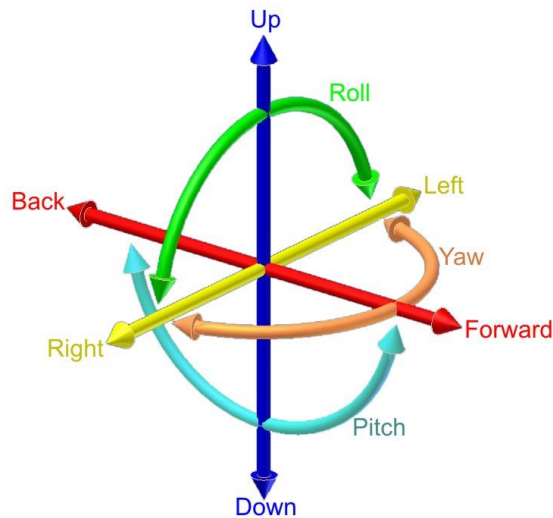


Figura 1: Els sis graus de llibertat del moviment d'un vaixell

Font: https://es.wikipedia.org/wiki/Seis_grados_de_libertad

Els sis graus de llibertat es refereix al moviment en un espai tridimensional, és a dir, la capacitat de moure's cap endavant/darrere, a dalt/a baix, esquerra/dreta (translació en tres eixos perpendiculars), combinats amb la rotació sobre tres eixos perpendiculars (Balanceig, Capcineig i Guinyada). El moviment al llarg de cadascun dels eixos és independent dels altres (amb excepció dels vaixells d'alta velocitat), i cada un és independent de la rotació sobre qualsevol dels eixos, el moviment de fet té sis graus de llibertat.

Quan parlem d'un estabilitzador de vaixells fem referència, principalment, al moviment de rotació de l'eix horitzontal quan oscil·la, la qual en anglès es denomina *rolling*. L'estabilitzador té com a objectiu eliminar o reduir el moviment oscil·lant del vaixell, i així fer que el vaixell es mogui amb més suavitat, cosa que redueix la possibilitat de marejos entre els passatgers i la tripulació. Quan hi ha una gran quantitat de moviment, pot passar una discrepància entre allò que la persona veu i allò que percep a través del sentit de l'oïda interna; aquesta és la causa dels marejos. Com més suau sigui el moviment, les possibilitats de marejar-se seran menors.

1.1. Tipus d'estabilitzadors

Els estabilitzadors nàutics són dispositius utilitzats en la navegació per reduir el moviment i la inestabilitat d'un vaixell en l'aigua. El seu objectiu principal és minimitzar, principalment, el balanceig del vaixell causats per les onades i altres forces externes.

Hi ha diversos tipus d'estabilitzadors nàutics que s'utilitzen en diferents tipus de vaixells. En aquest capítol introductori, s'explicarà amb detall dos dels estabilitzadors més utilitzats actualment: les quilles de balanç (estabilitzadors passius) i les aletes estabilitzadors (estabilitzadors actius). També es farà una descripció d'un altre tipus de sistema estabilitzador que és objecte d'estudi d'aquest TFE: l'estabilitzador giroscòpic.

Cada tipus d'estabilitzador té avantatges i desavantatges únics, i la seva elecció depèn del tipus de vaixell, les condicions de navegació i les preferències del propietari. És important avaluar les característiques de cada estabilitzador i determinar quin s'adequa millor a les necessitats de l'embarcació per garantir una navegació més suau i còmoda.

1.1.1. Quilles de balanç

Les quilles de balanç, també conegudes com a sistemes de compensació de balanceig, és un tipus d'estabilitzador nàutic que es basa en el principi físic del moment de la inèrcia. Les quilles de balanç són dissenyades específicament per contrarestar les forces laterals generades pel vent i les ones. Aquestes forces poden fer que el vaixell oscil·li lateralment, afectant la seva estabilitat i maniobrabilitat. Les quilles de balanç s'encarreguen de distribuir aquestes forces i mantenir el vaixell en equilibri.



Figura 2: Quilla de balanç

Font: https://es.wikipedia.org/wiki/Quilla_de_balance

Aquest tipus d'estabilitzador va ser desenvolupat per primer cop a finals del segle XIX i es va popularitzar durant la Primera Guerra Mundial, quan es va utilitzar per millorar l'estabilitat dels vaixells de guerra. Avui en dia, les quilles de balanç són comunes en vaixells grans com a iots, vaixells de creuer i vaixells de pesca.

Entre els avantatges de les quilles de balanç es troben la seva efectivitat en condicions de mar encalmada i moderada, la seva simplicitat mecànica i el fet que no necessiten energia externa per funcionar. Tanmateix, també hi ha desavantatges com la seva ineficàcia en condicions de mar agitada, el seu pes que pot afectar la maniobrabilitat del vaixell, l'augment de la superfície mullada que implica una resistència a l'avançament.

En general, les quilles de balanç són una opció popular per als vaixells grans que busquen augmentar la seva confortabilitat i reduir el moviment en condicions moderades de mar, però poden no ser la millor opció per a vaixells més petits o en condicions de mar agitada.

1.1.2. Aleta estabilitzadora

Les aletes estabilitzadores, també conegudes com a estabilitzadors de la superfície dels vaixells, són una opció popular per reduir el moviment dels vaixells en aigües agitada. Aquestes aletes es col·loquen sota la superfície de l'aigua a banda i banda del casc del vaixell.

El funcionament de les aletes estabilitzadores es basa en la creació d'una força hidrodinàmica en sentit contrari al moviment del vaixell, la qual contraresta els efectes del moviment ondulatori de l'aigua. Quan el vaixell s'inclina a una banda, la força hidrodinàmica generada per l'aleta en aquest costat augmenta, mentre que en la banda contrària es redueix. Això ajuda a estabilitzar el vaixell i a evitar que es balancegi excessivament.

Hi ha diversos tipus d'aletes estabilitzadores en el mercat, com ara les aletes fixades al buc del vaixell, les aletes desplegable, les aletes de volada i les aletes retràctils. Les aletes fixades al buc són les més senzilles, mentre que les desplegable es poden moure a la posició desitjada i s'amaguen al costat del vaixell quan no es necessiten. Les aletes de volada són més grans i poden ser hidràuliques o electromecàniques, permetent ajustar la seva posició i angle segons les condicions de la mar. Les aletes retràctils són similars a les aletes de volada, però es poden recollir completament dins del buc del vaixell quan no es necessiten.



Figura 3: Aleta estabilitzadora retràctil

Font: <https://tecnologia-maritima.blogspot.com/2014/07/aletas-estabilizadoras-retractiles.html?m=0>

Els avantatges de les aletes estabilitzadores són que són relativament senzilles i fàcils d'utilitzar, i que poden millorar significativament la comoditat i la seguretat dels passatgers i la tripulació en condicions de mar agitada. No obstant, els seus desavantatges inclouen que poden augmentar la resistència del vaixell, el que pot afectar la velocitat i l'eficiència del combustible, i que poden ser costoses d'instal·lar i mantenir. A més, en condicions meteorològiques extremes, les aletes estabilitzadores poden perdre eficàcia i el vaixell pot seguir sent inestable.

1.1.3. Estabilitzadors giroscòpics

Els estabilitzadors giroscòpics en el sector marítim són una tecnologia desenvolupada al segle XIX i principis del segle XX i s'utilitza per estabilitzar els moviments de balanceig als vaixells. La seva funció és similar a la dels giroscopis de moment de control o les rodes de reacció a les naus espacials: proporcionen estabilitat rotacional a través de la producció d'un parell de forces.

A la pràctica el sistema es va utilitzar poc als vaixells pel fet que resultava menys favorable la seva aplicació que el sistema d'estabilitzadors hidrodinàmics per mitjà d'aletes estabilitzadores, que tenien avantatges en cost i pes més reduïts.

No obstant això, des de la dècada dels 90 en endavant, va sorgir de nou l'interès en aquest sistema aplicat a vaixells petits, tals com a iots que requerien un sistema d'estabilització amb el vaixell aturat, fondejat o navegant a baixa velocitat, condicions en les quals les aletes estabilitzadores no proporcionen una bona estabilització del vaixell, ja que a diferència de les aletes, el giroscopi no depèn de la velocitat d'avançament del vaixell per generar un moment d'estabilització de balanceig.

El transport USS Henderson de la Primera Guerra Mundial, completat el 1917, va ser el primer vaixell gran que tenia instal·lat estabilitzadors giroscòpics. Tenia dos volants de 25 tones i 9 peus (2,7 m) de diàmetre muntats a prop del centre del vaixell, girats a 1100 rpm per motors de 75 CV (56 kW). Les caixes dels giroscopis es van muntar sobre coixinets verticals.

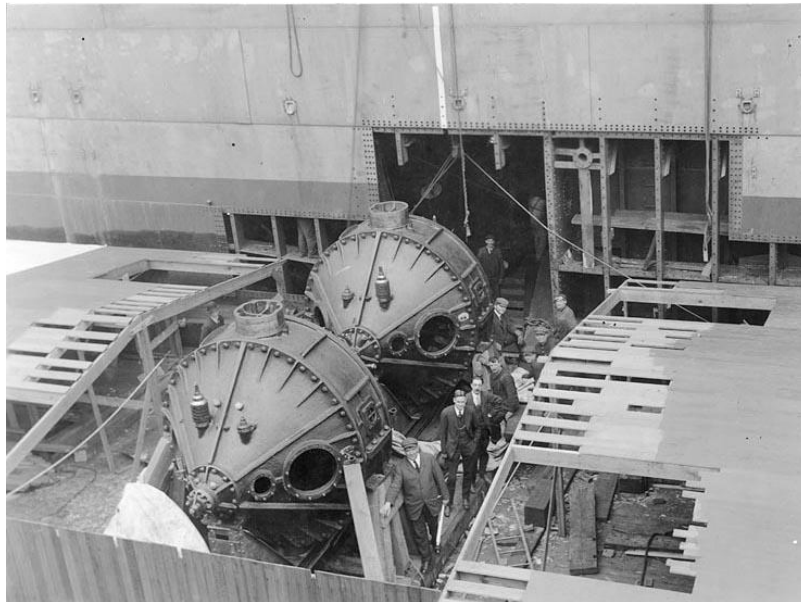


Figura 4: USS HENDERSON amb dos estabilitzadors giroscòpics

Font: <https://tecnologia-maritima.blogspot.com/2019/02/estabilizadores-giroscopicos.html>

Un dels vaixells més famosos que va utilitzar un giroscopi antibolcada va ser el vaixell de passatgers italià SS Conte di Savoia, que va navegar per primera vegada el novembre de 1932. Tenia tres volants que tenien 13 peus de diàmetre i pesava 108 tones.



Figura 5: Transatlàntic SS Conte di Savoia durant les proves de mar

Font: [https://es.wikipedia.org/wiki/Conte di Savoia](https://es.wikipedia.org/wiki/Conte_di_Savoia)

Els estabilitzadors giroscòpics presenten els avantatges, comparant-los amb les aletes estabilitzadores i les quilles de balanç, de no augmentar la resistència hidrodinàmica del vaixell (ja que és un element que està ubicat a l'interior del vaixell), no estan exposats al deteriorament produït per l'aigua de mar ni a l'acció de l'onatge en colpejar contra el buc, de manera que es pot mantenir en bones condicions sense deteriorar-se durant molt de temps.

L'estabilitzador giroscòpic és un equip format per un enorme volant, posat en rotació per un motor elèctric i amb gran massa de gir, cosa que produeix un enorme moment cinètic que produeix una elevada resistència al canvi a l'eix de gir.

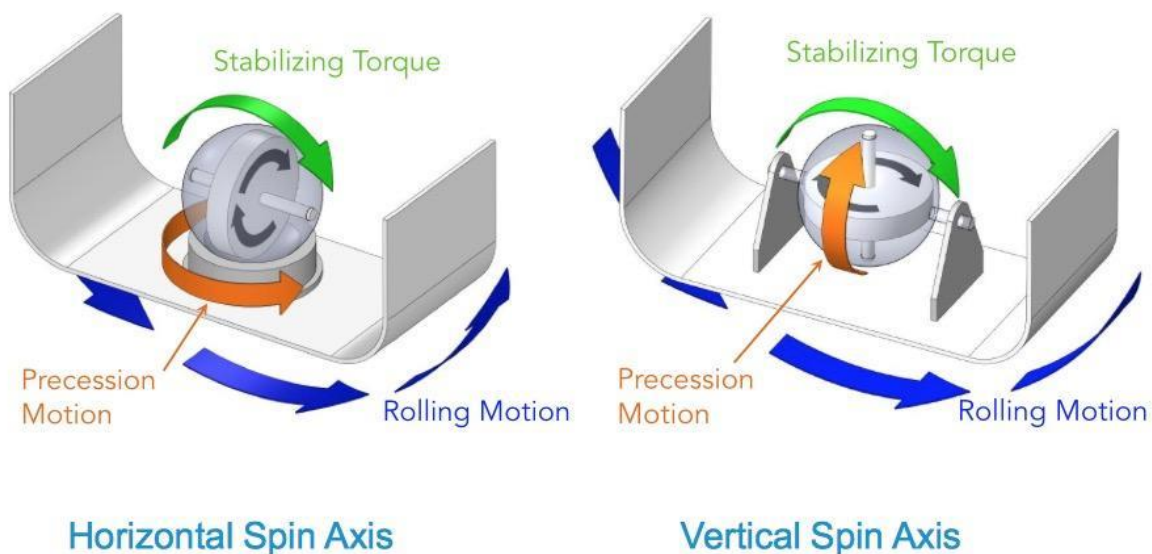


Figura 6: Esquema del funcionament de l'estabilitzador giroscòpic
Font: <https://tecnologia-maritima.blogspot.com/2019/02/estabilizadores-giroscopicos.html>

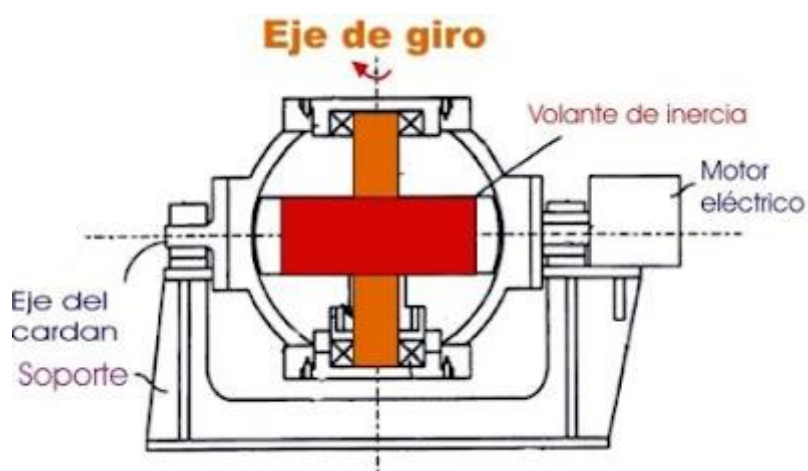


Figura 7: Esquema de l'estabilitzador giroscòpic
Font: <https://tecnologia-maritima.blogspot.com/2019/02/estabilizadores-giroscopicos.html>

El moment angular és el producte de la massa per la velocitat de gir. Aquest moment serà més gran, com més ràpid giri el volant d'inèrcia, com més pesi el disc i com més allunyada o més diàmetre sigui aquest volant de gir. El sistema consisteix en un volant d'inèrcia que gira en un eix vertical, muntat tot el conjunt sobre un sistema cardan perquè aquest eix de gir pugui romandre en posició vertical malgrat el capcineig o canvis de trimat del vaixell. Gràcies a aquest sistema cardan, tot el parell estabilitzador generat de moment angular del giròscop s'aprofita en la correcció del balanceig en romandre l'eix de gir a la vertical.

