



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

**ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UNA CORBETA
DE LA ARMADA DEL ECUADOR DURANTE EL PROCESO DE VARAMIENTO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de

INGENIERO NAVAL

Presentada por:

Rosa Alexandra Cano Bravo

GUAYAQUIL-ECUADOR

2010

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por haberme dado la perseverancia que necesitaba para concluir este trabajo, a Armando Hidalgo mi esposo y amigo por apoyarme cada día, a mi familia por ser mi pilar fundamental, al Dr. José R. Marín López director de esta tesis, por su apoyo y colaboración, a mis profesores de la ESPOL por impartirme sus sabios conocimientos, a mis compañeros de aula que ahora son mis compañeros de trabajo, porque sin ellos no hubiera podido concluir este trabajo

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado especialmente a mi madre Rosa A. Bravo Sánchez, por el apoyo y el ejemplo que nos ha dado toda la vida, a mis abuelitos Jorge Bravo y Elsa Sánchez, a mis hermanas, a mis tíos, a mis queridas primas, a mis sobrinos y a mi esposo Armando, ya que gracias al esfuerzo de todos ellos, he logrado culminar mis estudios.

Este logro no es mío, es de todos ellos.

TRIBUNAL DE GRADO



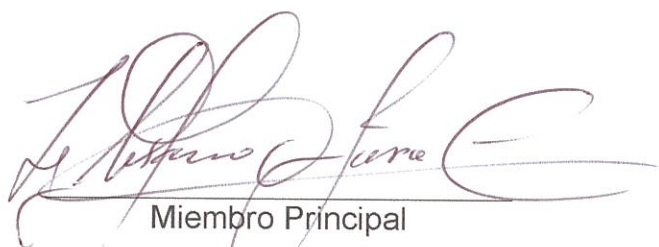
Presidente del Tribunal

Marco Velarde, M. Sc.



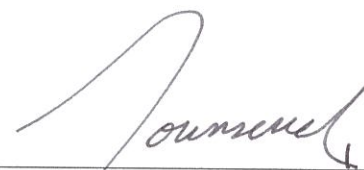
Director de Tesis

José Marín López, Ph. D.



Miembro Principal

Wilmo Jara Calderón, M. Sc.



Miembro Principal

Patrick Townsend, Ing. Naval

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado corresponderá a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)



Rosa Alexandra Cano Bravo

RESUMEN

Se ha analizado la estructura de la corbeta Los Ríos de la Armada del Ecuador empleando el Método de Elementos Finitos, para determinar los niveles de esfuerzo en el momento de su varamiento, dado que la zona de popa presenta un elevado cantilibrío. Se dibujaron las formas de la estructura utilizando el programa AutoCAD y luego fueron importadas desde SAP2000. En el modelo se utilizaron dos tipos de elementos, “vigas”, para las estructuras secundarias, y, “plancha”, para los elementos primarios. El peso de la estructura de la embarcación fue calculada internamente por el programa SAP2000, los demás pesos fueron aplicados como fuerzas externas.

La estructura de la embarcación fue analizada en las condiciones de: Aguas Tranquilas y Asentada sobre la cama de varamiento. Para la primera condición se consideró la presión hidrostática, aplicada al calado y asiento correspondientes, y dado que este caso no tiene condiciones de fronteras geométricas se incluyeron seis resortes para quitar la singularidad del problema. Por medio de las reacciones que se desarrollaron en estos elementos, se comprobó el equilibrio estático del buque al aproximar el peso de la embarcación con la fuerza de boyantez. Para la segunda condición, los

bloques y cuñas de la cama de varamiento se modelaron como soportes simples y los puntales de costado, como resortes.

Del análisis de los resultados con el MEF, se obtuvo que, en aguas tranquilas los esfuerzos máximos se encuentran alrededor de 5 Kg/mm^2 en el fondo de la embarcación, y, en condición de Varado, se presentan esfuerzos longitudinales de hasta 22 kg/mm^2 , que representan el 60% del esfuerzo de fluencia del material (36.20 kg/mm^2). El esfuerzo cortante en la quilla vertical (16.75 kg/mm^2), en el área cercana al primer bloque de varamiento, excedió el nivel de fluencia recomendado por DNV (15.58 kg/mm^2), en forma localizada en el centro de la plancha que se encuentra sobre el primer bloque de popa. Además se calculó que el espejo se desplazó verticalmente 1.2 cm, debido al cantilibrio de la zona de popa.

Adicionalmente, se realizaron mediciones de deformación unitaria, durante el Varamiento y Desvaramiento, en la Sala de Ejes de la embarcación, utilizando extensómetros, registrando una medición/segundo. Se graficaron los esfuerzos numéricos en el ala de la quilla y en las planchas del fondo a lo largo de la Sala de ejes, y se incluyeron los esfuerzos correspondientes a las mediciones. Se determinó que los valores experimentales se encuentran en el rango de los numéricos, sin embargo estos últimos presentan una alta variación a lo largo del compartimiento.

ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA.....	III
TRIBUNAL DE GRADO	IV
DECLARACION EXPRESA.....	V
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VIII
ABREVIATURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
ÍNDICE DE FOTOS.....	XX
INTRODUCCIÓN	1
1. MODELACION DE LA ESTRUCTURA DE UNA CORBETA UTILIZANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS	4
1.1. GENERALIDADES DE LA EMBARCACIÓN	5
1.2. DIGITALIZAR LAS FORMAS Y ESTRUCTURAS EN AUTO CAD	11
1.3. INTEGRACIÓN DE ESTRUCTURA EN AUTOCAD E IMPORTACIÓN DESDE SAP2000	17
2. MEDICIÓN DE LAS DEFORMACIONES UNITARIAS DURANTE LA VARADA Y DESVARADA DE UNA CORBETA	31
2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN.....	32

2.2. INSTALACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOS EXTENSÓMETROS EN EL ÁREA DE TRABAJO.....	34
2.3. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
3. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS Y DEFLEXIONES DURANTE EL PROCESO DE VARAMIENTO	48
3.1. CÁLCULO NUMÉRICO DE LOS ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA EMBARCACIÓN FLOTANDO EN AGUAS TRANQUILAS.....	49
3.2. CÁLCULO NUMÉRICO DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA EMBARCACIÓN LUEGO DE ASENTARSE EN LA CAMA DE VARAMIENTO ..	55
3.3. ANÁLISIS DE LOS ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN EL CASCO DURANTE EL VARAMIENTO	65
4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS CON LAS MEDICIONES EN ESCALA REAL	69
4.1. ANÁLISIS DE REACCIONES EN LOS PUNTOS DE APOYO.....	70
4.2. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS TEÓRICOS CON LAS MEDICIONES EN ESCALA REAL	73
CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES	83
ANEXO I	
CRONOLOGÍA DE LOS TRABAJOS DE REPARACIÓN EN LA	84
ANEXO II	
UBICACIÓN DE TANQUES.....	88

ANEXO III	
MODELACION DE ESTRUCTURA EN AUTOCAD	89
ANEXO IV	
TOMA DE ESPESORES	100
ANEXO V	
MEDICION DE LAS DEFORMACIONES UNITARIAS	104
ANEXO VI	
REACCIONES EN PUNTOS DE APOYO	110

ABREVIATURAS

Bb.	Babor
T	Calado
LCB	Centro de boyantez longitudinal
LCG	Centro de gravedad longitudinal
U1	Deflexión en sentido x
U2	Deflexión en sentido y
U3	Deflexión en sentido z
ε	Deformación unitaria
Δ	Desplazamiento
DNV	Der Norske Veritas
τ	Esfuerzo cortante
F_y	Esfuerzo fluencia
σ_x	Esfuerzo normal en sentido longitudinal
σ_y	Esfuerzo normal en sentido transversal
F_u	Esfuerzo ultimo
L	Eslora
Eb.	Estribor
Gal	Galones
$^{\circ}$	Grados
I	Inercia seccional
I_{22}	Momento de inercial sobre el eje 2
I_{33}	Momento de inercial sobre el eje 3

C	Grados centígrados
Kg.	Kilogramos
L_c	Línea de crujía
B	Manga
m.	Metros
mm	Milímetro
mm ²	Milímetro cuadrados
<i>E</i>	<i>Módulo de Young</i>
N	Newton
#	Número
Fb.	Platina
Pp.	Popa
%	Porcentaje
Pr.	Proa
H	Puntal
Rx	Reacción en dirección x
Ry	Reacción en dirección y
Rz	Reacción en dirección z
Σ	Sumatoria
Ton.	Toneladas

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<i>Tabla No. 1: Características Principales</i>	5
<i>Tabla No. 2: Coeficientes de formas en condición Ligera</i>	6
<i>Tabla No. 3 Distribución General de Pesos en la Embarcación.....</i>	10
<i>Tabla No. 4: Descripción de las diferentes estructuras</i>	13
<i>Tabla No. 5: Propiedades Mecánicas del Material</i>	18
<i>Tabla No. 6: Estructuras Principales y Propiedades principales</i>	19
<i>Tabla No. 7: Pesos Adicionales.....</i>	23
<i>Tabla No. 8: Espesor Promedio y Desgaste del planchaje</i>	28
<i>Tabla No. 9: Lista de extensómetros ubicados en Sala de ejes.....</i>	36
<i>Tabla No. 10: Condición de entrada al Dique.....</i>	40
<i>Tabla No. 11: Condición de salida del Dique.....</i>	42
<i>Tabla No. 12: Extensómetros utilizados durante la entrada al Dique</i>	43
<i>Tabla No. 13:- Extensómetros utilizados durante la salida del Dique.....</i>	44
<i>Tabla No. 14: Reacciones de los Resortes en Aguas Tranquilas.....</i>	52
<i>Tabla No. 15: Esfuerzos Máximos en la embarcación S_x, S_y-Aguas Tranquilas.....</i>	53
<i>Tabla No. 16: Esfuerzos Máximos en la embarcación- Buque Varado</i>	60
<i>Tabla No. 17: Máximo Desplazamiento - Buque Varado.....</i>	60
<i>Tabla No. 18: Esfuerzos Máximos- Aguas tranquilas (x: proa-popa, y: babor- estribor).....</i>	65
<i>Tabla No. 19: Desplazamiento máximo (3 direcciones) Aguas tranquilas.....</i>	65

<i>Tabla No. 20: Esfuerzos Máximos de la Secci3n de Popa- Buque Varado (x: proa-popa, y: babor-estribor).....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla No. 21: Desplazamiento Máximo de la Secci3n de Popa- Buque Varado.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla No. 22: Esfuerzos (S_x, S_y) de las Estructuras seleccionados para las mediciones de Deformaci3n Unitaria, [Kg/mm2]</i>	<i>74</i>
<i>Tabla No. 23: Esfuerzos (S_x, S_y) de las Estructuras seleccionados para las mediciones de Deformaci3n Unitaria, [Kg/mm2]</i>	<i>75</i>
<i>Tabla No.1. a: Características Generales de las Corbetas</i>	<i>85</i>
<i>Tabla No.2. a: Distribuci3n de Tanques</i>	<i>88</i>
<i>Tabla No.3. a: Estructura del Anillo Central</i>	<i>90</i>
<i>Tabla No.3. b: Estructura de Cuadernas.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla No.3. c: Estructura de los Mamparos</i>	<i>92</i>
<i>Tabla No.3. d: Estructura Longitudinal</i>	<i>94</i>
<i>Tabla No.3. e: Espesor original de Planchaje de fondo, costado y cubierta..</i>	<i>96</i>
<i>Tabla No.3. f: Propiedades principales de cada elemento</i>	<i>99</i>
<i>Tabla No.4. a: Espesores de planchaje de la embarcaci3n</i>	<i>100</i>
<i>Tabla No.4. b: Espesores Promedio de las Tracas</i>	<i>101</i>
<i>Tabla No.4. c: Propiedades de las Estructuras</i>	<i>102</i>
<i>Tabla No.4. d: Pesos de la Embarcaci3n en la entrada al Dique.</i>	<i>103</i>
<i>Tabla No.5. a: Lista de extens3metros ubicados en Sala de Ejes.....</i>	<i>106</i>