Al sector de la nàutica d'esbarjo, i més precisament al sector dels iots de luxe de grans eslores, són molt comuns els requisits de comoditat i confort en el disseny d'aquestes embarcacions. Per aquest motiu, grans drassanes de construcció especialitzades en aquest sector selecte, han inclòs aquests sistemes d'estabilització.

Actualment, la majoria dels estabilitzadors del mercat tenen masses relativament petites amb una alta velocitat de rotació (10.000-12.000 rpm).

No obstant això, aquesta velocitat de rotació provoca que augmenti ràpidament de temperatura per la qual cosa requereix refrigeració per aigua. Una limitació és que exigeix mantenir el sistema actiu prou temps, fins i tot amb el vaixell en el seu atracament o en fondeig, perquè s'elimini la inèrcia del giròscop.

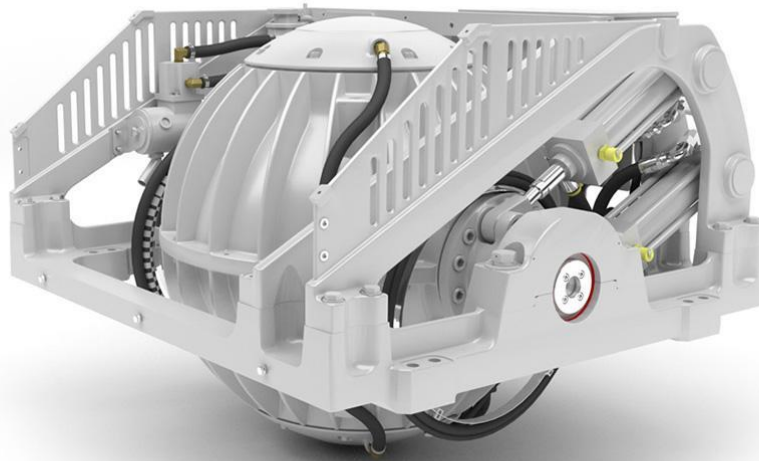


Figura 8: Estabilitzador refrigerat per aigua de la marca Seakeeper
Font: <https://www.seakeeper.com/seakeeper-products/seakeeper-9/>

En alguns nous models el sistema de refrigeració no es fa amb aigua sinó amb aire. Les preses d'aire exterior mantenen els usos actius durant la fase de parada del dispositiu. Aquesta nova tecnologia de refrigeració ha estat possible gràcies a l'ús de masses més grans combinades amb la reducció de la velocitat de rotació (al voltant de 4.500 rpm).



Figura 9: Estabilitzador giroscòpic refrigerat per aire

Font: <https://tecnologia-maritima.blogspot.com/2019/02/estabilizadores-giroscopicos.html>

A la pràctica, menys fricció dona com a resultat un menor estrès mecànic, cosa que permet a l'usuari desactivar el sistema mentre la massa s'atura de forma independent. S'ha de tenir en compte que un sistema refrigerat per aigua requereix aproximadament 55 minuts per estar actiu, mentre que aquest sistema refredat per aire necessita només 35 minuts.

L'estabilitzador giroscòpic ofereix una sèrie de avantatges per a una embarcació. En primer lloc, aquest sistema proporciona estabilitat sense comprometre el rendiment de la nau. Amb el seu disseny compacte i fàcil instal·lació, l'estabilitzador giroscòpic és totalment intern i no introdueix resistències hidrodinàmiques addicionals, evitant la pèrdua de velocitat o consum. A més, no requereix elements que toquin l'aigua, eliminant la necessitat d'apèndixs mullats que poden causar fricció i resistència.

Un altre avantatge és la seva eficàcia independent del flux d'aigua. Aquest sistema és efectiu tant a alta com a baixa velocitat, fins i tot en situacions de parada completa. Això significa que l'embarcació romandrà estable fins i tot en condicions de mar agitada o en repòs, sense dependre del moviment de l'aigua.

La versatilitat també és una característica clau. L'estabilitzador giroscòpic pot ser instal·lat en diferents ubicacions de la nau segons les necessitats i preferències de l'usuari. A més, es pot augmentar l'efectivitat del sistema amb l'ús de múltiples unitats.

Un altre avantatge és el baix manteniment requerit. Aquest sistema no necessita ajustos periòdics i no introdueix riscos d'errors. Els seus components estan continguts dins de la unitat, i només requereix l'alimentació amb corrent elèctric per funcionar correctament. Això resulta en un cost operatiu mínim i menys temps i despeses dedicades al manteniment.

Finalment, el sistema giroscòpic no introdueix arrossegament de brutícia o restes flotants, ja que és completament intern i no té elements externs que puguin acumular suports indesitjats. Aquest sistema utilitza electricitat en comptes de sistemes hidràulics, permetent l'ús de preses de força per a altres tasques a bord, com ara l'alimentació del molinet d'àncora o els propulsors de proa.

En resum, l'estabilitzador giroscòpic ofereix estabilitat eficaç, versàtil i de baix manteniment per a una embarcació, millorant l'experiència a bord en diverses condicions de navegació.

Encara que l'estabilitzador giroscòpic ofereix moltes avantatges, també hi ha algunes desavantatges a tenir en compte. En primer lloc, cal considerar el cost inicial d'instal·lació. L'estabilitzador giroscòpic és una tecnologia avançada i, per tant, pot representar una inversió significativa per als propietaris d'embarcacions. Això pot limitar la seva accessibilitat per a aquells amb pressupostos més ajustats.

Un altre aspecte a tenir en compte és el pes addicional que l'estabilitzador giroscòpic pot afegir a l'embarcació. Com a dispositiu intern, requereix una estructura sòlida i pot requerir modificacions en la distribució de pes de la nau. Això pot afectar el rendiment general de l'embarcació i fins i tot limitar la seva capacitat de càrrega.

Un altre aspecte important és la dependència d'energia elèctrica per al seu funcionament. Això significa que es necessita un sistema elèctric fiable i una font d'alimentació constant perquè l'estabilitzador giroscòpic funcioni adequadament. En cas de fallada o interrupció de l'energia elèctrica, l'estabilitat de l'embarcació podria veure's afectada.

Finalment, encara que l'estabilitzador giroscòpic és eficaç en la majoria de les condicions, pot tenir limitacions en situacions extrems, com marejades molt intenses o vents forts. En aquests casos, l'estabilitzador pot tenir dificultats per contrarestar completament els moviments de l'embarcació i no proporcionar la mateixa estabilitat que en condicions més moderades.

1.2. Dissenyadors d'estabilitzadors giroscòpics: Empreses destacades

En el sector nàutic, hi ha diverses empreses dedicades al disseny d'estabilitzadors giroscòpics per millorar l'experiència de navegació. Algunes d'aquestes empreses notables inclouen:

1. Quick: Quick ofereix l'estabilitzador giroscòpic MC², que és reconegut pel seu rendiment excel·lent en la reducció del moviment del vaixell. Aquest estabilitzador és àmpliament utilitzat per proporcionar una navegació més suau i confortable.

2. Smartgyro: Smartgyro és un fabricant que ofereix estabilitzadors giroscòpics innovadors per a embarcacions de diferents mides. Els seus productes són coneguts per la seva facilitat d'instal·lació, rendiment efectiu i operació sense manteniment.

3. ARG (Anti-Rolling Gyro): ARG és una empresa especialitzada en estabilitzadors giroscòpics per a vaixells de recreació i comercials. Els seus productes són dissenyats per reduir el moviment del vaixell i proporcionar una navegació més estable i còmoda.

4. Seakeeper: Seakeeper és un dels fabricants més reconeguts en el mercat d'estabilitzadors giroscòpics. Els seus productes són coneguts per la seva tecnologia avançada i rendiment excepcional. Seakeeper ofereix una àmplia gamma d'estabilitzadors giroscòpics per a diverses mides d'embarcacions.

En aquest treball, ens centrarem principalment en Seakeeper, ja que ha sigut el model de l'estabilitzador giroscòpic de Seakeeper el que s'ha instal·lat a la nostra embarcació. Seakeeper és una empresa líder en la indústria dels estabilitzadors giroscòpics i és reconeguda per la seva tecnologia avançada i rendiment excepcional. Analitzarem en detall les característiques, els avantatges i els beneficis específics que el model de Seakeeper ha aportat a la nostra embarcació, així com el procés d'instal·lació i les consideracions tècniques associades. Amb això, podrem comprendre millor l'impacte i els beneficis pràctics que l'estabilitzador giroscòpic de Seakeeper ha tingut en la nostra experiència de navegació.

1.3. Seakeeper

<https://www.seakeeper.com> és una empresa que va ser fundada l'any 2003 per un empresari i un enginyer naval que buscaven trobar una solució per reduir el balanceig dels vaixells en mar picada. Els fundadors es van adonar que el balanceig excessiu era un dels problemes més comuns i molestos que s'enfrontaven els navegants, però fins aleshores no hi havia cap solució eficaç per a aquest problema. Així doncs, es va formar Seakeeper per desenvolupar i produir estabilitzadors revolucionaris que reduïssin el moviment dels vaixells en alta mar.

La companyia està ubicada a Califòrnia, Estats Units, i actualment és líder en el sector de la tecnologia d'estabilització de vaixells. Seakeeper ofereix una àmplia gamma de models de diferents dimensions i capacitats, que van des de les petites embarcacions fins a grans iots i vaixells comercials.

El seu producte principal són els estabilitzadors giroscòpics, que són uns dispositius que utilitzen la força giroscòpica per reduir el moviment d'un vaixell en alta mar. Aquests estabilitzadors són dissenyats perquè siguin fàcils de mantenir i instal·lar en qualsevol tipus de vaixell. A més a més, Seakeeper ofereix un servei postvenda excel·lent i un sistema de garantia de dos anys per a tots els seus productes.

El compromís de Seakeeper envers la innovació i la qualitat s'ha traduït en un creixement ràpid de la companyia en els últims anys, convertint-se en un referent en el sector. La seva tecnologia ha sigut guardonada en diverses ocasions amb premis per la seva innovació i impacte en el sector nàutic.

En resum, Seakeeper va ser creada per resoldre un problema comú en el sector nàutic, i ha aconseguit convertir-se en una empresa líder en tecnologia d'estabilització de vaixells gràcies al seu compromís amb la innovació i la qualitat dels seus productes i serveis.



Figura 10: Logo de Seakeeper
Font: <https://www.seakeeper.com>

1.3.1. Models

L'empresa ofereix diferents models d'estabilitzadors per adaptar-se a les necessitats de diferents tipus de vaixells, en funció de la seva mida i pes. Actualment, Seakeeper té 10 models diferents al mercat, que van des del model 1 fins al model 35. Cada model té característiques i capacitats específiques que els fan adequats per a diferents tipus d'embarcacions, des de iots petits fins a grans creuers. L'empresa ha desenvolupat una tecnologia avançada i patentada que permet als estabilitzadors giroscòpics funcionar de manera efectiva en una àmplia gamma de condicions al mar, proporcionant als navegants una experiència més còmoda i segura a l'aigua.

És possible instal·lar dos o més Seakeepers en una embarcació per augmentar el moment angular i millorar el comportament en la mar del vaixell. L'empresa Seakeeper fins i tot té una eina en línia al seu lloc web que permet als propietaris de vaixells calcular la quantitat de Seakeepers necessaris per aconseguir el nivell d'estabilitat del moviment desitjat en la seva embarcació. La instal·lació de múltiples Seakeepers també pot ser útil en embarcacions més grans, on un sol Seakeeper no pot controlar tot el pes i el balanceig del vaixell. A més, alguns propietaris poden preferir la redundància de tenir múltiples Seakeepers instal·lats, en cas que un falli o requereixi manteniment. No obstant això, la instal·lació de múltiples Seakeepers també pot ser costosa i requerir espai addicional en l'embarcació, per la qual cosa és important considerar acuradament les necessitats i limitacions de cada embarcació abans de prendre la decisió d'instal·lar diversos Seakeepers.



Figura 11: Hessen 37 "Aurelia" amb dos Seakeepers 26 instal·lats

Font: pròpia

A continuació es farà una descripció de totes els models que ofereix l'empresa Seakeeper

- **Seakeeper 1**

El Seakeeper 1 és el model més petit d'estabilitzador giroscòpic de l'empresa Seakeeper. Està dissenyat per a vaixells que van dels 23 peus als 30 peus de longitud i un pes màxim de 5,5 tones. Té una velocitat màxima de rotació de 9.750 rpm i un moment angular màxim de 1000 Nm-s. El Seakeeper 1 és fàcil d'instal·lar i requereix un espai mínim a l'embarcació.



Figura 12: Seakeeper 1

Font: <https://www.seakeeper.com>

Taula d'especificacions tècniques	
Velocitat nominal	9.750 rpm
Moment angular a RPM nominal màxim	1.000 NMS
Parell anti-balanceig màxim a RPM nominal màxim	2.620 NM
Temps fins a RPM nominal màxim	35 minuts (9.750 rpm)
Temps fins a l'estabilització	18 minuts (7.310 rpm)
Pes	166 kg
Dimensions del sobre	0,582 L x 0,598 W x 0,403 H (metres)
Sortida de soroll	<64 dBC a 1 metre
Preu	16.500

Taula 1: Especificacions tècniques del Seakeeper 1

Font: <https://www.seakeeper.com>

- **Seakeeper 2**

El Seakeeper 2 està especialment dissenyat per a embarcacions en el rang de 25-37 peus i un pes màxim de 7,5 tones. Elimina fins a un 95% el balanceig.



Figura 13: Seakeeper 2

Font: <https://www.seakeeper.com>

Taula d'especificacions tècniques	
Velocitat nominal	9.000 rpm
Moment angular a RPM nominal màxim	2.000 NMS
Parell anti-balanceig màxim a RPM nominal màxim	5.249 NM
Temps fins a RPM nominal màxim	35 minuts (9.000 rpm)
Temps fins a l'estabilització	24 minuts (7.650 rpm)
Pes	188 kg
Dimensions del sobre	0,648 L x 0,625 W x 0,518 H (metres)
Sortida de soroll	<68 dBC a 1 metre
Preu	24.100 \$

Taula 2: Especificacions tècniques del Seakeeper 2

Font: <https://www.seakeeper.com>

- **Seakeeper 3**

El Seakeeper 3 està especialment dissenyat per a embarcacions en el rang de 36-39 peus i un pes màxim de 10,5 tones.



Figura 14: Seakeeper 3

Font: <https://www.seakeeper.com>

Taula d'especificacions tècniques	
Velocitat nominal	8.450 rpm
Moment angular a RPM nominal màxim	3.000 NMS
Parell anti-balanceig màxim a RPM nominal màxim	7.853 NM
Temps fins a RPM nominal màxim	50 minuts (8.450 rpm)
Temps fins a l'estabilització	36 minuts (7.185 rpm)
Pes	249 kg
Dimensions del sobre	0,680 L x 0,688 W x 0,587 H (metres)
Sortida de soroll	<72 dBC a 1 metre
Preu	36.600 \$

Taula 3: Especificacions tècniques del Seakeeper 3

Font: <https://www.seakeeper.com>

- **Seakeeper 5**

El Seakeeper 5 està dissenyat per eliminar fins a un 95% del balanceig del vaixell entre 40-45 peus i fins a un màxim de 20 tones.



Figura 15: Seakeeper 5

Font: <https://www.seakeeper.com>

Taula d'especificacions tècniques	
Velocitat nominal	8.100 rpm
Moment angular a RPM nominal màxim	5.000 NMS
Parell anti-balanceig màxim a RPM nominal màxim	13.080 NM
Temps fins a RPM nominal màxim	35 minuts (8.100 rpm)
Temps fins a l'estabilització	22 minuts (6.885 rpm)
Pes	395 kg
Dimensions del sobre	0,764 L x 0,755 W x 0,621 H (metres)
Sortida de soroll	<75 dBC a 1 metre
Preu	55.800 \$

Taula 4: Especificacions tècniques del Seakeeper 5

Font: <https://www.seakeeper.com>

- **Seakeeper 6**

El Seakeeper 6 està dissenyat per eliminar fins a un 95% vaixells d'entre 46-52 peus i un pes màxim de 24 tones. Les dimensions i el pes son idèntiques al Seakeeper 5.



Figura 16: Seakeeper 6

Font: <https://www.seakeeper.com>

Taula d'especificacions tècniques	
Velocitat nominal	9.700 rpm
Moment angular a RPM nominal màxim	6.000 NMS
Parell anti-balanceig màxim a RPM nominal màxim	15.690 NM
Temps fins a RPM nominal màxim	42 minuts (9.700 rpm)
Temps fins a l'estabilització	28 minuts (8.245 rpm)
Pes	395 kg
Dimensions del sobre	0,764 L x 0,755 W x 0,621 H (metres)
Sortida de soroll	<72 dBC a 1 metre
Preu	63.300 \$

Taula 5: Especificacions tècniques del Seakeeper 6

Font: <https://www.seakeeper.com>

- **Seakeeper 9**

És l'evolució del primer Seakeeper M7000, el Seakeeper 9 és el producte que va canviar l'experiència de navegació per sempre. Especialment dissenyat per estabilitzar vaixells entre 50-59 peus i un pes fins a 30 tones.



Figura 17: Seakeeper 9

Font: <https://www.seakeeper.com>

Taula d'especificacions tècniques	
Velocitat nominal	9.000 rpm
Moment angular a RPM nominal màxim	9.000 NMS
Parell anti-balanceig màxim a RPM nominal màxim	18.890 NM
Temps fins a RPM nominal màxim	55 minuts (9.000 rpm)
Temps fins a l'estabilització	38 minuts (7.650 rpm)
Pes	550 kg
Dimensions del sobre	0,85 L x 0,90 W x 0,72 H (metres)
Sortida de soroll	<70 dBC a 1 metre
Preu	104.400 \$

Taula 6: Especificacions tècniques del Seakeeper 9

Font: <https://www.seakeeper.com>

- **Seakeeper 16**

Creat per a vaixells d'entre 60-69 peus i un pes màxim de 50 tones, el Seakeeper 16 està dissenyat per eliminar fins al 95% del balanceig.



Figura 18: Seakeeper 16

Font: <https://www.seakeeper.com>

Taula d'especificacions tècniques	
Velocitat nominal	6.130 rpm
Moment angular a RPM nominal màxim	16.000 NMS
Parell anti-balanceig màxim a RPM nominal màxim	41.930 NM
Temps fins a RPM nominal màxim	40 minuts (6.130 rpm)
Temps fins a l'estabilització	30 minuts (5.210 rpm)
Pes	1.030 kg
Dimensions del sobre	1,069 L x 1,096 W x 0,854 H (metres)
Sortida de soroll	<68 dBC a 1 metre
Preu	152.500 \$

Taula 7: Especificacions tècniques del Seakeeper 16

Font: <https://www.seakeeper.com>

- **Seakeeper 18**

Creat per a vaixells d'entre 65-75 peus i un pes màxim de 56 tones, el Seakeeper 18 està dissenyat per eliminar fins al 95% del balanceig.



Figura 19: Seakeeper 18

Font: <https://www.seakeeper.com>

Taula d'especificacions tècniques	
Velocitat nominal	6.150 rpm
Moment angular a RPM nominal màxim	18.000 NMS
Parell anti-balanceig màxim a RPM nominal màxim	47.881 NM
Temps fins a RPM nominal màxim	42 minuts (6.150 rpm)
Temps fins a l'estabilització	31 minuts (5.228 rpm)
Pes	1.116 kg
Dimensions del sobre	1,078 L x 1,096 W x 0,854 H (metres)
Sortida de soroll	<68 dBC a 1 metre
Preu	163.200 \$

Taula 8: Especificacions tècniques del Seakeeper 18

Font: <https://www.seakeeper.com>

- **Seakeeper 26**

El Seakeeper 26 està dissenyat per eliminar fins a un 95% vaixells d'entre 70-84 peus i un pes màxim de 75 tones.



Figura 20: Seakeeper 26

Font: <https://www.seakeeper.com>

Taula d'especificacions tècniques	
Velocitat nominal	5.000 rpm
Moment angular a RPM nominal màxim	26.000 NMS
Parell anti-balanceig màxim a RPM nominal màxim	68.703 NM
Temps fins a RPM nominal màxim	75 minuts (5.000 rpm)
Temps fins a l'estabilització	55 minuts (4.250 rpm)
Pes	1.431 kg
Dimensions del sobre	1,289 L x 1,419 W x 1,000 H (metres)
Sortida de soroll	<74 dBC a 1 metre
Preu	238.700 \$

Taula 9: Especificacions tècniques del Seakeeper 26

Font: <https://www.seakeeper.com>

- **Seakeeper 35**

Finalment, tenim el model més gran. Aquest està dissenyat per vaixells de 85 peus cap endavant i fins un pes màxim de 100 tones, eliminant el 95% del balanceig.



Figura 21: Seakeeper 35

Font: <https://www.seakeeper.com>

Taula d'especificacions tècniques	
Velocitat nominal	5.150 rpm
Moment angular a RPM nominal màxim	35.000 NMS
Parell anti-balanceig màxim a RPM nominal màxim	39.934NM
Temps fins a RPM nominal màxim	76 minuts (5.150 rpm)
Temps fins a l'estabilització	58 minuts (4.378 rpm)
Pes	1.778 kg
Dimensions del sobre	1,342 L x 1,419 W x 1,076 H (metres)
Sortida de soroll	<74 dBC a 1 metre
Preu	309.300 \$

Taula 10: Especificacions tècniques del Seakeeper 35

Font: <https://www.seakeeper.com>

Capítol 2. Descripció del Sirena 64

2.1. Sirena Yachts

Sirena Marine (<https://sirenamarine.com.tr>) és una empresa de construcció de vaixells amb seu a Bursa, Turquia. Va ser fundada el 2006 amb l'objectiu de dissenyar embarcacions de qualitat i disseny excepcionals. Des dels seus inicis, Sirena Marine s'ha centrat en la construcció de vaixells de motor i vela, oferint una combinació de rendiment, comoditat i estètica.

Amb el pas del temps, Sirena Marine ha guanyat reconeixement internacional pel seu treball en la construcció de vaixells de luxe. Han establert una reputació sòlida per la seva artesanania, l'ús de materials de primera qualitat i la seva atenció als detalls en cada embarcació que construeixen. Amb una dedicació constant a la innovació i la satisfacció dels clients, Sirena Marine s'ha convertit en una marca líder en el sector nàutic.

Sirena Yachts, d'altra banda, és una divisió de Sirena Marine que es dedica exclusivament a la construcció de iots a motor de luxe. Va ser llançada al mercat el 2016 i va presentar el seu primer model en una exposició nàutica internacional.



Figura 22: Logo de Sirena Yachts

Font: <https://www.sirenayachts.com/>

El primer iot presentat per Sirena Yachts va ser el Sirena 64. Aquest es va presentar per primera vegada al Saló Nàutic de Düsseldorf, una de les principals fires nàutiques del món, al 2017. El Sirena 64 va marcar un punt d'inflexió per a Sirena Yachts, ja que va introduir-se amb èxit al mercat i va rebre una gran acollida per part del públic i dels professionals de la indústria nàutica. Des de llavors, Sirena Yachts ha continuat expandint la seva gamma de models, oferint iots de motor de diferents mides i característiques per satisfer les necessitats i els gustos dels seus clients, els models com el Sirena 58 i el Sirena 88. Aquests iots a motor ofereixen un estil modern, espais interiors, tecnologia avançada i una experiència de navegació de primer nivell.

Sirena Yachts col·labora amb reconeguts dissenyadors i estudis de disseny per crear les seves embarcacions. El seu principal soci de disseny és Germán Frers, un famós dissenyador de iots argentí. Germán Frers és conegut per la seva experiència en el disseny de iots de vela i de motor de prestigi internacional. La seva col·laboració amb Sirena Yachts ha donat lloc a embarcacions elegants i funcionals amb línies clàssiques i una gran atenció als detalls.

A més de Germán Frers, Sirena Yachts ha treballat amb altres dissenyadors de renom com Tommaso Spadolini, un prestigiós dissenyador italià especialitzat en iots de motor de luxe. El seu estil distintiu combina línies elegants i contemporànies amb interiors sofisticats i confortables.

Aquesta col·laboració amb dissenyadors de primer nivell assegura que les embarcacions de Sirena Yachts tinguin una estètica impressionant, un rendiment excel·lent i una experiència de navegació excepcional per als seus clients.



Figura 23: Imatge Sirena 68

Font: <https://www.sirenayachts.com/>

2.2. Sirena 64

El prestigiós dissenyador naval argentí, Germán Frers, és el talent creatiu responsable del disseny del Sirena 64. Amb la seva àmplia experiència en el camp de la construcció naval i el seu enfocament en la innovació i la funcionalitat, Frers ha creat una embarcació excepcionalment bella i eficient. El seu estil distintiu es reflecteix en cada detall del Sirena 64, des dels seus elegants contorns fins a la distribució intel·ligent de l'espai interior. Frers ha aconseguit combinar harmoniosament el rendiment i l'estètica per proporcionar una experiència de navegació inigualable. Amb el seu disseny únic i sofisticat, el Sirena 64 captiva la mirada dels amants de la nàutica i és un testimoni de l'exquisida artesania i la dedicació al detall dels seus creadors.



Figura 24: Imatge Sirena 64

Font: <https://www.cosasdebarcos.com>

El buc del Sirena 64 està construït amb fibra de vidre reforçada amb materials de primera qualitat. Aquesta combinació de materials ofereix una estructura lleugera, resistència i durabilitat. La fibra de vidre és un material àmpliament utilitzat en la construcció naval per les seves propietats excel·lents, com la resistència a la corrosió, la rigidesa i la capacitat d'absorbir impactes. A més, el buc està dissenyat de manera precisa per garantir una navegació suau i estabilitat, reduint el moviment i el balanceig durant la navegació. Amb l'ús d'aquests materials de qualitat i una construcció acurada, el buc del Sirena 64 proporciona un rendiment òptim i una experiència de navegació segura i còmoda.

Taula d'especificacions tècniques del Sirena 64	
Marca	Sirena Yachts
Model	64
Eslora	19 m
Mànega	6 m
Calat	1,48 m
Francbord	6,3 m
Desplaçament	44 Tones
Categoria	lot a motor
Tipus	Flybridge
Motor	2x Caterpillar C12.9 850 CV
Capacitat combustible	5000 L
Velocitat màxima	28 nusos
Consum	48 L per motor a 10 nusos
Generador	2 x Onan 17,5 kW

Taula 11: Especificacions tècniques del Sirena 64

Font: <https://www.cosasdebarcos.com>

2.3. Compatibilitat amb Seakeeper

Donat que el Sirena 64 és un iot de 64 peus d'eslora i amb un pes de 44 tones, el Seakeeper 16 seria l'indicat per estabilitzar-lo adequadament, ja que aquest estabilitza a embarcacions entre 60-69 peus i un pes màxim de 50 tones segons Seakeeper. El Seakeeper 18 també es podria instal·lar en aquesta embarcació perquè el Seakeeper 16 i 18 comparteixen les mateixes dimensions i al tenir un moment angular major que el 16 seria més efectiu.

La drassana de Sirena Yachts ofereix als clients la possibilitat d'instal·lar un Seakeeper a les seves embarcacions directament des de fàbrica. Sirena Yachts també té en compte les preferències canviant dels clients. Encara que un client decideixi no incloure el Seakeeper en la seva embarcació en el moment de la compra, la drassana ja deixa preparada una gran part de la pre-instal·lació per a aquest sistema. Això significa que si en un futur el client canvia d'opinió i decideix afegir un Seakeeper, el procés d'instal·lació serà més senzill i ràpid, ja que molts dels elements i preparacions necessàries ja estaran realitzats. Molts clients prefereixen instal·lar el Seakeeper amb els distribuïdors oficials de la marca en comptes de la drassana perquè resulta bastant més econòmic.

En l'apartat gràfic següent es pot apreciar que el Seakeeper 18 és més eficaç que el Seakeeper 16 en la reducció del balanceig de l'embarcació Sirena 64. No obstant això, malgrat aquesta diferència en l'eficàcia, s'ha optat per instal·lar el model 16 a causa de la diferència de preu. Cal tenir en compte que parlem d'una diferència de 10 mil euros entre ambdós models. Així doncs, s'ha pres la decisió de seleccionar el Seakeeper 16 com a opció més assequible, tot i que amb una lleugera reducció en l'efectivitat en comparació amb el model 18. Aquesta elecció permet al propietari de l'embarcació obtenir els beneficis de l'estabilització amb un menor cost d'inversió inicial.