Tabla No.5. b: <i>Extensómetros utilizados en la entrada al Dique de la Embarcación</i>	107
Tabla No.5. c: <i>Extensómetros utilizados en la salida del Dique de la Embarcación</i>	107
Tabla No.6. a: Reacción en Puntos de Apoyo de Bloques centrales	110
Tabla No.6. b: Reacción en Puntos de Apoyo de Cuñas de costado	111
Tabla No.6. c: Reacción en Puntos de Apoyo de Puntales de Costado.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura No. 1: Plano de Distribución General	9
Figura No. 2: Plano de Líneas de Formas.....	12
Figura No. 3: Cuadernas Típica de la Sección Media (simple y reforzada)...	14
Figura No. 4: Mamparo Típico.....	14
Figura No. 5: Cubierta Intermedia- Estructuras de popa (C5 - C34)	15
Figura No. 6: Modelo estructural- Casco.....	20
Figura No. 7: Modelo estructural- Cubierta intermedia y Cuadernas.....	21
Figura No. 8: Modelo estructural- Mamparos y Bases de Máquinas.....	22
Figura No. 9: Modelo estructural-Peso de Superestructura	24
Figura No. 10: Modelo estructural-Peso de Cbta. de Vuelo	24
Figura No. 11: Modelo estructural-Peso de Motores y Reductores.....	25
Figura No. 12: Modelo estructural-Peso de Accesorios de Propulsión.....	25
Figura No. 13: Modelo estructural-Peso de Accesorios en Cbta. Intermedia	26
Figura No. 14: Modelo estructural-Peso de Accesorios en Cbta. Principal ...	26
Figura No. 15: Cama de Varamiento y Apuntalamiento Longitudinal de la Embarcación	29
Figura No. 16: Apuntalamiento Transversal de la Embarcación.....	30
Figura No. 17: Equipo de medición, modelo P3, Strain Indicator and Recorder	32
Figura No. 18: Esquema de instalación de los equipos.....	33
Figura No. 19: Área de Popa (sala de ejes)	34

Figura No. 20: Ubicación de extensómetros en la Sala de ejes	35
Figura No. 21: Ubicación de extensómetros utilizados durante la entrada al Dique.....	43
Figura No. 22: Ubicación de extensómetros utilizados durante la salida del Dique.....	44
Figura No. 23: Deformaciones Unitarias durante la entrada al Dique	45
Figura No. 24: Deformaciones Unitarias durante la salida del Dique	46
Figura No. 25: Presión Hidrostática aplicada al casco a 2.17 m. de Calado, [kg / mm ²].....	50
Figura No. 26: Ubicación de resortes en el fondo (restricción vertical)	51
Figura No. 27: Ubicación de resortes (longitudinales y horizontales) en costado.....	51
Figura No. 28: Esfuerzos Máximos y Mínimos (S_x) en la cubierta Intermedia-Aguas Tranquilas	54
Figura No. 29: Puntos de Apoyo en Línea de Crujía.....	55
Figura No. 30: Puntos de Apoyo de Fondo y Costados	56
Figura No. 31: Puntos de Apoyo de Fondo y Costados	57
Figura No. 32: Puntales de la Embarcación- Costado de Babor	57
Figura No. 33: Reacciones en Puntos de Apoyo de la Cama de Varamiento.....	59
Figura No. 34: Esfuerzos Máximos y Mínimos (S_x) de la cubierta Intermedia-Buque Varado	61
Figura No. 35: Deflexión del Casco- Buque Varado.....	62

Figura No. 36: Máxima deflexión de la Estructura – Espejo, [mm]	63
Figura No. 37: Esfuerzos cortantes de la Estructura de popa – Buque varado	64
Figura No. 38: Esfuerzos Longitudinales (S_x) - Aguas tranquilas [kg/mm ²] 66	
Figura No. 39: Deflexión del Casco- Aguas tranquilas [mm]	66
Figura No. 40: Esfuerzos Máximo S_x - Buque Varado.....	68
Figura No. 41: Deflexión del Casco- Buque Varado.....	68
Figura No. 42: Carga vertical (Rz) en los bloques de crujía de la Cama de Varamiento.....	70
Figura No. 43: Puntos de Apoyo en crujía y Reacciones verticales	71
Figura No. 44: Reacciones en las Cuñas de la Cama de Varamiento.....	72
Figura No. 45: Esfuerzos transversales de la cuaderna 30- Buque varado, [Kg/mm ²]	76
Figura No. 46: Esfuerzos en el ala de la Quilla en la sala de ejes, [Kg/mm ²]	78
Figura No. 47: Esfuerzos en la Plancha 1 entre mamparos 23-34, [Kg/mm ²]	79
Figura No. 1. a: Distribución del Sistema de Propulsión	87
Figura No. 2. a: Plano de Distribución de Tanques.....	88
Figura No. 3. a: Generación de Quilla.....	90
Figura No. 3. b: Generación de Cuadernas.....	91
Figura No. 3. c: Cuadernas de la Popa (simples y reforzadas)	92
Figura No. 3. d: Mamparo típico.....	93

Figura No. 3. e: Generación de Mamparos	93
Figura No. 3. f: Longitudinales de fondo, costado y cubierta (simples y reforzados)	95
Figura No. 3. g: Generación de planchaje de fondo y costado.....	97
Figura No. 3. h: Generación de planchaje de cubierta principal.....	97
Figura No. 3. i: Generación de planchaje de cubierta interior	98
Figura No. 5. a: <i>Área de Popa (sala de ejes)</i>	104
Figura No. 5. b: <i>Ubicación de extensómetros en Sala de Ejes</i>	105
Figura No. 5. c: <i>Datos registrados de la entrada al Dique de la Embarcación</i>	108
Figura No. 5. d: <i>Datos registrados de la salida del Dique de la Embarcación</i>	108

ÍNDICE DE FOTOS

	Página
Foto No. 1: <i>Extensómetros 2 y 3. Plancha del fondo y ala de la Quilla.</i>	37
Foto No. 2: <i>Extensómetro 4. Ala de la cuaderna 30-babor</i>	37
Foto No. 3: <i>Extensómetro5. Sobre el eje intermedio</i>	38
Foto No. 4: <i>Extensómetro 6. Ala de la cuaderna 30-estribor</i>	38
Foto No. 5. a: <i>Extensómetros 2 y 3. Plancha del fondo y ala de la Quilla.</i>	106
Foto No. 5. b: <i>Extensómetro 4. Ala de la cuaderna 30-babor</i>	106
Foto No. 5. c: <i>Extensómetro5. Sobre el eje intermedio</i>	106
Foto No. 5. d: <i>Extensómetro 6. Ala de la cuaderna 30-estribor</i>	106

INTRODUCCIÓN

En las Corbetas de la Armada del Ecuador, se encuentran en el área de la popa, cuatro líneas de ejes y dos timones de gobierno, [1]. Durante el varamiento de la corbeta Esmeraldas en el Dique Orellana, debido a la presencia de los elementos citados anteriormente, se observó que el primer bloque de asiento se encontraba a la altura de la cuaderna 34, por tanto 16 m (25% L) de la embarcación permanecieron en cantilibrio, [2]. Por ésta razón se puede pensar que la estructura del buque pudo sufrir deformaciones elevadas en dicha área.

Durante el proceso de alineamiento del sistema propulsor de la corbeta Esmeraldas, [3], se encontró que los arbotantes estaban desalineados, motivo por el cual fueron maquinados diametralmente. Este desalineamiento pudo ser resultado de la excesiva deformación a la que se encontró expuesta la estructura del buque, por el cantilibrio mencionado en el párrafo anterior. De manera que es recomendable estimar los niveles de esfuerzos a los que está sometida la estructura de estas embarcaciones durante el proceso de varamiento, empleando un método adecuado para el análisis de la complicada geometría del buque.

La principal limitación que se tiene al modelar la estructura de una embarcación en forma detallada, es representar el modelo en forma consistente para obtener el nivel de análisis deseado. Dado que en este caso se desea un análisis global de la estructura, no es necesario modelar las bases de máquinas auxiliares o pequeños aligeramientos. Además los espesores de planchaje pueden ser representados por regiones con valores promedio debido al desgaste no uniforme del material. Aplicando el Método de Elementos Finitos e incluyendo las simplificaciones antes mencionadas se podría analizar la estructura de una corbeta durante el proceso de varamiento.

El objetivo general de este trabajo es el análisis la deformación de la estructura de una Corbeta de la Armada del Ecuador durante el proceso de Varamiento

Los objetivos específicos son:

- § Modelar la estructura de una Corbeta utilizando el método de Elementos Finitos
- § Medir las deformaciones unitarias durante la varada y desvarada de la embarcación utilizando extensómetros.

- § Analizar la distribución de esfuerzos y deflexiones que se desarrollan durante el proceso de Varamiento utilizando el programa SAP2000.
- § Comparar los resultados numéricos de las deformaciones, con las mediciones en escala real, tomadas a la Corbeta Los Ríos, durante el proceso de Varamiento

El principal beneficio de éste trabajo es el desarrollo de la Industrial Naval en el País, ya que este tipo de estudio puede ayudar a economizar recursos y tiempo durante el desarrollo de las reparaciones, además se pueden prevenir fallas tales como las que se presentaron durante el proyecto Esmeraldas.

CAPÍTULO I

MODELACION DE LA ESTRUCTURA DE UNA CORBETA UTILIZANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

En este capítulo, se presentan las características principales de este tipo de buques, se detallan las estructuras del casco y además, se incluyen los pasos preliminares que se siguieron para modelar la embarcación con el programa SAP 2000.

1.1. GENERALIDADES DE LA EMBARCACIÓN

Las embarcaciones objeto del presente estudio, tienen las siguientes características principales:

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
Eslora total	62.30 m.
Manga total	9.30 m.
Puntal.	5.05 m.
Calado ligero	2.17 m.
Desplazamiento ligero	523.40 ton.
Desplazamiento a plena carga	724.00 ton.
Espaciamiento entre cuadernas	0.46 m.
Numero de cuadernas	118
Numero de mamparos incluido espejo	11
Material del casco	Acero de alta tensión
Material de la superestructura	Aluminio
Velocidad económica	15 nudos
Autonomía a VE	2084 millas náuticas
Capacidad de combustible	166.87 m ³
Capacidad de agua	18.88 m ³

Tabla No. 1: Características Principales

En la condición de desplazamiento Ligero, los coeficientes de forma son los siguientes:

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
Coeficiente de Bloque	0.469
Coeficiente Prismático	0.612
Coeficiente de Secc. Media	0.766
Coeficiente de Plano de Flotación	0.736

Tabla No. 2: Coeficientes de formas en condición Ligera

Bajo la cubierta principal se encuentran las áreas habitables, tales como: entrepuentes, enfermería, jardines y comedores, así también se encuentran las áreas operativas como: depósito de armas, salas de ejes y salas de máquinas. Sobre la cubierta principal se encuentran los cuartos de control y puente de gobierno.