PERFORMANCE PREDICTION REPORT COASTAL OPERATION



2016 SIRENA MARINE - 64

Published on May 28, 2019

Vessel Characteristics

Length Overall	19.00 m / 62.34 ft	Length at Waterline	19.00 m / 62.34 ft
Beam Overall	6.00 m / 19.68 ft	Beam at Waterline	5.20 m / 17.06 ft
Est. Natural Roll Period	3.30 sec	Full Load Displacement	44,000 kg / 97,002 lbs

Configuration 1 - Recommended Configuration



Qty 1

Weight

2195 lbs (995kg)

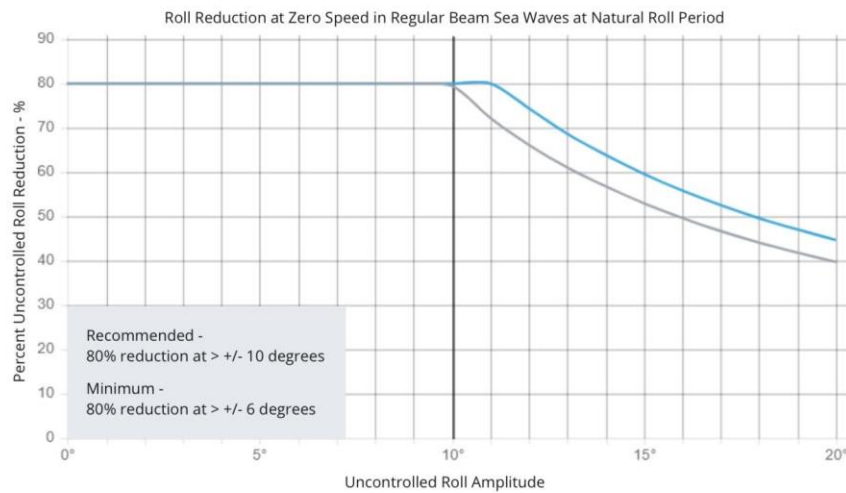
Dimensions

42.6 L x 43.2 W x 32.8 H (inches)

1.082 L x 1.097 W x 0.833 H (meters)

Angular Momentum

18000 N-M-S



Sizing Key

Configuration 1

1x SEAKEEPER 18

Configuration 2

1x SEAKEEPER 16

Figura 25: Comparació de SK 16 i SK 18 amb Sirena 64

Font: pròpia

Capítol 3. Pre-instal·lació

En aquest capítol, abordarem els passos previs necessaris abans d'instal·lar el Seakeeper a l'embarcació. Com ja hem esmentat anteriorment, és important destacar que la drassana ja deixa algunes preparacions fetes per a una possible instal·lació futura de la màquina. En primer lloc, discutirem el desmuntatge de la teca, el sostre, el terra i les baranes per aconseguir accés al lloc d'instal·lació. A continuació, ens centrarem en la preparació de la bancada del Seakeeper, que implica prendre les mesures necessàries i determinar la seva ubicació òptima a bord de l'embarcació. Parlar de la preparació de la bancada inclourà com fer els forats per poder fixar el Seakeeper de manera segura i fiable a l'embarcació. Finalment, abordarem l'aspecte de la instal·lació elèctrica, ja que és essencial assegurar-se que el Seakeeper estigui connectat correctament al sistema elèctric de l'embarcació per al seu funcionament adequat. Aquests passos previs són fonamentals per garantir una instal·lació exitosa i eficient del Seakeeper.

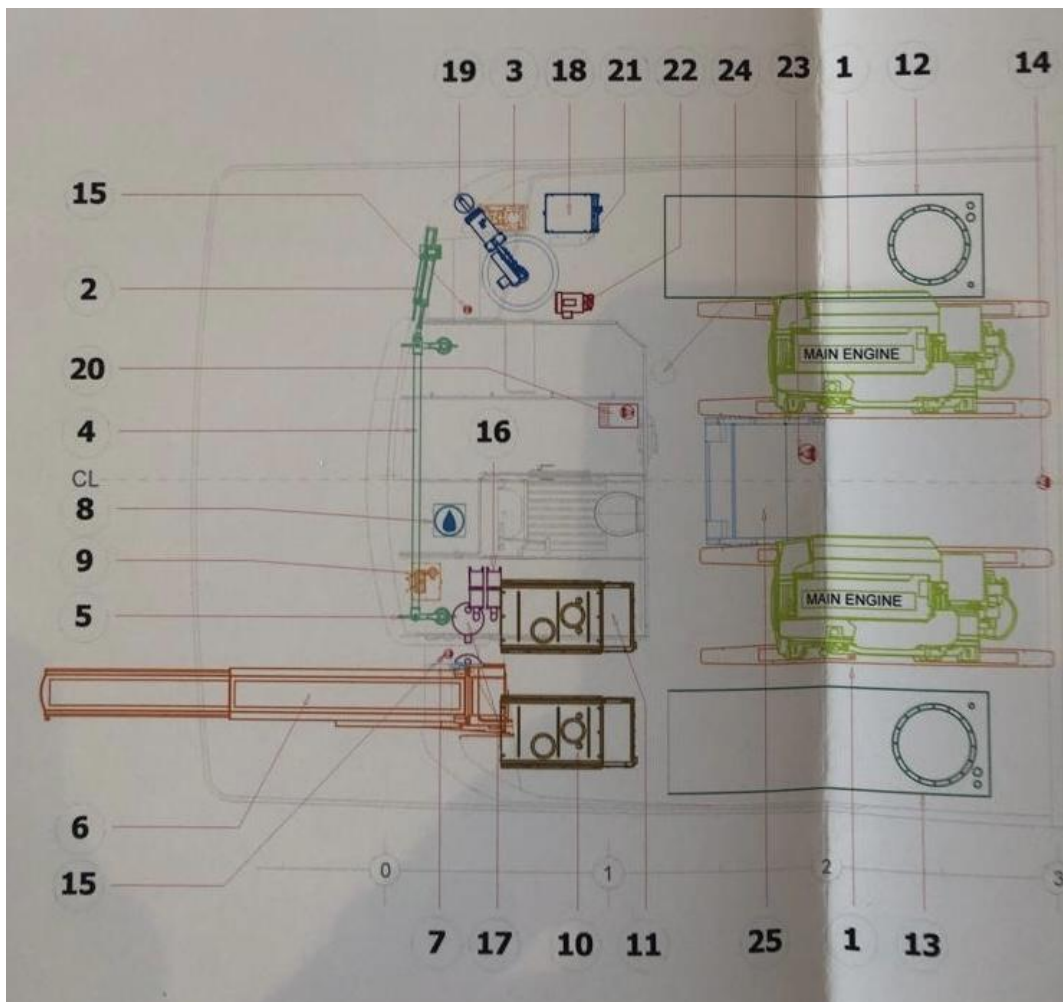


Figura 26: Plànol de sala de màquines de Sirena 64

Font: pròpia a partir dels plànols de l'embarcació

EQUIPMENT LIST		
POS.NO	EQUIPMENT	QTY
1	Main Engine	2
2	Power-Assisted Steering Cylinder	1
3	Electro-Hydraulic Power Unit	1
4	Tie Bar	1
5	Rudder	2
6	Passerella	1
7	Passerella Hydraulic Pump	1
8	Watermaker	1
9	Tenderlift Hydraulic Pump	1
10	Generator	1
11	Generator	1
12	Portside Fuel Tank	1
13	Starboardside Fuel Tank	1
14	Electrical Bilge Pump	1
15	Electrical Bilge Pump	2
16	Generator Muffler	2
17	Generator Seperator	2
18	Chiller Unit	1
19	Glending CM	1
20	Sump Tank	1
21	Chiller Water Pump	1
22	Chiller Sea Water Pump	1
23	Gyro Sea Water Pump	1
24	Manual/Automatic Fire Extinguiser	1
25	Gyro Stabilizer	1

Figura 27: Numeració del plànol de Sirena 64

Font: pròpia a partir dels plànols de l'embarcació

En les anteriors imatges es pot observar els diferents elements que hi ha dins de la sala de màquines. En concret, el número 25 es destaca la ubicació de l'estabilitzador giroscòpic. És important mencionar que el fabricant ja ha determinat el lloc específic on s'ha d'instal·lar el Seakeeper, de manera que la bancada reforçada ja està preparada en conseqüència. A més, és rellevant destacar que la instal·lació elèctrica de 220V i la de 24V ja compten amb els cables passats fins a l'estabilitzador, assegurant així un subministrament adequat d'energia. Aquests preparatius previs ens proporcionen la confiança que totes les connexions necessàries estan en el seu lloc, facilitant així el procés d'instal·lació del Seakeeper a l'embarcació.

3.1. Protecció de la zona de treball

El primer pas en el procés de preinstal·lació consisteix a protegir adequadament tota la zona de treball amb fustes i cartó. Aquesta mesura és crucial, ja que durant les dues setmanes consecutives de treball intens en la instal·lació, és probable que ens movem per l'embarcació, trepitgem la superfície i manipulem eines i materials. Això implica un risc inherent d'incidents com caigudes o vessaments accidentals de líquids. Mitjançant la col·locació de proteccions adequades, com fustes i cartó, es minimitza el possible dany causat per líquids o altres substàncies que puguin ser vessades durant el procés de treball. Així, assegurem que l'embarcació roman en les millors condicions possibles i prevenim accidents innecessaris que podrien comprometre el resultat final de la instal·lació. La seguretat i la preservació de l'embarcació són prioritats importants durant tot el procés de preinstal·lació i instal·lació del Seakeeper.



Figura 28: Autor tallant les fustes de protecció

Font: pròpia



Figura 29: Imatge de la banyera totalment protegida

Font: pròpia

3.2. Obrir registre per accedir a sala de màquines

A la figura núm. 29, es pot observar un registre de mida més gran que l'accés a la sala de màquines. Aquest registre va ser obert mitjançant la retirada cuidadosa del Sikaflex, un polímer utilitzat en la teca de la embarcació. Es va utilitzar una serra oscil·ladora amb molta precisió per evitar danys a la teca, ja que l'espai disponible per retirar el Sikaflex era estret.

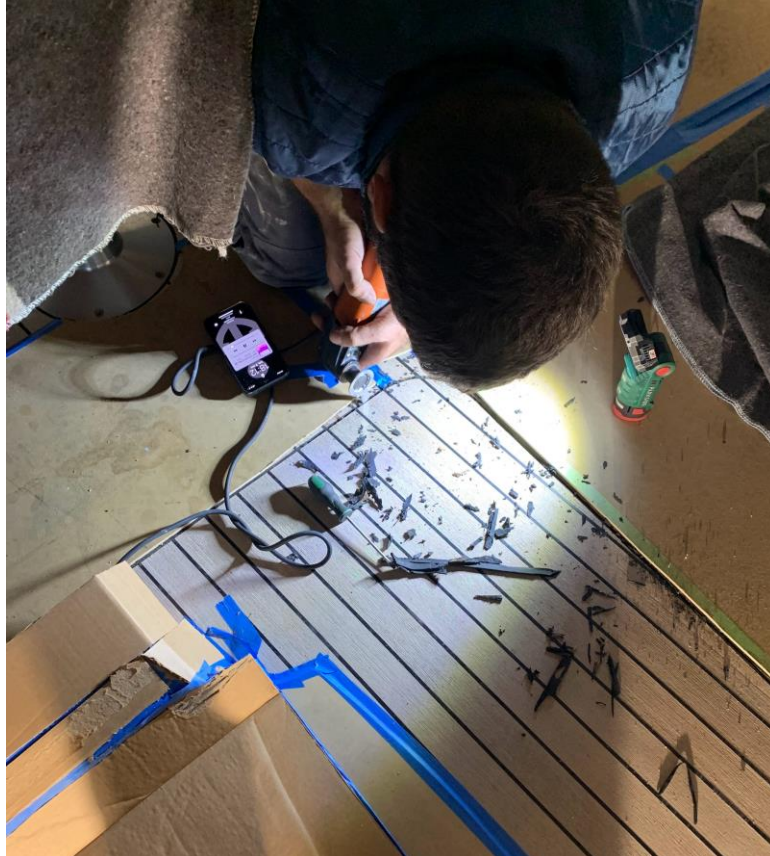


Figura 30: Imatge de la retirada del Sikaflex mitjançant una serra oscil·ladora

Font: pròpia

Un cop tot el Sikaflex va ser retirat, es va procedir a desmuntar la sala de màquines per permetre l'aixecament del registre. Això va proporcionar l'accés necessari per a col·locar el Seakeeper de manera adequada. Es van prendre precaucions per assegurar-se que la teca i els altres materials de la coberta no sofrien danys durant aquest procés d'obertura i aixecament.

Per garantir la seguretat i protecció de la sala de màquines durant el procés de treball, es va prendre la decisió de no treure completament el registre fins el dia de l'operació. Això es va fer per evitar deixar la sala de màquines a l'intempèrie i exposar-la a possibles danys o condicions climàtiques adverses. Tenint en compte el pes considerable del registre, es va optar per mantenir-lo en el seu lloc fins que s'hagués preparat tot per a la instal·lació del Seakeeper.

Aquesta decisió també es va prendre per facilitar la logística i l'eficiència del treball. Haver de treure i tornar a col·locar el registre cada dia hauria requerit un esforç addicional i podria haver augmentat els riscos d'errors o danys. En canvi, mantenint el registre en la seva posició original fins el moment de l'operació, es va assegurar una preparació adequada i una execució més eficient de tot el procés d'instal·lació del Seakeeper.



Figura 31: Imatge del registre fora el dia de l'operació de la instal·lació del Seakeeper

Font: pròpia

3.3. Desmuntatge de la sala de màquines

Durant el procés d'instal·lació del Seakeeper, es va requerir desmuntar una gran part de la sala de màquines per poder accedir adequadament a l'àrea on s'ubicaria l'estabilitzador giroscòpic. Aquesta decisió es va prendre per garantir una instal·lació precisa i segura del Seakeeper, ja que requeriria l'espai adequat i una preparació meticulosa. Es va dur a terme el desmuntatge dels components necessaris, com ara el sostre, el terra i les baranes de la sala de màquines, per facilitar l'accés i l'espai requerit per al Seakeeper. Aquest procés va ser realitzat amb cura i professionalitat per part de l'equip tècnic, assegurant-se de prendre les mesures necessàries per protegir i preservar les parts desmuntades. Aquesta etapa del procés va ser fonamental per preparar l'espai i garantir que l'estabilitzador giroscòpic es pugui instal·lar de manera òptima dins de la sala de màquines de l'embarcació. El primer pas va ser desmuntar el sostre de la sala de màquines. Aquesta acció va permetre obrir un registre que facilitaria l'accés a l'àrea on s'instal·laria l'estabilitzador giroscòpic.



Figura 32: Sostre de sala de màquines parcialment desmuntat

Font: pròpia

Durant el procés de desmuntatge de la sala de màquines, cada placa, peça o cargol que es desmuntava era meticulosament marcada amb cinta adhesiva. Aquesta cinta indicava la seva ubicació original per tal de poder tornar a col·locar-ho tot exactament com estava en un futur. Aquesta pràctica és fonamental per garantir que tots els components siguin reposicionats correctament i evitar problemes de muntatge o malfuncionament en el futur. Tenint en compte que el procés d'instal·lació del Seakeeper pot durar un període de varies setmanes, és fàcil perdre de vista o oblidar la ubicació original de les peces. Amb les marques de cinta adhesiva clarament visibles, es facilita la tasca de muntar tot de manera precisa i eficient, assegurant-se que tots els elements de la sala de màquines tornin a encaixar perfectament.

Un cop desmuntat el sostre de la sala de màquines, es va procedir a desmuntar el terra de la zona on s'havia de col·locar l'estabilitzador giroscòpic. Això es va fer per garantir un accés adequat i lliure d'obstacles per instal·lar el Seakeeper de manera eficient. El terra estava format per reforços metàl·lics amb cargols i unes plaques metàl·liques que encaixaven amb aquests.