El casco de las corbetas ecuatorianas, está dividido en 11 compartimentos estancos desde popa hacia proa con 12 mamparos estancos transversales. Dichos compartimentos son enlistados a continuación, véase además la Figura No.1

- Compartimiento I Entre las cuadernas 0-5
Local del servomotor y tanques de combustible.
- Compartimiento II Entre las cuadernas 5 – 14
Tanques de combustible, cofferdam, tanque de JP1 y depósito de
armas.
- Compartimiento III Entre las cuadernas 14-23
Tanques de combustible, tanque de JP1, camarotes de sargentos,
jardín de sargentos.
- Compartimiento IV Entre las cuadernas 23-34
Tanques de combustible, sala de ejes, camarotes de suboficiales,
detalía, enfermería y jardín de suboficiales.
- Compartimiento V Entre las cuadernas 34-52
Sala de máquinas de popa y tanques de combustible.
- Compartimiento VI Entre las cuadernas 52 -69
Sala de máquinas de proa y tanques de combustible diario.
- Compartimiento VII Entre las cuadernas 69-83
Gambuza, tanque de combustible, sala de giro sala de radio la
cocina, cámara de tripulación y de suboficiales.
- Compartimiento VIII Entre las cuadernas 83-95
Central de aire acondicionado, camarote y jardines de
suboficiales.

Compartimiento IX Entre las cuadernas 95-104.

Sala de sonar y sala de municiones.

Compartimiento X Entre las cuadernas 104-118

Tanques de agua, pañol de electricidad, camarote de tripulación,
pañol de cadena y jardín de tripulación.

Compartimiento XI Entre las cuadernas 118-130

Proa pañol de pintura, pañol de víveres, peak de proa.

A continuación se presenta el plano de distribución general de la
embarcación:

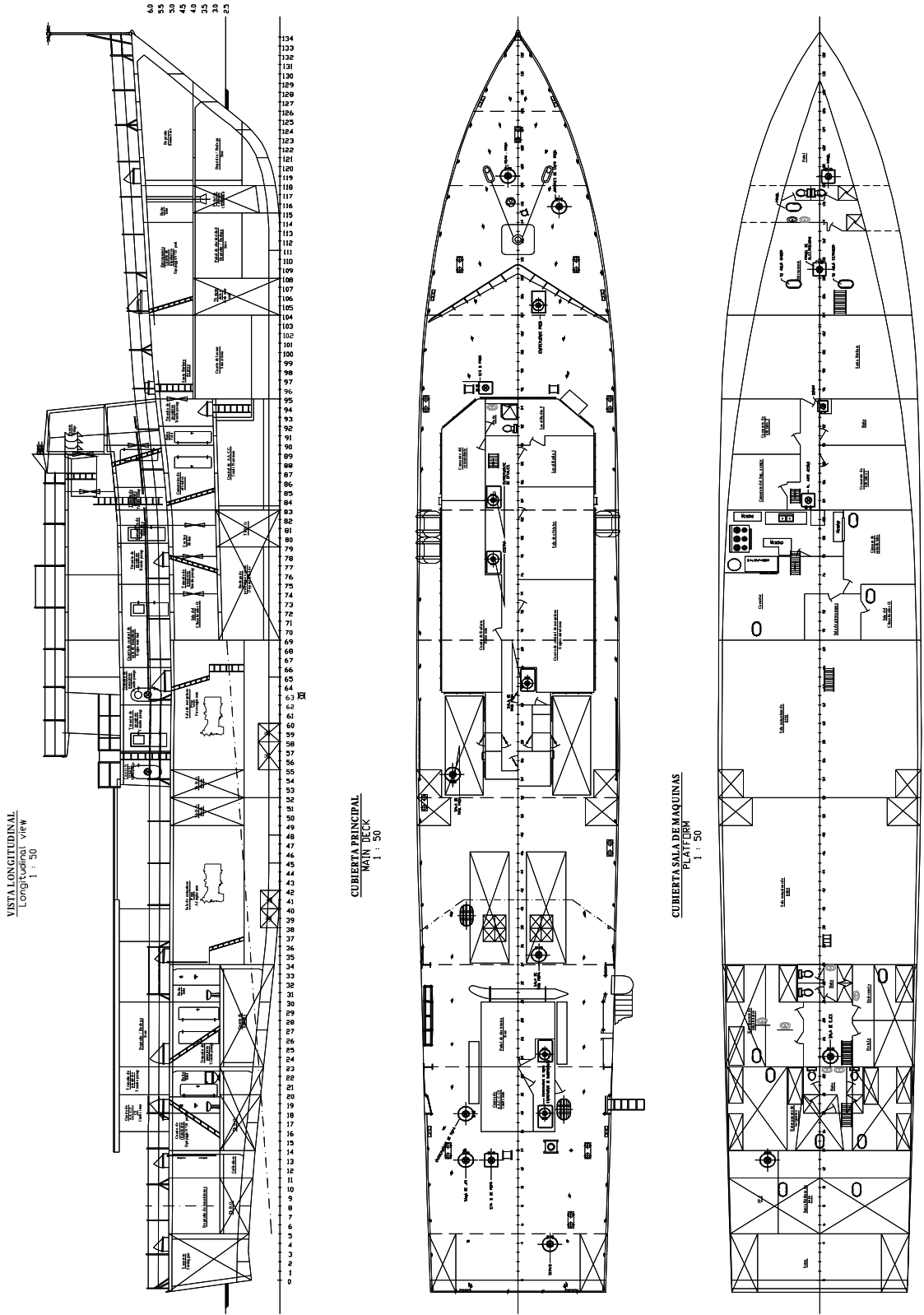


Figura No. 1: Plano de Distribución General

Para el presente análisis, la distribución general de pesos se ha dividido en siete grupos, como se muestra en la tabla a continuación.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TONS.	RESPECTO A L.B.		RESPECTO A Pr de Pp		% RESPECTO AL D
			DISTANCIA	MOMENTO	DISTANCIA	MOMENTO	
			$y (m)$	$W * y$	$l (m)$	$W * l$	
1	CASCO	165.00	3.16	521.40	25.71	4,241.66	24%
2	SUPER ESTRUCTURA	15.43	8.00	123.44	34.34	529.87	2%
3	CUBIERTA DE VUELO	11.44	6.23	71.27	12.84	146.89	2%
4	SISTEMA PROPULSOR	142.61	2.23	318.03	22.53	3,213.21	20%
5	EQUIPAMIENTO Y ACCESORIO	188.91	5.49	1,036.62	30.21	5,707.17	27%
SUBTOTAL 1		523.393	3.96	2,070.76	26.44	13,838.79	
6	TQ. AGUA	18.88	2.44	46.07	48.73	920.03	3%
7	TQ. COMBUSTIBLE	154.62	2.38	368.12	17.52	2,708.50	22%
SUBTOTAL 2		173.501	2.39	414.18	20.91	3,628.53	
PESO TOTAL		696.894	3.57	2,484.95	25.06	17,467.32	100%

Tabla No. 3 Distribución General de Pesos en la Embarcación

Como se puede observar, alrededor del 28% del peso total corresponde al casco y estructuras de la embarcación, el 20% al sistema de propulsión, y, el 25% a la capacidad de agua y combustible.

1.2. DIGITALIZAR LAS FORMAS Y ESTRUCTURAS EN AUTO CAD

Dado que las embarcaciones son de alta velocidad, las formas del casco en el sector de la proa son muy finas, ensanchándose en la popa para poder albergar los tanques y la maquinaria principal. A continuación se presenta el plano de líneas de formas de estos buques.

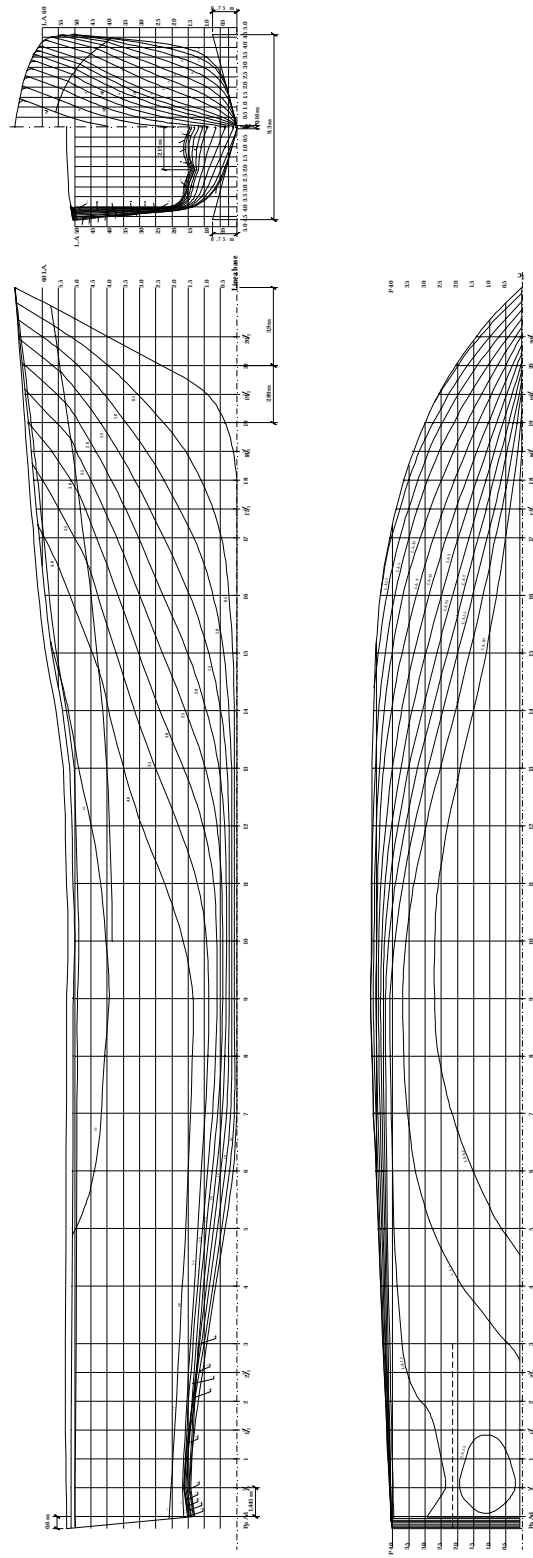


Figura No. 2: Plano de Líneas de Formas

Como se indica en el Anexo 1, estos buques fueron construidos en Acero de Alta Tensión con la finalidad de reducir el peso estructural. Para asegurar una adecuada rigidez, la embarcación tiene una estructura longitudinal y cuentan con dos tipos de cuadernas (simples y reforzadas), las características se detallan en la tabla No. 4.

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
Cuaderna tipo I (Reforzada)	Tee 200x3.5x80x4 mm.
Cuaderna tipo II (Simple)	Fb 80x5mm.
Mamparo (Planchaje)	Superior 3mm Inferior 4.5 mm

Tabla No. 4: Descripción de las diferentes estructuras

A continuación se presenta una cuaderna simple típica, una cuaderna reforzada, y, un mamparo típico de este buque.