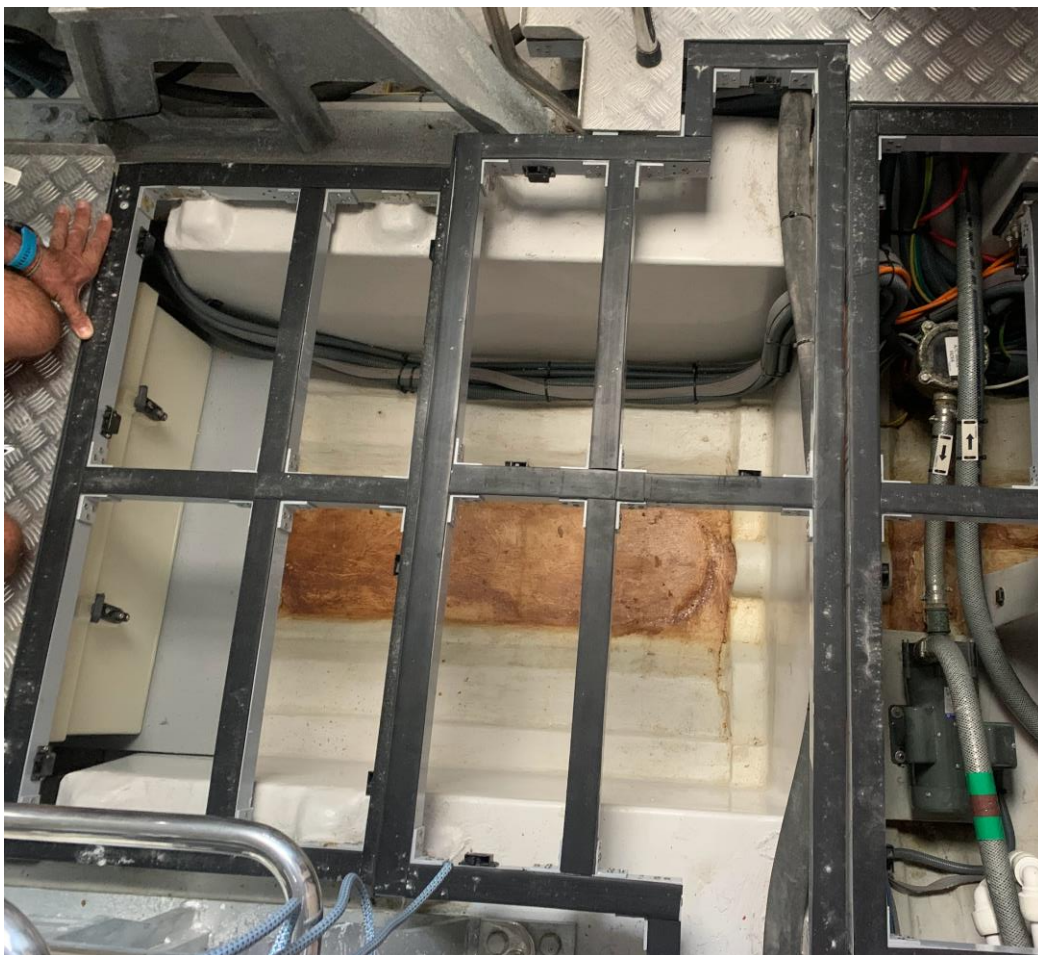


Figura 33: Suports metàl·lics del terra

Font: pròpia



Figura 34: Forat on va instal·lar l'estabilitzador

Font: pròpia

En comparar les dues fotografies anteriors, es poden observar dos trossos de fibra que sobresurten en cada costat a la primera imatge. Aquests trossos eren inicialment utilitzats per elevar l'estructura del terra amb l'objectiu d'anivellar-la amb les altres parts de la sala de màquines. No obstant això, en la segona fotografia aquests trossos ja no són visibles, ja que s'han tallat i escatat per aconseguir una superfície plana i sense irregularitats a l'hora de fixar el Seakeeper a la bancada.

3.4. Realitzar forats i rosques a la bancada

La fase de fer els forats i les rosques durant la instal·lació del Seakeeper va ser una tasca particularment exigent i delicada, ja que no es permetia cap error. Aquesta etapa requeria una gran precisió i habilitat per assegurar que els forats es realitzessin al lloc adequat i que les rosques s'ajustessin perfectament.

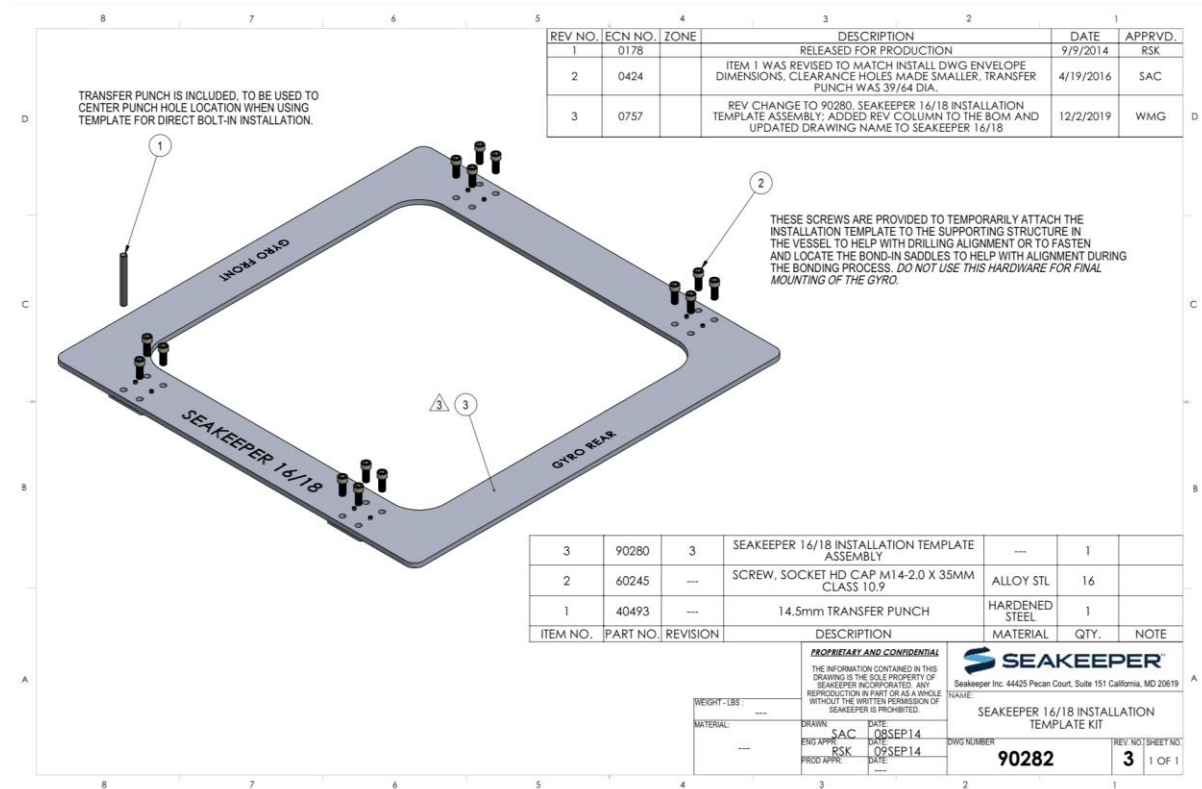


Figura 35: Plànol de la base del Seakeeper 16/18

Font: <https://www.seakeeper.com>

Per a la realització dels forats, es va utilitzar una base de ferro proporcionada per Seakeeper que indicava exactament la ubicació precisa dels forats necessaris. Aquesta base era la mateixa que s'utilitza per al Seakeeper 18, ja que comparteixen les mateixes dimensions i característiques. Amb l'ajuda d'aquesta base, es va col·locar el Seakeeper en la posició òptima dins dels paràmetres establerts. Aquesta decisió es va prendre amb l'objectiu de facilitar les tasques de manteniment i accés al Seakeeper en el futur, assegurant una instal·lació que permetés realitzar les operacions necessàries de manera còmoda i eficient.



Figura 36: Base del Seakeeper presentada a la bancada

Font: pròpia

Un cop la base va ser presentada i els forats van ser marcats amb precisió, es va procedir a perforar-los. Aquesta fase requeria un alt grau d'atenció i precisió, ja que no es permetia cap error. S'utilitzaven eines especialitzades i tècniques adequades per realitzar els forats amb exactitud i assegurar que s'adeqüessin a les especificacions del fabricant. S'aplicava la pressió i la velocitat adequades per assegurar un resultat net i precís. Durant aquest procés, es prenia en consideració la seguretat i es feien servir els equips de protecció adequats per garantir la integritat de les persones i dels components del Seakeeper. Un cop els forats van ser perforats amb èxit, es procedia a la següent fase del procés d'instal·lació.

Per perforar els forats, es va utilitzar un trepant magnètic, que proporciona una fixació segura en la superfície de fibra. Aquest trepant magnètic es va carregar amb una placa de ferro adherida a la fibra, de manera que es mantenia en posició sense cap moviment indesitjat durant el procés de perforació. S'opta per utilitzar una velocitat baixa per evitar l'escalfament de les broques i per garantir un tall precís i net. A més, es va afegir taladrina o lubricant de tall per reduir la fricció i millorar la durabilitat de les broques. Aquesta combinació de tècniques i eines especialitzades va permetre realitzar els forats amb exactitud i seguretat, assegurant que estaven alineats amb la base i complint amb els requisits de la instal·lació del Seakeeper.



Figura 37: Trepant magnètic perforant la bancada

Font: pròpia

Segons les especificacions de Seakeeper, per fixar l'estabilitzador, s'utilitzen cargols de mètrica 14 de grau 10.9. Aquestes especificacions indiquen el diàmetre del cargol (mètrica 14) i la seva resistència (grau 10.9). El grau 10.9 indica que els cargols tenen una resistència de tracció de 1000 MPa i una resistència de cisallament de 900 MPa. Aquesta categoria de cargols és coneguda per la seva alta resistència i capacitat per suportar càrregues importants. S'utilitzen per garantir una connexió robusta i segura entre l'estabilitzador i la bancada, proporcionant una fixació fiable en tot moment.



Figura 38: Cargols M14 10.9

Font: pròpia

Després de perforar els forats, es va utilitzar una sèrie de mascles de roscar específics de m14 per fer les rosques necessàries. El procés es va realitzar en tres etapes. En primer lloc, es va utilitzar un mascle de roscar de tall suau per començar a presentar la rosca i assegurar-se que s'ajustava correctament. Després, es va utilitzar un segon mascle de roscar una mica més dur per aprofundir la rosca i donar-li una major resistència. Finalment, es va fer servir el tercer mascle de roscar per completar la rosca m14 amb el tall final desitjat.

Durant el procés de roscat dels forats, es va utilitzar taladrina per evitar que el mascle de roscar s'escalfés excessivament. Aquest pas és fonamental per prevenir danys al mascle i assegurar una rosca neta i precisa. També és important destacar que es va realitzar amb molta precaució i lentament, ja que els mascles de roscar estan fabricats amb acer ràpid al cobalt, el qual té una gran duresa. En cas de trencament del mascle, seria extremadament difícil extreure'l, ja que no es pot perforar. És per això que s'ha de ser extremadament cautelós i precís durant tot el procés, ja que un error en algun dels 16 forats podria requerir tornar a plantejar la base i repetir tot el procés, amb l'afegit de l'espai més limitat.

3.5. Muntatge de la pantalla de Seakeeper

Com ja hem esmentat anteriorment, la drassana havia realitzat les preparacions necessàries per a una possible instal·lació futura del Seakeeper. Això inclou els cables de corrent de 220V i 24V, que ja estaven enllestits, però el display del Seakeeper, que funciona amb 12V, no estava connectat. Per tant, es va haver de passar un cable de corrent des de la sala de màquines de l'embarcació fins al punt de control. Això va requerir desmuntar calaixos del menjador i de la cuina per tal de facilitar el cablejat necessari.

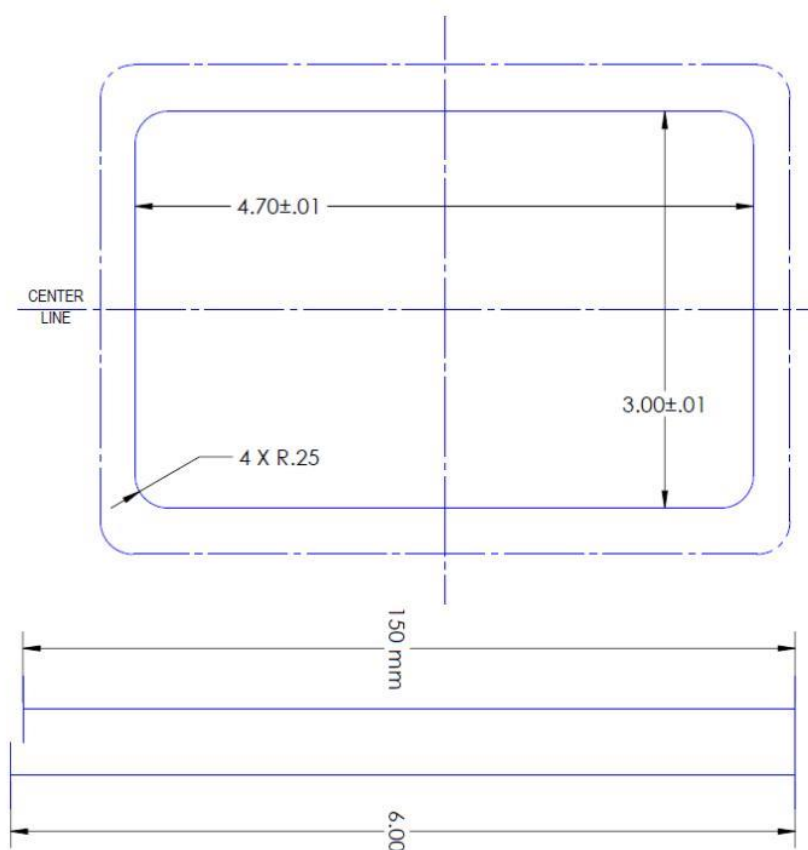


Figura 39: Plantilla de la pantalla

Font: <https://www.seakeeper.com>

A continuació vem procedir a seleccionar la ubicació de la pantalla del Seakeeper amb l'aprovació de l'armador i, utilitzant cinta adhesiva i un rotulador, vam marcar amb precisió el lloc exacte on s'havia de situar. A continuació, es va desmuntar el govern per assegurar-nos que darrere de la ubicació de la pantalla no hi havia cap cable que pogués resultar danyat en el procés de retallar la zona. Es van fer quatre forats a les cantonades del dibuix marcat, utilitzant una broca adequada, i després es va procedir a retallar la zona amb una serra oscil·lant. Això ens va permetre crear l'espai adequat per a la instal·lació de la pantalla del Seakeeper de manera segura i sense interferències amb altres components de control de l'embarcació.



Figura 40: Imatge retallant el govern amb la serra oscil·ladora

Font: pròpia

Per a la instal·lació i fixació de la pantalla, vam procedir a desmuntar el panell posterior per aconseguir accés a la part posterior de la pantalla. Un cop realitzat aquest pas, vam utilitzar el sistema de fixació integrat que venia amb la pantalla. Aquest sistema està dissenyat amb cargols que es van utilitzar per fixar de manera segura la pantalla al seu lloc. Això ens va permetre garantir que la pantalla romangués estable i ben fixada durant tot el funcionament, evitant moviments indesitjats.