Tomando en cuenta los detalles anteriormente mencionados, se generaron las formas de la embarcación empleando el programa AutoCAD, referencia [4]. A continuación se presenta el orden en que fueron digitalizados:

1. Quilla y estructura de línea de crujía
2. Cuadernas simples y reforzadas
3. Mamparos
4. Longitudinales de fondo, costado y cubierta
5. Planchaje
 - a. Generación de planchaje de fondo
 - b. Generación de planchaje de costado
 - c. Generación de planchaje de cubierta principal
 - d. Generación de planchaje de cubierta interior

En el Anexo 3, se describe la generación de las formas del buque en AutoCAD, así también como la descripción de cada elemento.

1.3. INTEGRACIÓN DE ESTRUCTURA EN AUTOCAD E IMPORTACIÓN DESDE SAP2000

Para importar la geometría del modelo desde Sap2000, se han seguido los siguientes pasos:

1. Elegir el sistema de unidades en el cual se va a trabajar

Dado que el modelo ha sido trabajado en mm, se trabajará con: ***Kg., mm, C.***

2. Elegir el sistema de coordenadas de acuerdo a como se ha generado el modelo.

El modelo ha sido generado de la siguiente manera: el eje de las x está en dirección de la eslora, positivo hacia popa, el eje de las y en sentido transversal y el eje de las z en dirección vertical, positivo hacia arriba.

3. Describir el tipo de material de las estructuras:

A continuación se detalla las propiedades del material de las estructuras de la embarcación.

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
Peso Específico	7.849 E-6 Kg./mm ³
Razón de Poisson	0.295
Módulo de Young, E	20394.30 Kg./mm ²
Esfuerzo de fluencia, F_y .	36.20 Kg./mm ²
Esfuerzo último en tensión, F_u .	87.89 Kg./mm ²
Esfuerzo de fluencia en corte, t	15.58 Kg./mm ²

Tabla No. 5: Propiedades Mecánicas del Material

4. Importación de datos desde SAP 2000.

A través del comando *IMPORT*, del menú *FILE* del programa SAP2000, se realiza la importación de los datos del modelo. En la tabla No.6 se enlistan las estructuras que forman la embarcación.

Luego, desde el comando *AREA SECTIONS* del menú *DEFINE* se ingresan las propiedades de cada elemento *SHELL*, los que se definen con tres o cuatro nodos y representan a las estructuras primarias, sean longitudinales o transversales, así también forman el planchaje de la embarcación y sus mamparos interiores, la característica principal de estos elementos es el espesor de las estructuras. Con el comando *FRAME/CABLE SECTIONS* del menú *DEFINE*, se ingresan las propiedades de los elementos *FRAME*, que se definen con dos nodos y representan miembros estructurales secundarios;

la característica principal de estos elementos es la inercia transversal en ambas direcciones ($I_{22} - I_{33}$) la cual ha sido calculada de acuerdo a la referencia [9].

Section	Estructura	Espesor mm	$I_{22} ; I_{33}$ mm ⁴	TotalWt Kgf
Cuaderna simple	C.UAD.SIMP		847000 ; 52700000	11,097.66
Refuerzo mamparo, horizontal	REF.HOR.MAMP		322000 ; 4880000	577.82
Refuerzo costado, longitudinal	REF.LONG.COST		1110000 ; 9010000	2,885.61
Refuerzo cubierta, longitudinal	REF.LONG.CUB		787000 ; 11300000	3,798.39
Refuerzo fondo, longitudinal	REF.LONG.FOND		3480000 ; 7820000	9,106.79
Refuerzo mamparo, vertical	REF.VERT.MAMP		322000 ; 4880000	2,206.37
Ala de base de maquinas	B.MAQ.AL	8.00		1,151.69
Alma de base de maquinas	B.MAQ.AM	8.00		5,167.94
Escuadra de base de maquinas	B.MAQ.ES	6.00		4,049.01
Ala de la cuaderna	P.L.C.ALA	4.00		3,032.72
Alma de la cuaderna	P.L.C.ALM	3.50		9,069.59
Planchaje de cubierta A	P.L.CUB.A	3.50		9,956.45
Planchaje de cubierta B	P.L.CUB.B	5.00		8,645.72
Planchaje de cubierta C	P.L.CUB.C	5.00		7,034.57
Planchaje de cubierta Intermedia	P.L.CUB2	3.50		9,918.60
Planchaje de fondo A	P.L.F.A	4.82		5,623.47
Planchaje de fondo B	P.L.F.B	3.78		4,684.16
Planchaje de fondo C	P.L.F.C	3.23		3,987.39
Planchaje de fondo D	P.L.F.D	3.31		10,105.28
Planchaje de fondo E	P.L.F.E	4.50		17,456.06
Planchaje de Quilla	P.L.K	5.92		629.34
Ala de longitudinal de costado	P.L.LC.AL	5.00		517.26
Alma de longitudinal de costado	P.L.LC.AM	3.50		1,251.12
Ala de longitudinal de cubierta	P.L.LCB.L	5.00		1,185.92
Alma de longitudinal de cubierta	P.L.LCB.M	3.00		1,879.31
Ala de longitudinal de fondo	P.L.LF.AL	5.00		1,694.03
Alma de longitudinal de fondo	P.L.LF.AM	4.00		5,138.64
Planchaje de mamparo	P.L.MAMP	3.75		13,585.62
Ala de la quilla	P.L.Q.ALA	5.00		284.85
Alma de la quilla	P.L.Q.ALM	4.00		1,279.11
Ala de la roda	P.L.R.ALA	5.00		52.25
Alma de la roda	P.L.R.ALM	3.50		158.96
			PESO CASCO (Kg)	157,212

Tabla No. 6: Estructuras Principales y Propiedades principales

A continuación se presenta el modelo de la embarcación en Sap2000.

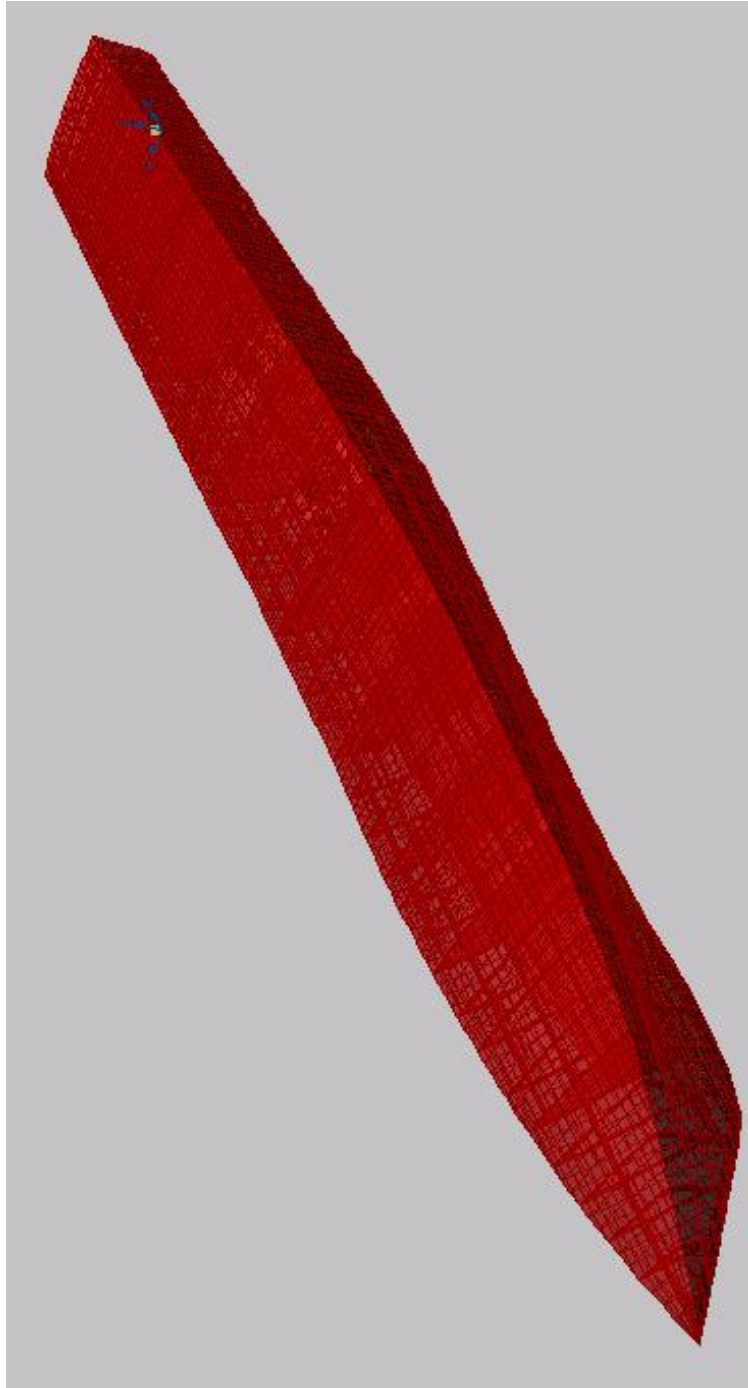


Figura No. 6: *Modelo estructural- Casco*

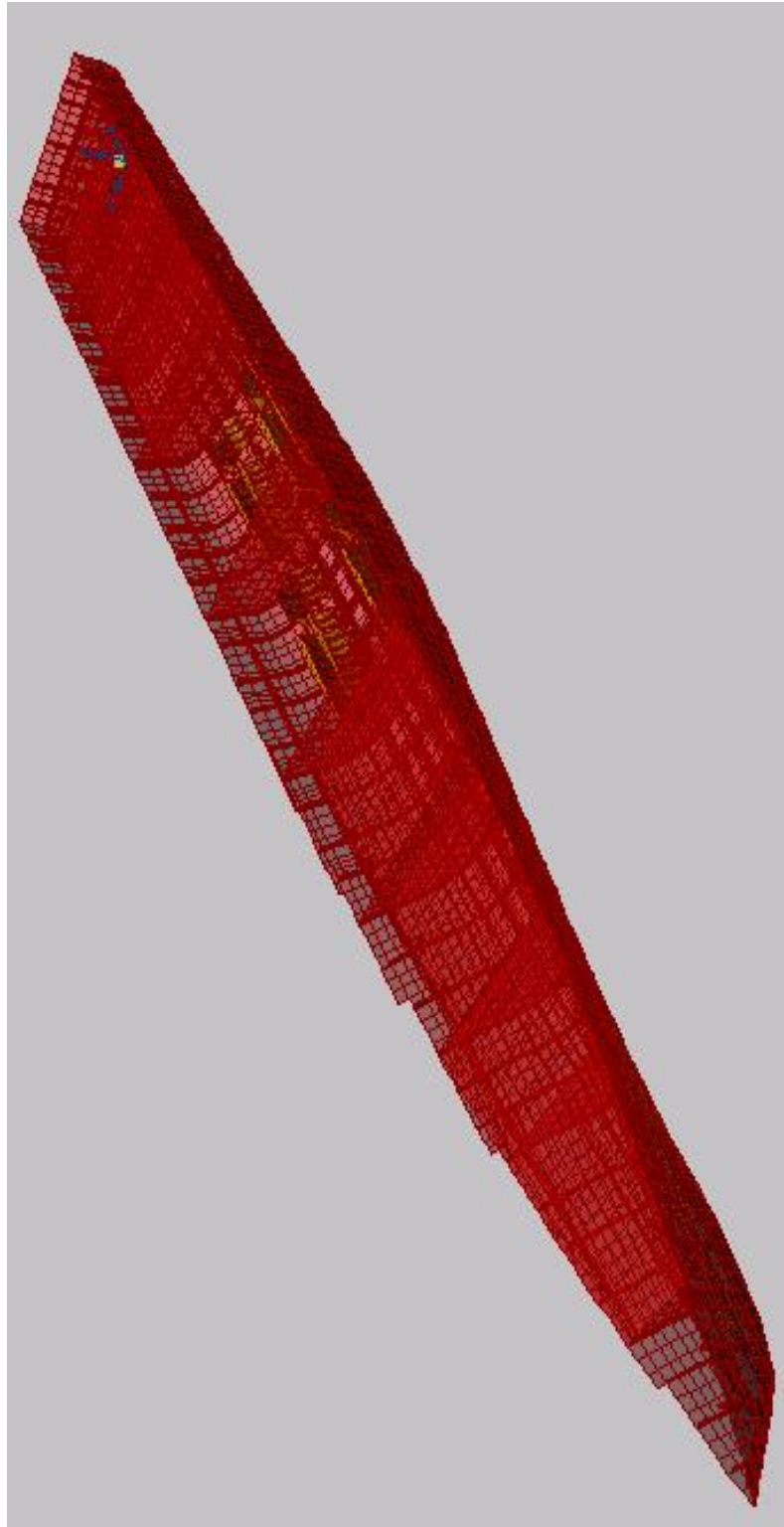


Figura No. 7: *Modelo estructural- Cubierta intermedia y Cuadernas*

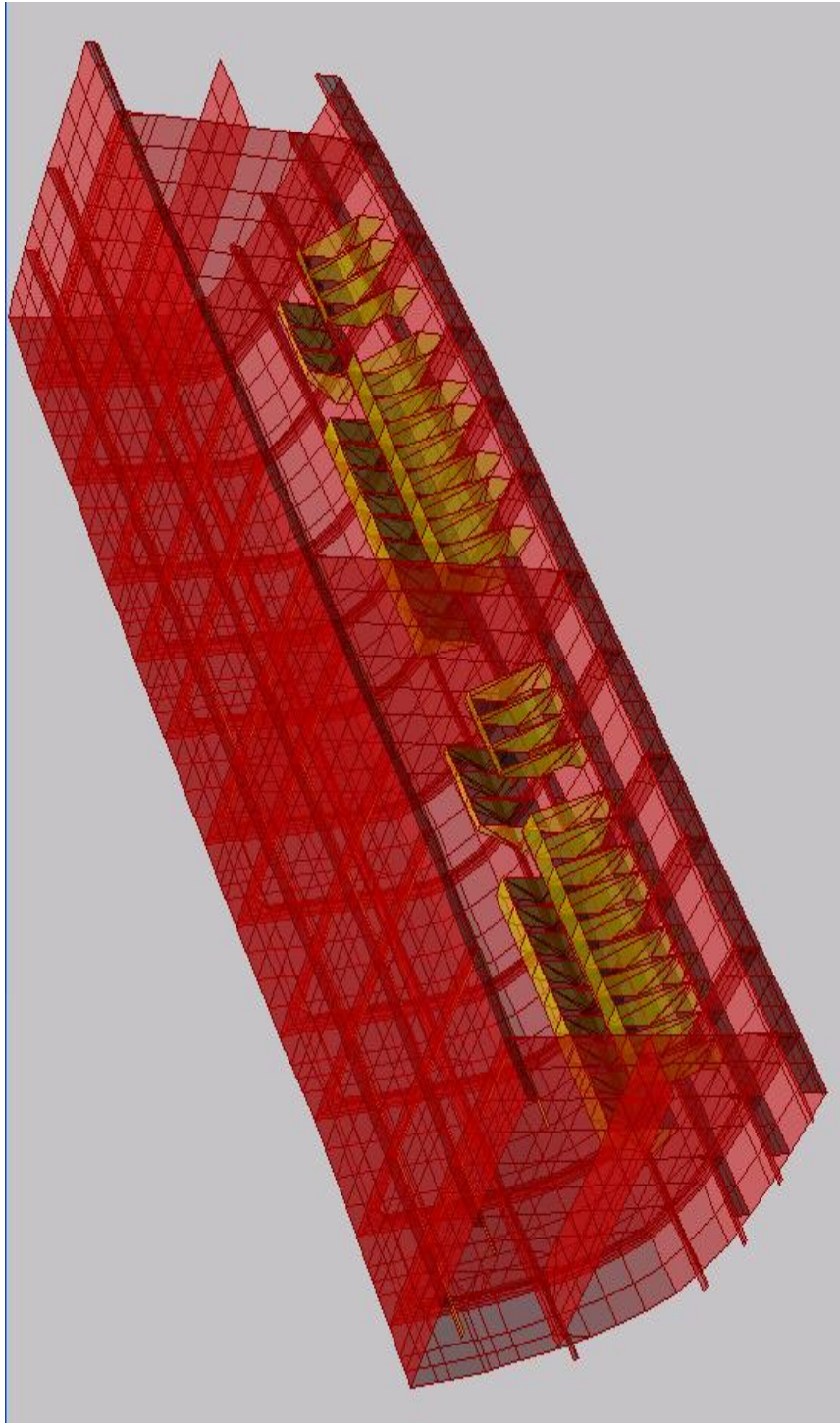


Figura No. 8: *Modelo estructural- Mamparos y Bases de Máquinas*

5. Ingreso de Pesos adicionales.

Además del peso de la estructura, que se calcula de forma interna en el programa, de acuerdo a las propiedades de cada elemento, se deben incluir los pesos de las estructuras externas y de los diferentes accesorios. A continuación se presentan los pesos adicionales que se aplicaron al modelo.

ITEM	DESCRIPCION	UBICACIÓN	PESO	NODOS			PESO/NOD		
			TONS.	CUBT PRINCIPAL	CUBT INTERM	FONDO	CUBT PRINCIPAL	CUBT INTERM	FONDO
1	SUPESTRUCTURA	59-95	15.43	609.00			25.33		
2	CUBIERTA DE VUELO	16-30	11.44	105.00			108.95		
3	MOTOR + RED PR	52-69	43.37			56.00			774.464
4	MOTOR + RED PP	34-52	43.37			56.00			774.464
5	SISTEMA PROP-ACCESORIOS	34-4	55.87			8.00			6,984.13
6	EQUIPAMIENTO Y ACCESORIOS	4-130	188.91	2,912.00	1,486.00		38.92	50.85	
TOTAL			358.39	3,626.00	1,486.00	120.00			

Tabla No. 7: Pesos Adicionales

En la tabla anterior, se describe el peso y la cantidad de nodos donde actúan dichas cargas, por lo que estas son distribuidas de manera puntual en cada nodo del área correspondiente. A continuación se muestra la forma de aplicación de los pesos.