Figura 41: Pantalla del Seakeeper fixada

Font: pròpia

3.6. Instal·lació de la bomba d'aigua

La bomba d'aigua és una peça essencial per permetre que l'aigua que entra a través de l'entrada del buc circuli per els tubs i arribi a l'equipament, en concret a l'intercanviador on es troba el glicol. Aquest procés de refrigeració és crucial per evitar que el Seakeeper 16, que gira a 6130 rpm, s'escalfi excessivament i pugui provocar danys al sistema.

Segons les especificacions de Seakeeper, aquesta bomba ha de tenir un caudal mínim de 16 LMP (litres per minut) i un màxim de 30 LPM. En la nostra instal·lació, vam optar per la bomba PML 500C de la marca Dometic, ja que és coneguda per la seva fiabilitat i durabilitat. Aquesta bomba té un caudal de 22,7 litres per minut, que es troba dins dels paràmetres requerits. Cal destacar que aquesta bomba funciona a 220V, mentre que l'alimentació de la bomba que surt del sistema és de 24V. Per solucionar aquesta diferència, vam afegir un convertidor que ens permet utilitzar la bomba de 220V en el sistema de 24V. D'aquesta manera, vam assegurar que la bomba Dometic PML 500C fos compatible amb la instal·lació del seakeeper i que pogués funcionar correctament.



Figura 42: Bomba d'aigua PML500C de Dometic

Font: <https://www.dometic.com>

Durant la instal·lació del Seakeeper, vam seguir les indicacions del manual i vam situar la bomba d'aigua per sota de la línia de flotació de l'embarcació. A més, vam deixar els tubs de 19mm preparats per connectar-los tant al Seakeeper com a la localització d'on anàvem a fer l'entrada d'aigua més endavant, un cop l'embarcació estigués fora de l'aigua per evitar inundacions.



Figura 43: Bomba d'aigua PML500C instal·lada
Font: pròpia

Amb la instal·lació de la bomba d'aigua, vam completar la primera part de la preparació, coneguda com a preinstal·lació. Ara, ens endinsem en el procés d'instal·lació del Seakeeper.

Capítol 4. Instal·lació del Seakeeper 16

En el capítol d'instal·lació, s'expliquen detalladament els passos que s'han seguit per a realitzar amb èxit la instal·lació del Seakeeper a bord de l'embarcació Sirena 64. Aquesta secció detalla com es va procedir a varar l'embarcació, incloent la contractació d'una grua especialitzada per a col·locar amb precisió la màquina de prop de 1 tonelada al seu lloc, amb l'objectiu de minimitzar els errors i evitar danys potencials. A més, s'explica com es van realitzar les connexions necessàries per a posar en marxa la màquina, així com les entrades i sortides d'aigua requerides per al seu funcionament adequat. Aquest capítol conclou amb el procés de baixar de nou l'embarcació a l'aigua, una vegada s'han completat totes les tasques d'instal·lació. Cada detall i pas important és explicat de manera minuciosa per a assegurar una comprensió clara i completa del procés d'instal·lació del Seakeeper a bord de la Sirena 64.

4.1. Pujar l'embarcació a terra

El primer pas d'aquest capítol és elevar l'embarcació al varador per poder treballar sense el risc d'entrades d'aigua i de manera segura a causa dels moviments oscil·lants d'una embarcació quan està a l'aigua. L'armador ens va demanar que portéssim nosaltres mateixos l'embarcació, ja que no hi era present. Aquesta tasca comporta una gran responsabilitat, ja que es tracta d'una embarcació de gran valor econòmic i els accidents poden succeir. Vam escollir un dia que el clima fos adequat i que no fes gaire vent, ja que això també s'ha de tenir en compte a l'hora de fer alguna maniobra amb seguretat.

Abans de portar l'embarcació al lloc on la grua, vam verificar que els motors i les hèlixs de maniobra (proa i popa) funcionessin correctament. Vam haver d'ajornar el procés, ja que la hèlix de proa no tenia bateria i no vam voler assumir cap risc fins que aquesta no fos reemplaçada. La hèlix de proa és un component fonamental en una embarcació de gran mida.

Aquest episodi ressalta la importància de revisar minuciosament el funcionament de tots els components abans d'utilitzar-los. Si haguéssim continuat sense fer les comprovacions necessàries, hi hauria hagut un alt risc d'ocasionar un accident. La seguretat és una prioritat absoluta en el món de la nàutica, especialment quan es tracta de manipular embarcacions de gran valor. És essencial realitzar totes les verificacions pertinents per assegurar que tots els sistemes estiguin en bon estat de funcionament abans d'iniciar qualsevol maniobra. Això ens permet evitar incidents o danys innecessaris i garantir una operació segura i exitosa.

Després de tres dies, quan el varador ens va donar una nova cita per pujar l'embarcació, vam comprovar de nou que tot estigués en ordre i vam procedir amb la maniobra. Vam portar l'embarcació fins a la grua de 250 tones, al varador de Premià de Mar, on l'empresa V de Bravado va procedir a varar l'embarcació, una tasca externa a nosaltres.



Figura 44: Sirena 64 aixecat per la grua

Font: pròpia

4.2. Realitzar entrada i sortida d'aigua de refrigeració al buc

Després de varar l'embarcació i situar-la fora de l'aigua, el següent pas era realitzar l'entrada i la sortida d'aigua de refrigeració al buc de l'embarcació. Prèviament, ja havíem decidit la ubicació, deixant preparats els tubs que anirien fins a la bomba d'aigua. Així doncs, vam procedir a realitzar aquesta instal·lació.

L'entrada d'aigua la vam fer per sota de la línia de flotació, utilitzant un trepant i una corona de 20mm per fer un forat al buc. Seguidament, amb un "pasacascos" de 3/4 de polzada, el vam fixar al buc amb l'ajuda d'una clau stilson i el vam segellar amb sikaflex per a una correcta adhesió i per evitar l'entrada d'aigua. Aquests punts de l'embarcació poden ser un punt vulnerable a les infiltracions d'aigua si no estan ben instal·lats.

Després que el sikaflex s'hagués assecat i el "pasacascos" estigués ben fixat, vam afegir una vàlvula al pasacascos per permetre l'obertura i el tancament del flux d'aigua segons les necessitats. A més d'això, vam instal·lar un filtre a sobre d'aquesta vàlvula per eliminar les impureses de l'aigua marina, com ara algues, peixos o contaminants, abans que circuli cap a la bomba d'aigua. Aquests elements eren amb rosques de 3/4 de polzada i les vam fixar amb tefló i líquid segellador de rosques. Aquestes mesures van ajudar a protegir la bomba d'aigua i a evitar-ne el deteriorament.



Figura 45: Filtre d'entrada d'aigua de mar amb vàlvula del Seakeeper

Font: pròpia

Pel que fa a la sortida d'aigua, vam seguir el mateix procediment que per l'entrada d'aigua, però realitzant-la per sobre de la línia de flotació. Vam utilitzar un "pasacascos" i una vàlvula de 3/4 de polzada, però en aquest cas la sortida no estava equipada amb un filtre d'aigua. Per facilitar la direcció del tub, li vam afegir un colze de 90 graus. Com en la instal·lació anterior, vam utilitzar tefló i sellador de rosques per garantir un muntatge adequat i evitar fuites d'aigua. Aquesta mesura ens va permetre controlar el flux d'aigua i assegurar-nos que no hi hagués cap problema amb la sortida d'aigua de la embarcació.

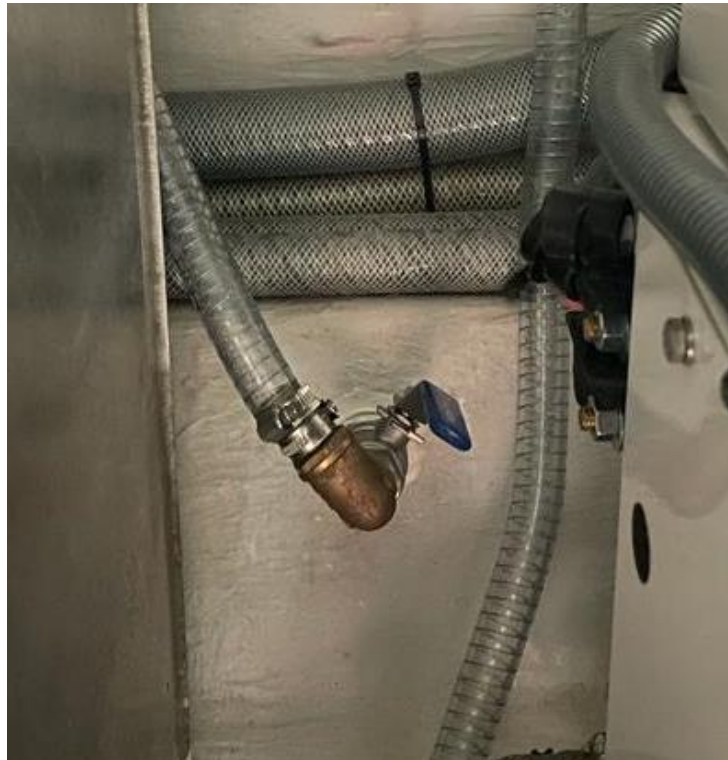


Figura 46: Sortida d'aigua de mar del Seakeeper

Font: pròpia

Totes les connexions dels tubs van ser fixades amb dues abraçadores oposades per garantir la seguretat. Vam revisar múltiples vegades totes aquestes connexions per assegurar-nos que estaven instal·lades correctament. Aquests punts de l'embarcació sovint són els causants d'inundacions si no estan ben instal·lats.

4.3. Contractació de grua i col·locació del Seakeeper

Un cop finalitzades totes les tasques prèvies a la col·locació del Seakeeper, va arribar el moment crucial: la instal·lació de l'equip. Era una tasca complexa, ja que implicava certa dificultat i risc de possibles danys. Per tant, era imprescindible contractar una grua especialitzada en operacions amb embarcacions per garantir un procés segur i sense contratemps. Després de rebre assessorament, vam decidir contractar un professional amb una àmplia experiència en el sector nàutic, que treballava en col·laboració amb V de Bravado. La seva experiència i coneixement ens donaven la confiança necessària per dur a terme aquesta important fase de la instal·lació amb èxit.

Vam procedir a traslladar la caixa amb el Seakeeper a la zona indicada i la vam desmuntar per facilitar l'agafada per part de la grua. El Seakeeper està dissenyat amb dues anelles a l'esfera, les quals són l'única zona on pot suportar el pes de tota l'estructura durant l'elevació. Amb l'ajuda de la barra de tensió proporcionada per Seakeeper, vam fixar-la i la vam cargolar a les anelles segons les especificacions indicades. Aquest procés ens permetia assegurar que el Seakeeper estava correctament subjectat i preparat per a la seva instal·lació.

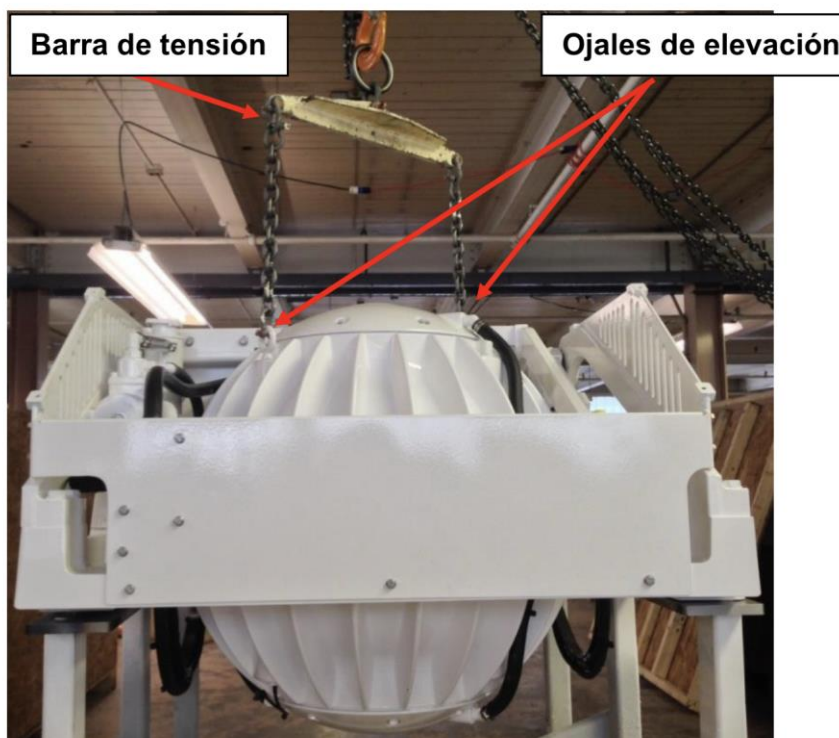


Figura 47: Exemple de com agafar el Seakeeper

Font: <https://www.seakeeper.com>



Figura 48: Col·locació de la barra de tensió a les anelles del Seakeeper

Font: pròpia

Un cop vam tenir la barra de tensió preparada, vam comunicar les nostres expectatives i requisits al professional encarregat de la grua. Era crucial establir una comunicació clara per evitar malentesos i, com a resultat, prevenir possibles danys a l'embarcació. Conscients del pes considerable de la màquina, que era d'aproximadament una tonelada, compreníem la importància de prendre precaucions adequades i garantir que l'operació es realitzés de manera segura i sense contratemps.

Amb tots els detalls acordats amb el professional de la grua, vam iniciar el procés d'elevació del Seakeeper. Amb extrema cautela i precisió, la grua va començar a aixecar la màquina, mantenint un control meticulós per garantir que tot es desenvolupés sense problemes. L'atmosfera era tensa mentre observàvem com el Seakeeper s'elevava lentament a l'aire, mantenint la nostra plena confiança en les habilitats i experiència del professional al comandament de la grua. Cada moviment es realitzava amb meticulositat, assegurant-nos que tot estigués sota control i minimitzant al màxim els riscos de danys o accidents.



Figura 49: Seakeeper elevat a punt d'entrar dins l'embarcació
Font: pròpia



Figura 50: Seakeeper entrant per la banyera de l'embarcació amb la grua
Font: pròpia

Amb el Seakeeper situat sobre la seva ubicació designada, el professional de la grua es va dirigir a bord per observar de prop la situació. Nosaltres, des de la sala de màquines, ens vam preparar per guiar el Seakeeper fins a la seva posició final mentre el professional de la grua el baixava amb gran cautela. Aquest moment va generar una gran pressió per la seva dificultat, especialment per l'espai reduït en el qual havíem d'encaixar el Seakeeper. Amb només 7 mil·límetres de marge a cada costat, la maniobra requeria una precisió meticulosa. Cada moviment era calculat amb cura per assegurar-nos que el Seakeeper s'ajustés perfectament entre els dos motors.

Una vegada col·locat el Seakeeper en la seva posició desitjada, vam utilitzar cargols de fixació per afixar-lo de manera segura i permanent. Amb l'ajuda de la grua, vam posicionar els cargols de sacrifici i els vam fixar en el seu lloc per garantir que el Seakeeper romangués fixe.