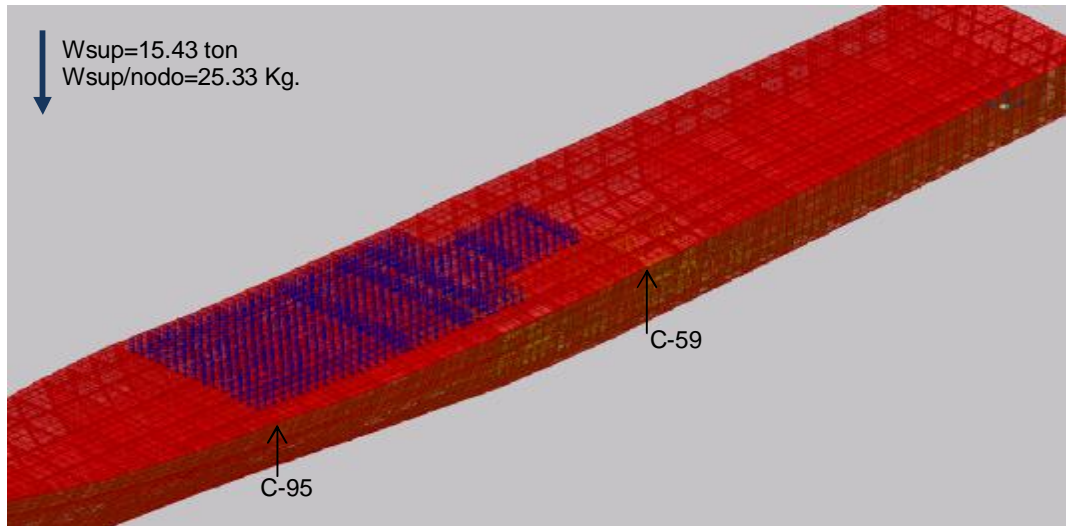


Figura No. 9: Modelo estructural-Peso de Superestructura

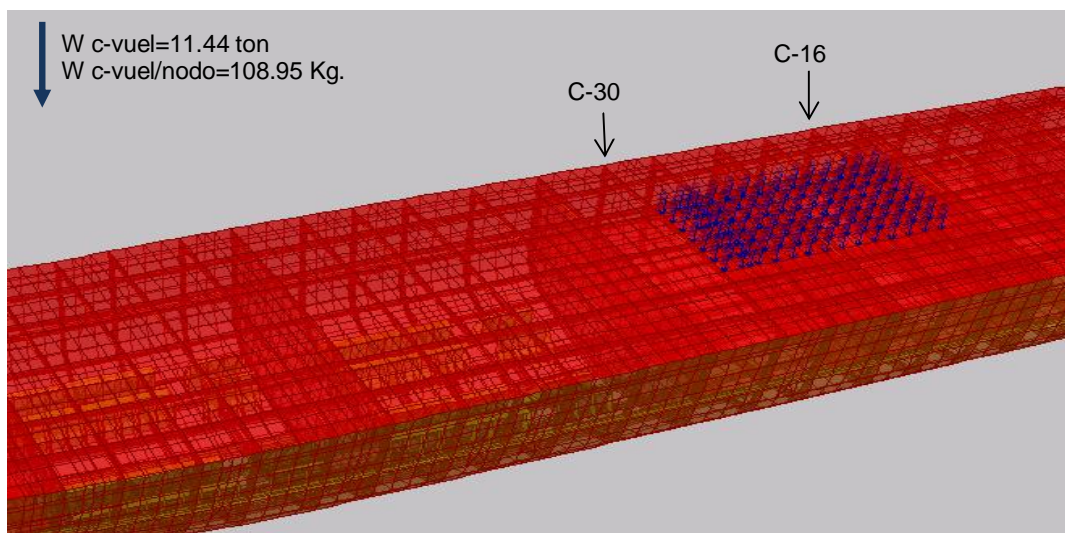


Figura No. 10: Modelo estructural-Peso de Cbta. de Vuelo

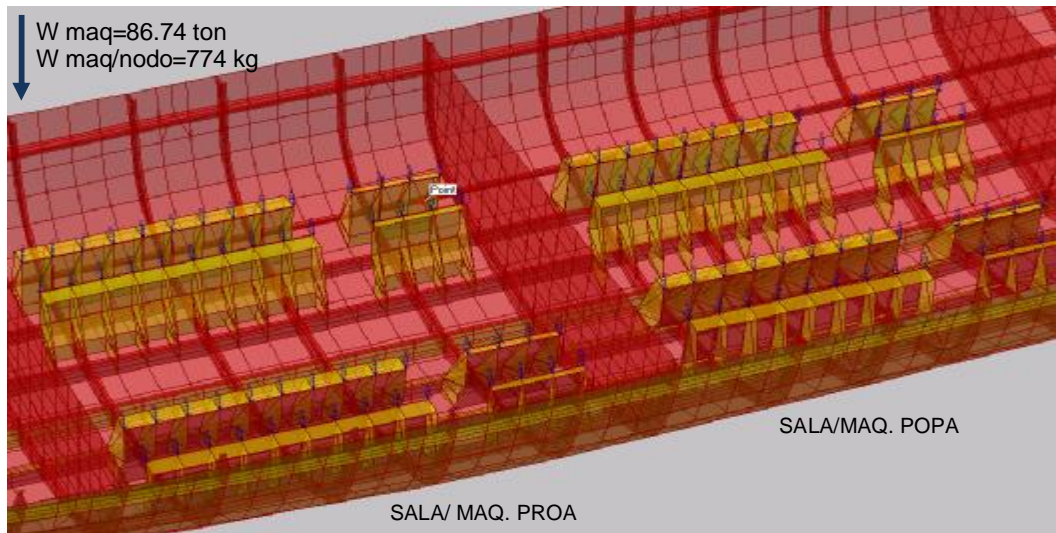


Figura No. 11: Modelo estructural-Peso de Motores y Reductores

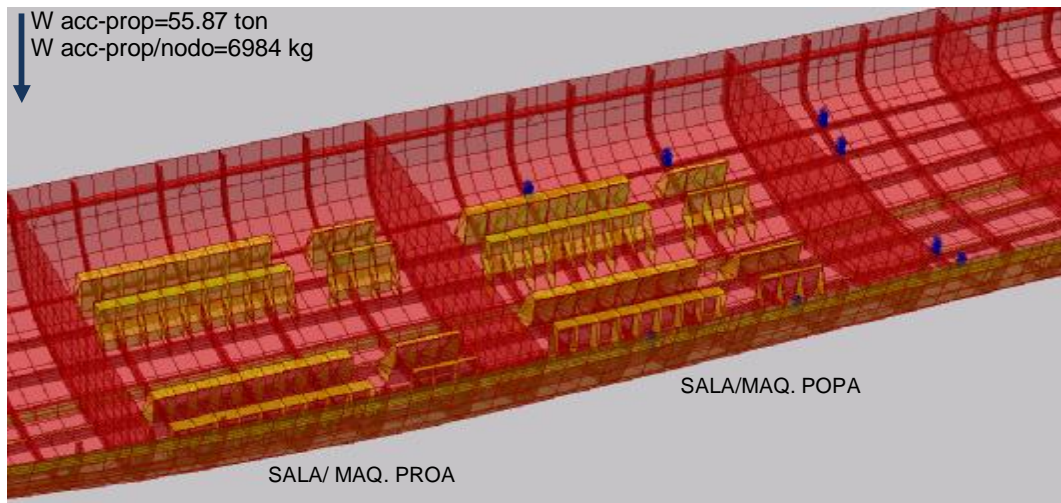


Figura No. 12: Modelo estructural-Peso de Accesorios de Propulsión

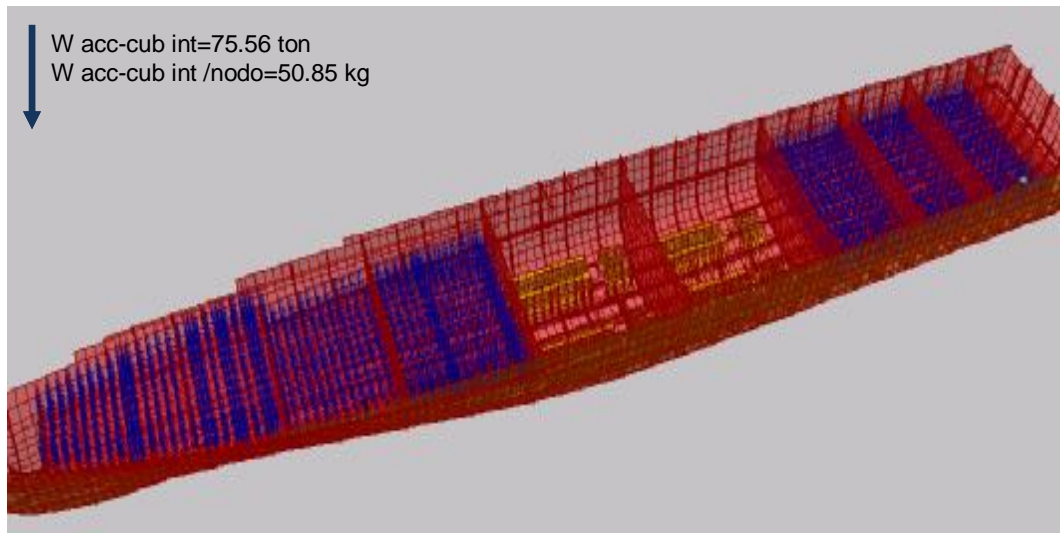


Figura No. 13: Modelo estructural-Peso de Accesorios en Cbta. Intermedia

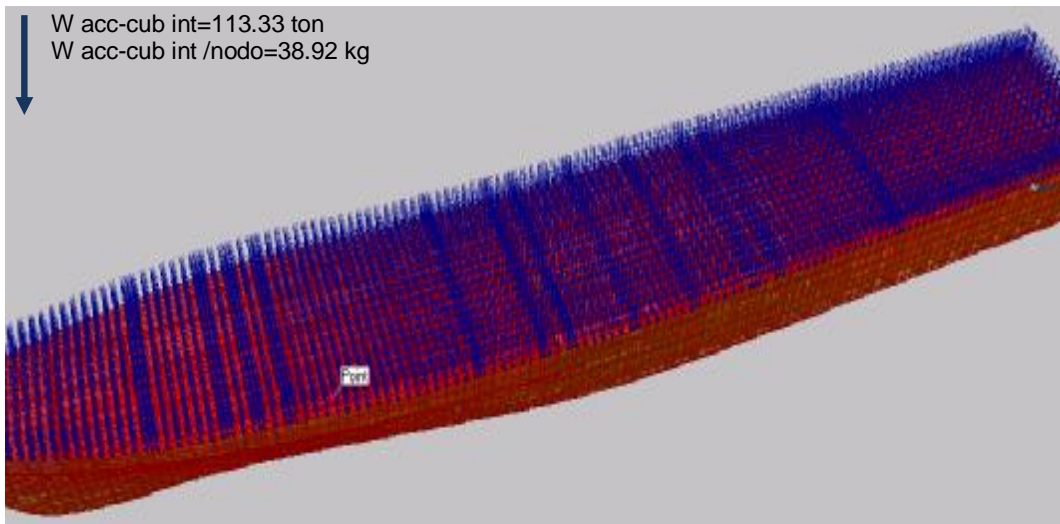


Figura No. 14: Modelo estructural-Peso de Accesorios en Cbta. Principal

Para representar el modelo en forma consistente y obtener el nivel de análisis deseado, adicionalmente se consideraron los siguientes puntos específicos:

1. Disminución del espesor de planchaje de fondo

Durante el varamiento en el año 2007, de una embarcación similar a la tratada en el presente trabajo, [6], se registró la medición de espesores de planchaje en el casco (ver Anexo 4). De acuerdo a los datos registrados, se puede evidenciar que el mayor desgaste de planchaje se encuentra entre las tracas K, A y B, las cuales forman el fondo y corresponden al área donde se asienta la nave durante el proceso de varamiento. La reducción del espesor en las tracas del fondo se encuentra entre el 24-26% y en el costado alrededor del 15%; debido a este alto porcentaje de variación, en el modelo se considera como espesor de cada traca, el valor promedio encontrado según la tabla No.8.

ESPESOR PROMEDIO DEL PLANCHAJE EN LAS DIFERENTES TRACAS									
ESPESOR DE DISEÑO			8.0	6.0	5.0	4.0	4.0	5.0	
ITEM	CUADERNA		TRACA K	TRACA A	TRACA B	TRACA C	TRACA D	TRACA E	
1	0	12	5.9	6.3	6.0	5.7	7.0		
2	12	24	6.9	4.8	4.6	3.9	2.9		
3	24	36	6.9	4.7	3.7	3.6	3.4	5.0	
4	36	48	6.8	5.8	4.3	4.2	3.7	4.7	
5	48	60	5.0	5.7	4.5	3.0	3.9	4.9	
6	60	72	5.8	5.3	4.5	2.7	3.4	4.8	
7	72	84	7.0	5.2	4.0	3.1	3.0		
8	84	96	6.0	3.9	3.4	2.9	3.2		
9	96	108	6.2	4.3	3.2	3.3	3.3	3.4	
10	108	120	5.7	4.2	3.0	3.1	3.1	4.4	
11	120	132	3.1	4.3	2.7	3.4	4.3		
ESPEORES PROM (mm.)			5.92	4.95	3.98	3.54	3.74	4.50	
DESGASTE PROM (mm.)			2.08	1.05	1.02	0.46	0.26	0.50	

Tabla No. 8: Espesor Promedio y Desgaste del planchaje

2. Soportes de la cama de varamiento

En el proceso de varamiento de la embarcación, ésta fue soportada en sentido longitudinal por 12 bloques de madera en el fondo en línea de crujía, 6 bloques de madera en los costados y adicionalmente fue apuntalada a los costados en 5 puntos de apoyo en cada banda. A continuación se presenta el esquema general de apuntalamiento de la nave.

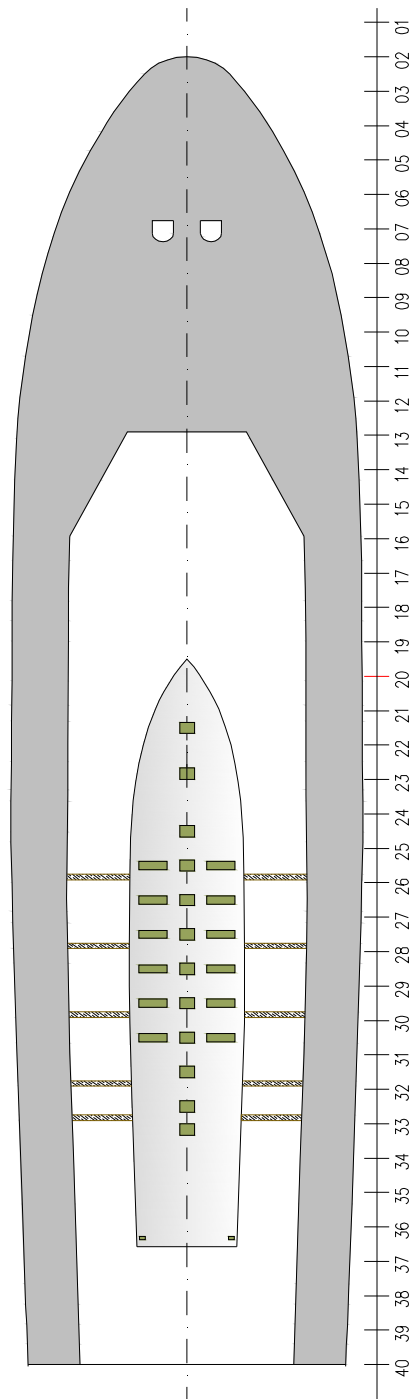


Figura No. 15: *Cama de Varamiento y Apuntalamiento Longitudinal de la Embarcación*

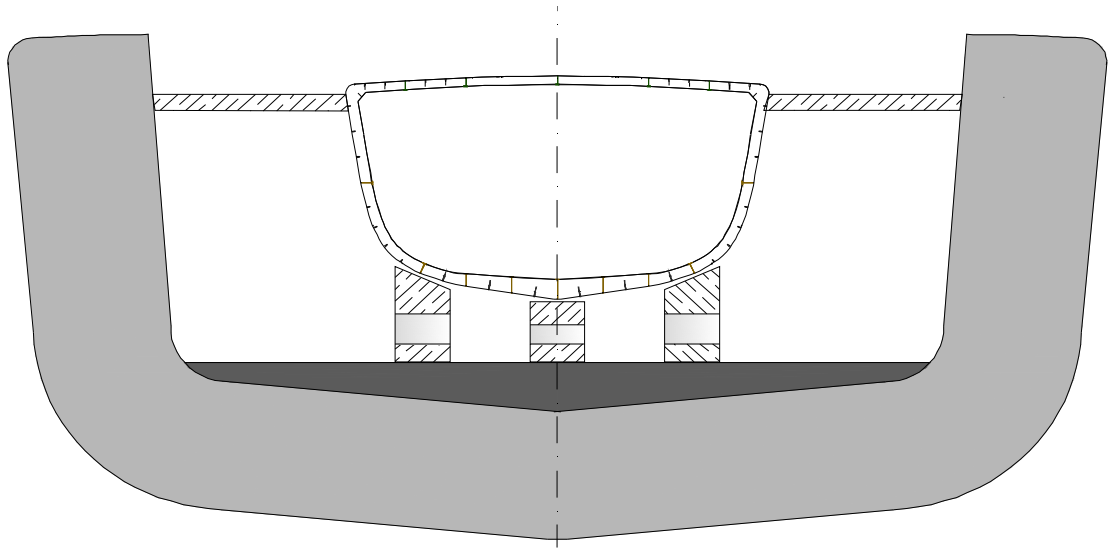


Figura No. 16: *Apuntalamiento Transversal de la Embarcación*

Cabe aclarar que la cama de varamiento y el apuntalamiento que se presentó anteriormente es el de la Corbeta Los Ríos del año 2009 [13], y se utilizará para el análisis de la estructura por cuanto en esta embarcación se realizaron mediciones de deformaciones unitarias, las mismas que se presentan en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO II

MEDICIÓN DE LAS DEFORMACIONES UNITARIAS DURANTE LA VARADA Y DESVARADA DE UNA CORBETA

Este capítulo incluye una breve descripción de los equipos utilizados para medir las deformaciones del casco, el esquema del lugar donde se instalaron los extensómetros y se presentan los datos que se obtuvieron de las mediciones realizadas durante la varada y desvarada de la embarcación.

2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN.

Para las mediciones de deformación unitaria en la embarcación, se utilizó el equipo: Strain Gage Instrumentation, marca Vishay Micro-Measurements, modelo P3, Strain Indicator and Recorder [12], ver figura No.17. Éste es un equipo especializado, que permite medir o analizar fenómenos ocurridos en las estructuras, al producirse una pequeña variación en la señal eléctrica en los extensómetros a los que está conectado.

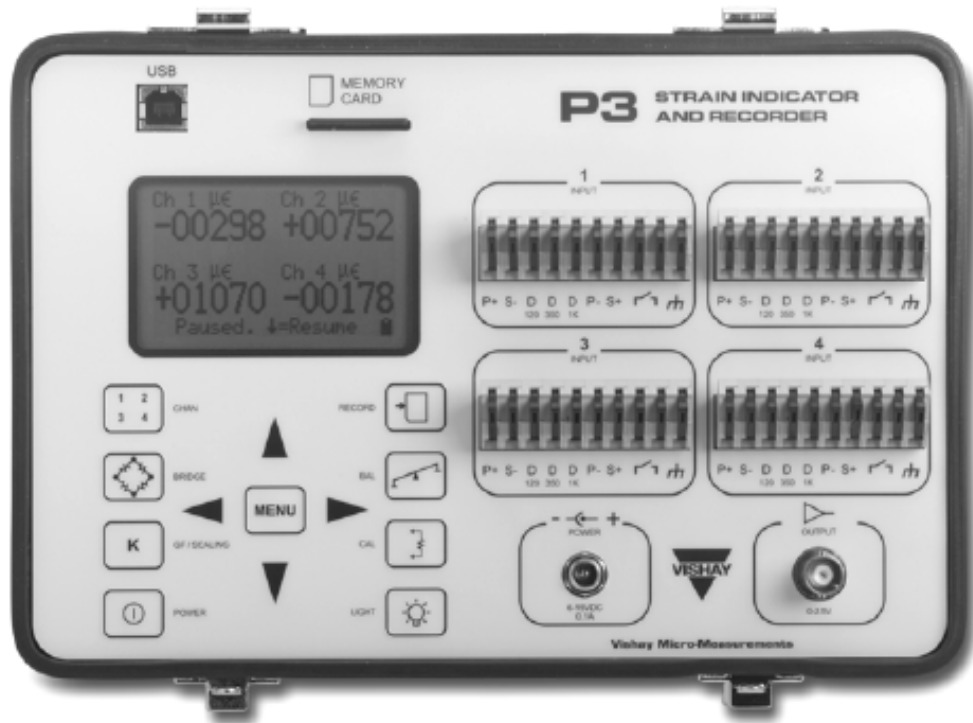


Figura No. 17: Equipo de medición, modelo P3, Strain Indicator and Recorder

El modelo P3, Strain Indicator and Recorder, es un instrumento portátil, operado con batería y tiene cuatro entradas para datos; la exactitud en las mediciones es del $\pm 0.1\%$. Además el P3 se puede operar desde una computadora utilizando el software correspondiente y permite grabar los datos directamente en la memoria interna, ver figura No. 18. Dado que el fenómeno a analizar se desarrolló lentamente, la razón de grabación de los datos se realizó cada segundo, y, la información fue registrada en una computadora portátil para su posterior análisis.

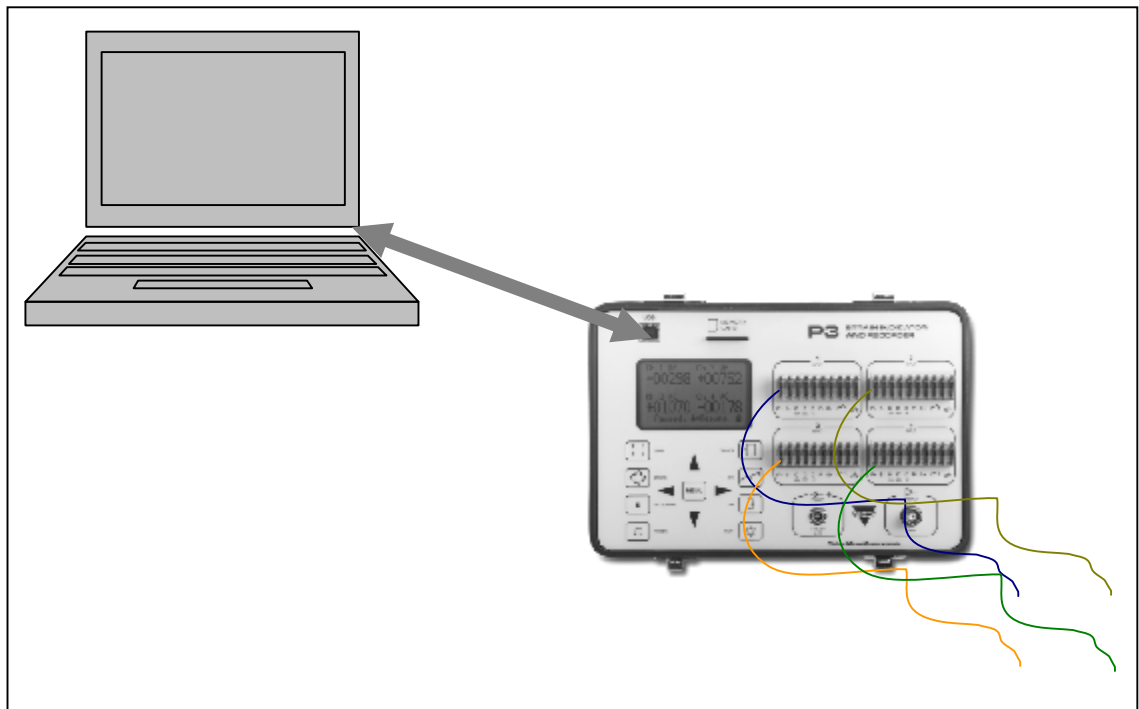


Figura No. 18: Esquema de instalación de los equipos

2.2. INSTALACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOS EXTENSÓMETROS EN EL ÁREA DE TRABAJO.

Debido a que durante la varada de las embarcaciones, 16 metros del sector de popa se encontraba en Cantilibrio, la Sala de Ejes fue seleccionada para la medición de las deformaciones unitarias de los elementos estructurales de la unidad. Este compartimiento se encontraba cercano al punto donde se instaló el último bloque de varamiento de la Corbeta Esmeraldas, [2], y se esperaba que en esta zona se produzcan altas deformaciones de la estructura. Sin embargo en el momento de la medición, se evidenció un nuevo apoyo en la popa entre las cuadernas 25 y 27, ver figura No.19.

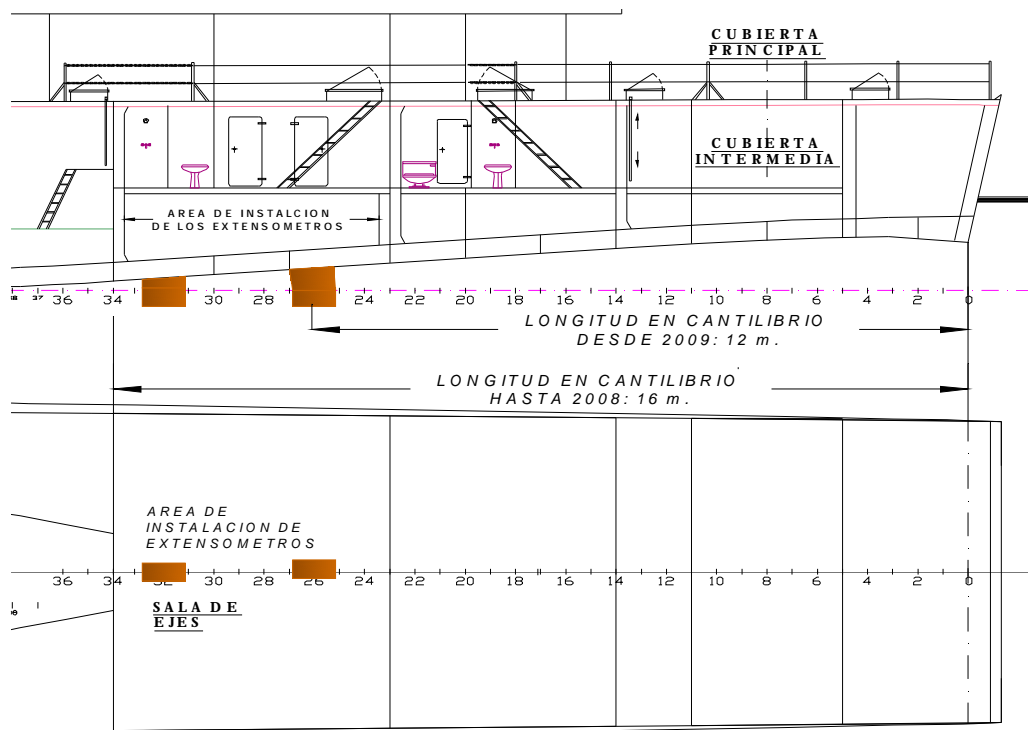


Figura No. 19: Área de Popa (sala de ejes)

Para las mediciones se instalaron extensómetros en el área antes mencionada, para lo que se realizó previamente una limpieza del óxido y pintura de las estructuras, adicionalmente cada sensor fue protegido con chofas para evitar daños durante los trabajos en el dique. En la sala de ejes se instalaron 7 extensómetros por seguridad (ver figura No.20), dado que en el equipo Vishay se disponía únicamente de 4 canales de grabación y, comúnmente alguno de los sensores queda inoperativo.