Figura 51: Seakeeper col·locat a la sala de màquines

Font: pròpia

4.4. Cargolar el Seakeeper i fer el connexionat

Després de col·locar el Seakeeper en la seva posició final, vam procedir a retirar els cargols de sacrifici mentre instal·làvem els nous cargols permanents. Vam utilitzar 16 cargols, de mètrica 14 amb una classificació de resistència de 10.9 com estipula Seakeeper, 4 cargols per cada pota per assegurar una fixació robusta i segura. Un cop els cargols nous estaven en el seu lloc, vam utilitzar una clau dinamomètrica per prémer-los.

La clau dinamomètrica és una eina utilitzada per aplicar un par de torsió o una força específica a un cargol, rosca o tancament. Té una funció de precisió que permet als usuaris aplicar la quantitat exacta de força requerida per a una determinada aplicació. Aquesta eina té un mecanisme intern que mesura i indica la força aplicada, ja sigui a través d'un indicador analògic o digital, o mitjançant un senyal d'alerta auditiu o visual quan s'assoleix la força desitjada. Això és particularment útil en tasques on és important evitar aplicar una força excessiva o insuficient, com en el cas de collar fort els cargols en instal·lacions delicades o components que requereixen un ajust precís. L'ús d'una clau dinamomètrica ajuda a garantir l'exactitud, la consistència i la seguretat en les aplicacions que requereixen un par de torsió específic.



Figura 52: Autor collant els cargols amb la clau dinamomètrica

Font: pròpia

Segons les especificacions de Seakeeper, cada cargol ha d'anar collat a 136 N-m (Newton-metre), aquest parell de torsió garanteix que els cargols estiguin prou collats per mantenir el Seakeeper fermament fixat al seu lloc i evitar el risc de desenganxament o moviment durant les situacions de mar picada o vibracions intenses. Aquesta connexió segura és essencial per garantir el correcte funcionament i la eficàcia del Seakeeper, així com per evitar danys a l'embarcació i mantenir la seguretat de l'equip i els passatgers a bord.

Un cop els cargols del Seakeeper estaven ben collats, vam continuar amb la connexió dels tubs d'entrada i sortida d'aigua a l'intercanviador del Seakeeper. Amb cura i atenció, vam assegurar-nos que els tubs estaven ben col·locats i connectats de manera segura per garantir un flux d'aigua adequat i eficient cap i des del Seakeeper. A més, vam procedir a connectar les fonts d'alimentació, tant la de 220V com la de 24V, als seus respectius connectors. Ens vam assegurar que tots els cables estaven ben fixats i col·locats per evitar moviments o desconexions accidentals que puguin afectar el funcionament del Seakeeper. El mateix nivell d'atenció i precisió es va aplicar als tubs, garantint una connexió segura i estanca per evitar fugues d'aigua o interrupcions en el sistema.



Figura 53: Seakeeper amb els tubs col·locats a l'intercanviador

Font: pròpia

És important destacar que durant el procés d'instal·lació del Seakeeper, es va tenir en compte la necessitat de connectar l'intercanviador de calor, que està en contacte amb l'aigua de mar, a terra.

Mitjançant la connexió a terra, s'elimina la possibilitat que es generi una diferència de potencial entre l'intercanviador de calor i altres components metàl·lics de l'embarcació. Això ajuda a prevenir la corrosió galvànica, que pot deteriorar els materials i causar danys.

La connexió a terra és una precaució essencial per garantir la durabilitat i el rendiment òptim del Seakeeper. Aquesta mesura ajuda a protegir l'equipament de possibles problemes relacionats amb l'electròlisi i assegura un funcionament fiable a llarg termini. Amb aquesta connexió a terra adequada, podem tenir la tranquil·litat que el Seakeeper està protegit contra els efectes negatius de l'electròlisi i que podrà dur a terme les seves funcions de manera eficient i efectiva.

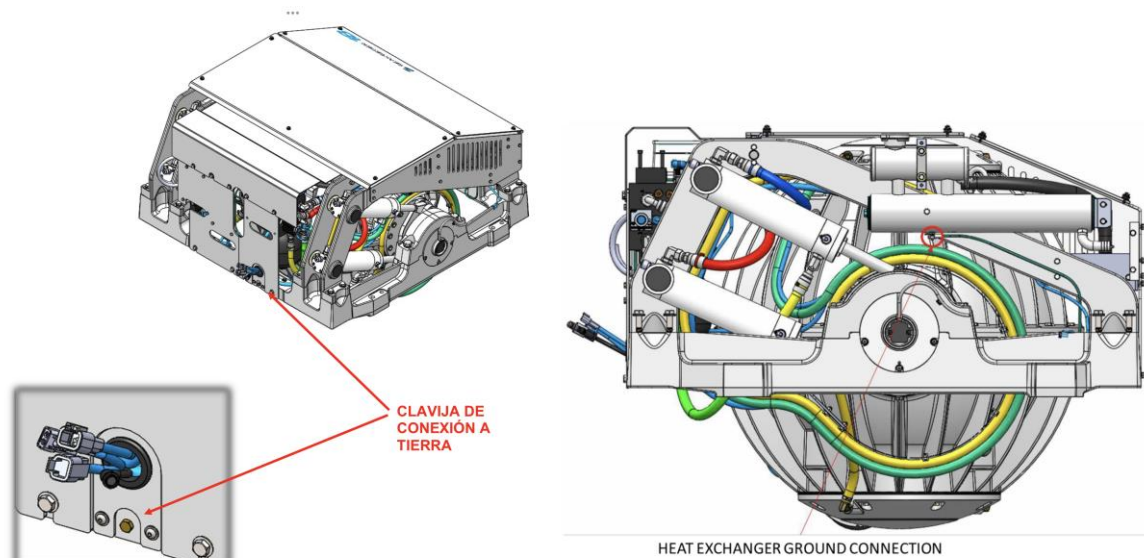


Figura 54: Plànols del Seakeeper amb les connexions a terra

Font: <https://www.seakeeper.com>

4.5. Baixar i amarrar l'embarcació

Un cop finalitzades totes les tasques que s'havien de fer a terra, vam procedir a baixar l'embarcació a l'aigua amb l'assistència de V de Bravado, portant-la amb cura fins al seu amarratge. Aquesta fase va requerir una gran responsabilitat, ja que estàvem manipulant una embarcació de valor significatiu pertanyent a un client. Desafortunadament, mentre baixàvem l'embarcació, vam ser sorpresos per una inesperada tempesta de calamarsa, el que ens va obligar a esperar a l'entrada de la bocana del port fins que les condicions milloraren i els mariners poguessin proporcionar-nos assistència. Es va exercir paciència durant aproximadament 30 minuts fins que la intensitat de la calamarsa disminuï, permetent-nos realitzar amb seguretat la maniobra d'amarratge. Durant aquest procés, vam tenir en compte el fet que estàvem gestionant una embarcació que no era pròpia, prenent les precaucions necessàries per evitar qualsevol dany o contratemps.

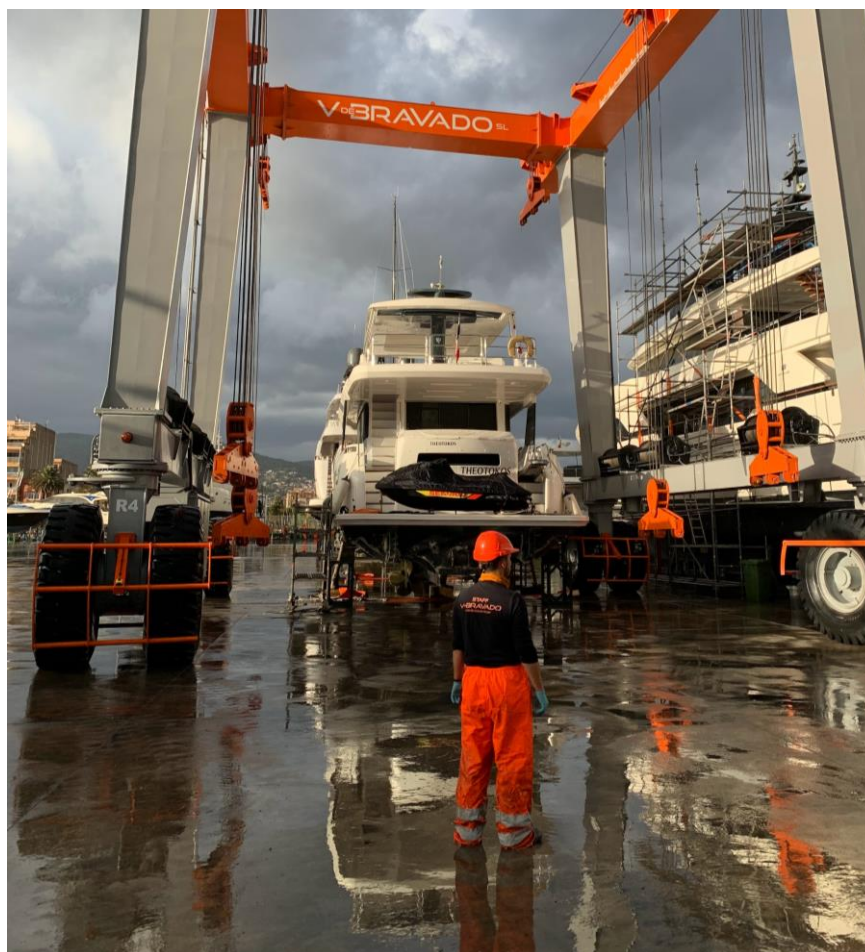


Figura 55: Grua de V de Bravado preparant per baixar el Sirena 64

Font: pròpia

4.6. Posada en marxa

Abans de procedir a remuntar tota la sala de màquines i col·locar el registre, era imprescindible realitzar una prova per assegurar-nos que el Seakeeper funcionava adequadament. Aquesta prova només es pot realitzar a l'aigua, ja que en cas de posar en marxa el Seakeeper a terra, aquest podria generar un moment de forces que podria provocar el vessament de l'embarcació i causar un desastre. A més a més, el Seakeeper requereix refrigeració amb aigua de mar, fet que justifica la necessitat de realitzar la prova a l'aigua. És crucial verificar que tots els components funcionen correctament i que no hi ha cap defecte abans de remuntar-los completament, ja que en cas de detectar alguna anomalia, hauríem de desmuntar el Seakeeper i substituir-lo per un nou, amb tots els inconvenients que això implicaria.

Un cop en marxa, era necessari verificar que el Seakeeper assolís les revolucions adequades, en el nostre cas, 6.130 rpm, i que no es generava cap alarma. L'esfera del Seakeeper està subjecta per quatre pistons hidràulics. Aquests pistons hidràulics són responsables de proporcionar l'estabilitat i el contramoment necessaris per contrarestar el moviment de l'embarcació. Cada pistó hidràulic està dissenyat per moure's segons les forces i els moviments del mar, oferint una compensació activa i precisa per mantenir l'estabilitat de l'embarcació. És essencial que aquests pistons hidràulics estiguin en bon estat i funcionin adequadament per garantir el rendiment òptim del Seakeeper. Aquests pistons hidràulics estan farcits amb oli hidràulic 46 i l'equip ha de funcionar a una pressió de 240 bars.

Amb el pas del temps és normal que l'equip pugui perdre pressió i que aparegui una alarma indicant una disminució en la pressió del Seakeeper. Això pot ser degut a petites fuites o pèrdua gradual d'oli hidràulic. En aquests casos, és necessari recarregar la pressió mitjançant una bomba de pressió per restaurar els nivells òptims.

Com que l'equip és nou, és important realitzar aquesta revisió inicial i comprovar totes les alarmes i funcionalitats per garantir que tot estigui en ordre i en perfectes condicions per al seu ús adequat. Això garantirà un funcionament òptim i segur del Seakeeper en el teu vaixell.

Un cop s'ha posat en marxa el Seakeeper i ha arribat a les revolucions adequades sense que apareguin alarmes, ja es pot pressionar el botó a la pantalla per començar el procés d'estabilització de l'embarcació. És important observar el seu funcionament durant un parell d'hores per assegurar-se que tot estigui funcionant correctament.

4.7. Muntatge sala de màquines

Després d'haver posat el Seakeeper en funcionament amb èxit, vam continuar amb la col·locació del registre i el muntatge de la sala de màquines. Gràcies a haver marcat totes les peces i cargols amb cinta i rotulador per identificar clarament la seva ubicació, aquesta tasca es va realitzar de manera senzilla i sense complicacions.

Amb les marques i indicacions clares, vam poder col·locar cada peça i cargol al seu lloc correcte sense cap dificultat. Aquesta organització meticulosa ens va permetre muntar la sala de màquines de manera eficient, assegurant-nos que tot quedés ajustat i ben fixat com corresponia.

És important destacar la importància de la planificació i l'organització en aquesta fase final de l'instal·lació del Seakeeper. Gràcies a les marques i etiquetes adequades, vam evitar confusions i assegurar-nos que tots els components fossin col·locats correctament.



Figura 56: Seakeeper 16 instal·lat amb sala de màquines muntada

Font: pròpia

4.8. Emplenar Sikaflex i reparar registre

Un cop vam procedir a l'obertura del registre durant la fase de pre-instal·lació, ens vam adonar que era necessari treure tot el Sikaflex que s'havia aplicat al carril. Desafortunadament, en aquest procés vam causar alguns danys a la teca que recobria el carril.

Per solucionar aquests desperfectes i finalitzar adequadament la instal·lació del Seakeeper, vam prendre la decisió de contractar els serveis d'un fuster nàutic amb qui col·laborem regularment. Aquest professional va ser responsable de tornar a omplir el carril amb Sikaflex i de reparar els danys causats durant l'obertura del registre.

Durant aquest procés, es va aplicar Sikaflex en abundància per assegurar una bona adhesió al carril i que no hi hagués filtracions d'aigua. Un cop el Sikaflex estava sec, es va polir la teca amb una polidora per deixar-ho tot en perfecte estat i garantir una aparença estètica agradable.



Figura 57: Registre de la sala de màquines amb el Sikaflex sobresortint el carril

Font: pròpia

Gràcies a la col·laboració amb el fuster nàutic, vam poder solucionar els danys i assegurar-nos que el carril del registre estava adequadament segellat i protegit. Aquest pas addicional va garantir una finalització completa i professional de la instal·lació del Seakeeper a la nostra embarcació.

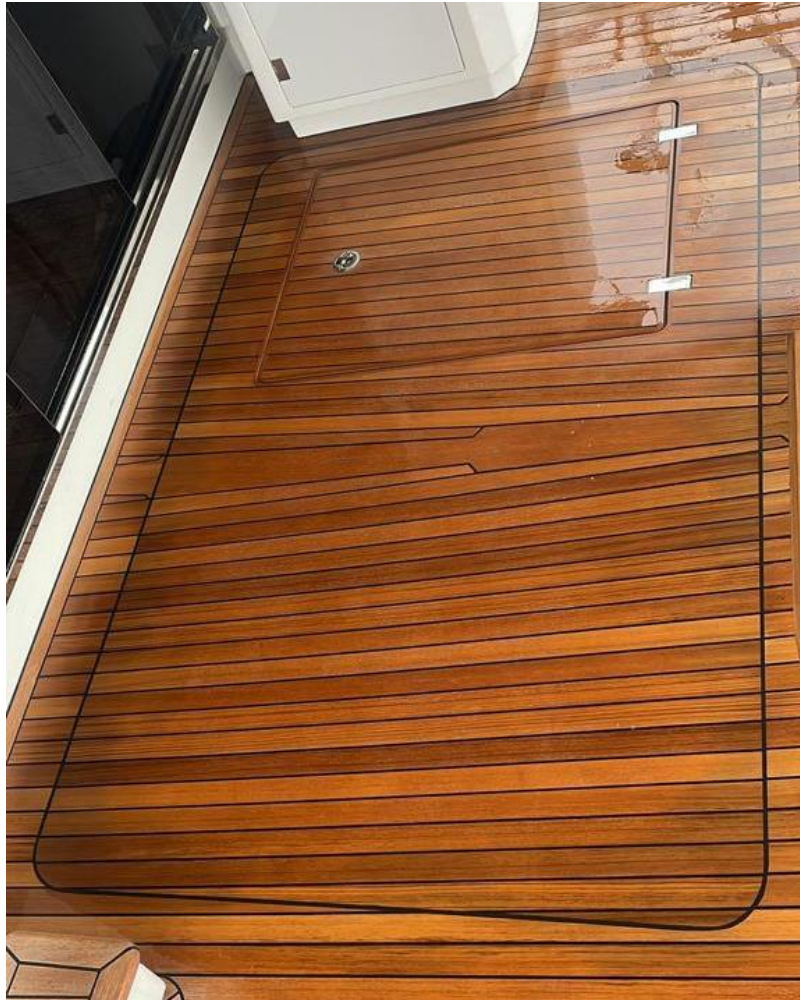


Figura 58: Registre de la sala de màquines polit i acabat

Font: pròpia

Un cop completat amb èxit totes les etapes de la instal·lació del Seakeeper, podem considerar aquest capítol com a finalitzat.

Capítol 5. Proves de mar

Un cop finalitzada tota la instal·lació del Seakeeper, es va programar una sessió de comissionament amb el client per a provar l'eficàcia del sistema. Es va acordar una data concreta, que va ser el 21 de febrer del 2023, per dur a terme la prova de mar a Premià de Mar.

Seakeeper ofereix una aplicació mòbil pròpia per poder realitzar aquestes proves de mar. Un cop has iniciat sessió amb un compte autoritzat (distribuïdor oficial), pots començar-la. Primer s'ha d'emplenar el formulari dient quin model d'embarcació és, quan es va construir i quin Seakeeper s'ha instal·lat. Després s'ha de proporcionar informació sobre la intensitat del vent i la seva direcció, així com l'alçada de les ones, la seva direcció i el període d'aquestes. Un cop s'ha completat el formulari, es pot activar la prova.

La prova consisteix a col·locar el telèfon mòbil en una superfície plana durant aproximadament 10-15 minuts amb el Seakeeper desactivat, i després altres 10-15 minuts amb el Seakeeper activat. Durant aquest temps, l'aplicació registra les dades i realitza càlculs per determinar el balanceig de l'embarcació amb el Seakeeper activat i desactivat. Un cop finalitzada la prova, l'aplicació mateixa calcula l'eficàcia en forma de percentatge.

En el nostre cas, el dia de la prova de mar va ser bastant tranquil, amb poc vent i el mar pràcticament en calma. Tot i això, hagués estat més beneficiós realitzar la prova en condicions meteorològiques una mica més agitada per tal de poder avaluar millor l'eficàcia del dispositiu. No obstant això, atès que el client francès venia expressament per realitzar la prova i no es podia ajornar, es va procedir amb la prova en les condicions disponibles. És important tenir en compte que en condicions de mar més agitada, el Seakeeper té l'oportunitat de demostrar el seu rendiment de manera més notable en termes de reducció del balanceig de l'embarcació.



Figura 59: Sirena 64 sortint per la bocana del port de Premià de mar

Font: pròpia

A continuació es mostrarà una taula amb les diferents variables demanades per Seakeeper:

Prova de mar Seakeeper 16	
Marca	Sirena Yachts
Model	64
Eslora	19 m
Mànega	6 m
Any de construcció	2019
Desplaçament	44 tones
Clima	Tranquil i en calma
Vent	N 7 nusos
Mar	N 0.3 m a 2 segons

Taula 12: Dades prova de mar

Font: Aplicació de Seakeeper

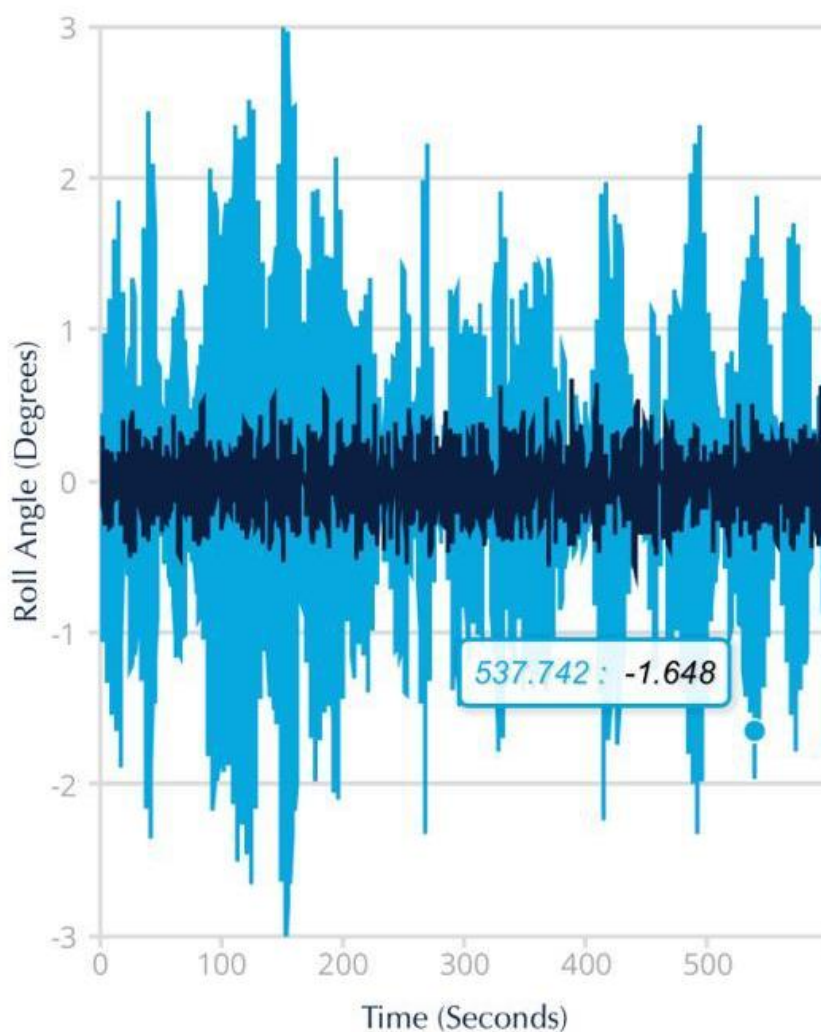


Figura 60: Captura de pantalla de l'aplicació Seakeeper amb gràfica dels resultats

Font: Pròpia a partir de l'aplicació de Seakeeper

Com es pot observar en la figura anterior, es mostren les dades obtingudes de l'aplicació tant amb el Seakeeper actiu com amb el Seakeeper inactiu. A l'eix vertical es representa el balanceig en graus i a l'eix horitzontal es mostren els segons de duració de la prova.

El color blau cel mostra el balanceig de l'embarcació Sirena 64 quan el Seakeeper està inactiu, mentre que el blau marí representa el balanceig quan el Seakeeper està actiu. A partir de la figura, es pot observar que amb el Seakeeper actiu, el balanceig oscil·la entre 1 i -1, mentre que amb el Seakeeper inactiu, oscil·la entre 3 i -3. Tot i que el dia era tranquil i calmat, el balanceig no era molt pronunciat, però es pot apreciar clarament com el Seakeeper redueix significativament el balanceig. Segons l'aplicació de Seakeeper, en la prova de mar realitzada el 21 de febrer de 2023, el Seakeeper estabilitza un **89%** de l'embarcació Sirena 64 en comparació amb el seu moviment natural de balanceig.

Conclusió

Les noves tecnologies han millorat significativament les eines de navegació, especialment amb l'ús dels estabilitzadors giroscòpics. Els navegants ara poden gaudir d'una navegació més còmoda i segura gràcies a aquests dispositius.

Seakeeper, com a empresa líder en aquest àmbit, continua millorant constantment els seus productes, la qual cosa ha generat un interès creixent dels propietaris d'embarcacions en instal·lar els seus dispositius, tot i que tenen un cost considerable. Aquesta demanda s'explica pel notable augment en l'estabilitat dels moviments que es pot experimentar a bord amb un Seakeeper.

Cal destacar que aquest projecte d'instal·lació ha representat un repte per a nosaltres, ja que era la primera vegada que instal·làvem un Seakeeper d'aquestes dimensions. No obstant això, s'han explicat detalladament tots els passos necessaris per a l'instal·lació d'un Seakeeper 16 i s'han abordat les dificultats que hem enfrontat al llarg del procés.

Durant tot el procés d'instal·lació, s'ha tingut una gran cura per realitzar cada pas amb precisió i evitar danys potencials. Es va posar un gran èmfasi en garantir una instal·lació correcta i segura.

Això ha requerit l'aplicació de coneixements de diverses disciplines, com l'ús adequat d'eines, el coneixement dels principis bàsics de l'electricitat i la fontaneria, així com seguir de forma rigorosa les especificacions proporcionades pel fabricant del Seakeeper.

La instal·lació es va dur a terme en un període de 14 dies, que va abarcar aproximadament unes 4 setmanes de treball, realitzant tasques de dilluns a divendres. No obstant això, vam experimentar un retard de 3 dies a causa de la necessitat de posposar la varada de l'embarcació. Aquest retard no estava sota el nostre control, ja que depenia de l'empresa V de Bravado, que havia de programar una nova cita per a l'operació.

No obstant això, la finalització del projecte es va retardar fins a 3 mesos més tard degut a l'espera de l'arribada de l'armador des del seu país d'origen per poder realitzar les proves de mar amb ell present. En total, es calcula que es van dedicar unes 120 hores de treball, sense tenir en compte el temps de desplaçament fins a Premià de Mar.

La correcta instal·lació d'un Seakeeper ha implicat combinar habilitats tècniques amb un sentit meticulós de l'atenció als detalls. Cada cable, cargol i connexió ha estat cuidadosament examinat i realitzat per assegurar-se que tot estigui en el seu lloc adequat i funcionant correctament.

Aquesta tasca ha requerit una comprensió completa dels requisits del fabricant, així com la capacitat de resoldre problemes inesperats que puguin sorgir durant el procés d'instal·lació. S'ha dedicat temps i esforç per garantir que tots els passos s'executin de manera precisa i acurada.

Com en moltes instal·lacions i tasques diàries, van sorgir complicacions i imprevistos durant el procés. Una de les dificultats principals va ser la realització dels forats i les rosques a la bancada, la qual cosa va requerir més temps del previst i va retardar el procés d'instal·lació. Es van dedicar un dia per realitzar els forats i un altre per realitzar les rosques de manera precisa i segura.

És important destacar que aquests imprevistos són comuns en tasques d'aquesta naturalesa i es van gestionar de manera eficient per garantir una instal·lació adequada i segura del Seakeeper a bord de l'embarcació.

La major part de la feina va ser realitzada per l'equip de treball, amb l'excepció de tasques específiques. L'empresa V de Bravado es va encarregar dels moviments de grua per a la càrrega i descàrrega de l'embarcació. El moviment del Seakeeper amb la grua va ser realitzat per un professional de la zona especialitzat en aquest tipus d'operacions. Finalment, la reparació i la col·locació del registre de la sala de màquines va ser realitzada per un fuster amb qui mantenim una relació de confiança.

En definitiva, la instal·lació d'un Seakeeper és una opció valorada pels armadors, ja que proporciona una millora notable en el comportament de l'embarcació a la mar, garantint una experiència de navegació més còmoda i segura. Amb l'avanç de les tecnologies nàutiques, podem esperar que continuïn sorgint solucions innovadores per millorar encara més la navegació marítima.

Bibliografia i referències

1. COLABORADORES DE WIKIPEDIA, 2020. Seis grados de libertad. *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línia], [Consulta: 22 abril 2023] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Seis_grados_de_libertad.
2. COLABORADORES DE WIKIPEDIA, 2020a. Quilla de balance. *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línia], [Consulta: 22 abril 2023] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Quilla_de_balance.
3. MARINO, I., 2022. Estabilizadores del buque. *Ingeniero Marino* [en línia], [Consulta: 22 abril 2023] Disponible en: <https://ingenieromarino.com/estabilizadores-del-buque/>.
4. ALETAS ESTABILIZADORAS RETRÁCTILES. [en línia]. [Consulta: 25 abril 2023] Disponible en: <https://tecnologia-maritima.blogspot.com/2014/07/aletas-estabilizadoras-retractiles.html?m=0>
5. Estabilizadores giroscopicos. [en línia]. [Consulta: 25 abril 2023] Disponible en: http://www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Equipamiento/Giroscopo/Giroscopo.htm.
6. Estabilizadores giroscópicos. [en línia]. [Consulta: 30 abril 2023] Disponible en: <https://tecnologia-maritima.blogspot.com/2019/02/estabilizadores-giroscopicos.html>.
7. COLABORADORES DE WIKIPEDIA, 2022. Conte di Savoia. *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línia], [Consulta: 30 abril 2023] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Conte_di_Savoia.
8. Seakeeper 9 - Seakeeper. *Seakeeper* [en línia], 2023. [Consulta: 3 maig 2023] Disponible en: <https://www.seakeeper.com/seakeeper-products/seakeeper-9/>.
9. SEAKEEPER, 2021. Seakeeper | Eliminate Boat Roll and Pitch. *Seakeeper* [en línia]. [Consulta: 3 maig 2023] Disponible en: <https://www.seakeeper.com/>.
10. Boat Control and Services. [en línia]. [Consulta: 4 maig 2023] Disponible en: <https://boatcontrolandservices.com/>.
11. COLABORADORES DE WIKIPEDIA, 2023. Tornillo. *Wikipedia, la enciclopedia libre* [en línia], [Consulta: 15 maig 2023] Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Tornillo>.
12. SIRENA MARINE, [sin fecha]. Sirena Marine -. *Sirena Marine -* [en línia]. [Consulta: 15 maig 2023] Disponible en: <https://sirenamarine.com.tr/>.
13. Sirena Yachts. [en línia]. [Consulta: 15 maig 2023] Disponible en: <https://www.sirenayachts.com/>.

14. Sirena 64, 1.600.000 € | CosasDeBarcos.com. *cosasdebarcos.com* [en línia]. [Consulta: 15 maig 2023] Disponible en: https://www.cosasdebarcos.com/barco_27212030232152995699535751101459.html.
15. V de Bravado | El varadero de los apasionados por el mar. [en línia]. [Consulta: 24 maig 2023] Disponible en: <https://vdebravado.com/>