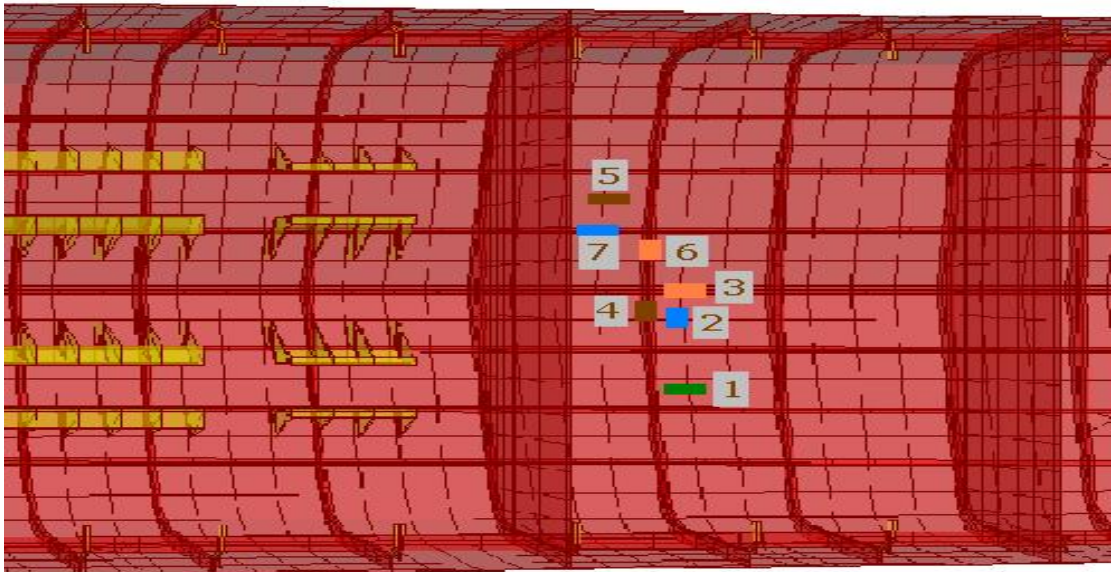


Figura No. 20: *Ubicación de extensómetros en la Sala de ejes*

Para la ubicación de los sensores, se consideró que cada extensómetro tenga una función y dirección distinta de las restantes, y se las escogió para

investigar la deformación en cada punto y dirección, durante la varada y desvarada de la embarcación. Ver tabla No.9.

UBICACIÓN DE EXTENSOMETROS				
No.	UBICACIÓN	ELEMENTO	SENTIDO	COLOR
1	C29-C30	PLANCHA 1	LONGITUDINAL	VERDE
2	C29-C30	PLANCHA 2	TRANSVERSAL	AZUL
3	C28-C29	QUILLA (ALA)	LONGITUDINAL	NARANJA
4	C30	CUADERNA	TRANSVERSAL	CAFÉ
5	C31-C32	EJE DE COLA	LONGITUDINAL	CAFÉ
6	C30	CUADERNA	TRANSVERSAL	NARANJA
7	C31-C32	LONG. FONDO	LONGITUDINAL	AZUL

Tabla No. 9: Lista de extensómetros ubicados en Sala de ejes

A continuación se presentan fotos de los puntos de instalación de los extensómetros utilizados para medir las deformaciones unitarias de la unidad, durante su asentamiento en el Dique.

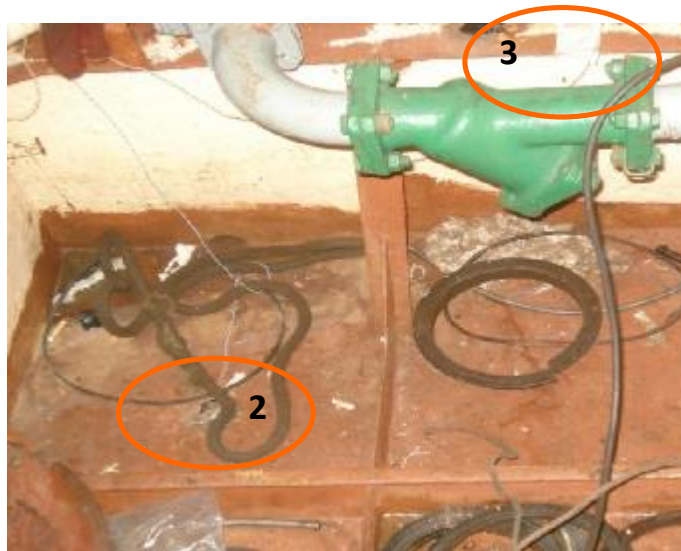


Foto No. 1: *Extensómetros 2 y 3. Plancha del fondo y ala de la Quilla.*



Foto No. 2: *Extensómetro 4. Ala de la cuaderna 30-babor*



Foto No. 3: Extensómetro 5. Sobre el eje intermedio

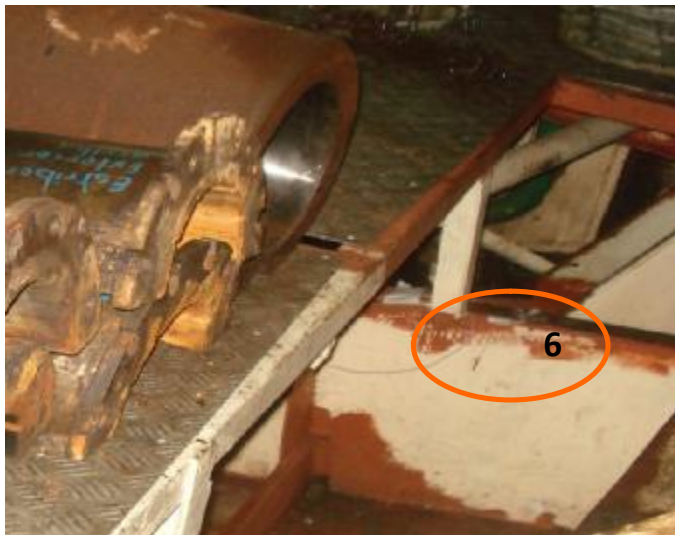


Foto No. 4: Extensómetro 6. Ala de la cuaderna 30-estribor

2.3. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de la deformación unitaria de las estructuras del fondo de popa de la embarcación, durante el proceso de asentamiento en el dique, es importante conocer las condiciones en que se encontraba la unidad en el momento del varamiento y desvaramiento, para lo cual se ha tomado como referencia los siguientes datos.

Durante la varada, la embarcación se encontraba en las siguientes condiciones:

1. Calado promedio de la embarcación: 2.17 m. Asentada 0.30 grados por popa.
2. Los tanques de agua dulce, ubicados en la proa, se encontraban con 1000 gal. cada uno.
3. Se tenían 4 toneladas de peso muerto, en la Sección Media para realizar posteriormente las pruebas de estabilidad.
4. En la embarcación se registraron 48 personas a bordo, en el sector de la proa.

En la tabla No.10 se resumen los pesos antes mencionados. Esta carga adicional corresponde al aumento del 2.7% del desplazamiento ligero de la embarcación

ENTRADA AL DIQUE				
<i>DATOS GENERALES</i>				
L=	62.310 m.	B=	9.360 m.	
H=	5.050 m.	DESP=	537.97 ton.	
Tpr=	2.009 m.	Tpp=	2.333 m.	
Tmed=	2.17 m.	Asiento=	+0.30 grados	
FECHA:	20/07/2009	HORA:	2:20	pm
<i>CONDICION DEL BUQUE</i>				
DESCRIPCION	CAP (GAL)	CAP (m ³)	d (ton/m ³)	W(ton)
Tq. agua1	1000.00	3.79	1.00	3.79
Tq. agua2	1000.00	3.79	1.00	3.79
Tq. comb1	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb2	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb3	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb4	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb5	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb6	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb7	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb8	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb9	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb10	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb11	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb dia1	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb dia2	0.00	0.00	0.85	0.00
<i>ADICIONALES</i>				
DESCRIPCION	SECTOR	CANT	PESO UNT (ton)	PESO TT (ton)
PESO MUERTO	CUADRA	4	1.00	4.000
TRIPULACION	PROA	48	0.06	2.976

Tabla No. 10: Condición de entrada al Dique

Durante la desvarada de la unidad, se registraron las siguientes condiciones, ver tabla No.11.

1. Calado promedio de la embarcación: 2.12 m. Asentada 0.28 grados por popa.
2. Los tanques de agua dulce, ubicados en la proa, se encontraban con 800 gal. cada uno.
3. Los pesos utilizados para las pruebas de estabilidad, se encontraban en el sector de la popa
4. En la embarcación se registraron 45 personas a bordo, en el sector de la proa
5. Adicionalmente se removieron 18.5 ton del sector de popa, entre las cuadernas 04 y 34, por el desmontaje de los accesorios del sistema de propulsión de las 4 líneas de ejes.

En resumen, la diferencia que existen en Desplazamiento entre las dos condiciones, es de 20 ton., que corresponde al 4% del Desplazamiento ligero de la embarcación y se debe a la remoción de los pesos antes mencionada

SALIDA DEL DIQUE				
<i>DATOS GENERALES</i>				
L=	62.31 m.	B=	9.36 m.	
H=	5.05 m.	DESP=	517.77 ton.	
Tpr=	1.97 m.	Tpp=	2.27 m.	
Tmed=	2.12 m.	Asiento=	+0.28 grados	
FECHA:	28/07/2009	HORA:	8:55	am
<i>CONDICION DEL BUQUE</i>				
DESCRIPCION	CAP (GAL)	CAP (m ³)	d (ton/m ³)	W(ton)
Tq. agua1	800.00	3.03	1.00	3.03
Tq. agua2	800.00	3.03	1.00	3.03
Tq. comb1	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb2	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb3	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb4	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb5	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb6	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb7	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb8	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb9	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb10	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb11	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb dia1	0.00	0.00	0.85	0.00
Tq. comb dia2	0.00	0.00	0.85	0.00
<i>ADICIONALES</i>				
DESCRIPCION	SECTOR	CANT	PESO UNT (ton)	PESO TT (ton)
PESO MUERTO	POPA	4	1.00	4.00
TRIPULACION	PROA	45	0.06	2.7900
RETIRO DE ACC/MA	POPA	1	18.50	- 18.50

Tabla No. 11: Condición de salida del Dique

Luego de exponer las condiciones de entrada y salida de la embarcación al Dique se procederá a revisar los datos registrados durante el varamiento de la unidad.

Dado que el equipo de medición de deformaciones tiene solo 4 terminales, se escogieron las líneas que presentaron mejor calidad de señal durante el varamiento y desvaramiento de la embarcación. A continuación se indican las características y ubicación de cada una de ellas, ver tabla No.12 y 13, y, figura No.21 y 22.

ENTRADA AL DIQUE				
No.	UBICACIÓN	ELEMENTO	SENTIDO	COLOR
1	C29-C30	PLANCHA 1	LONGITUDINAL	VERDE
2	C29-C30	PLANCHA 2	TRANSVERSAL	AZUL
3	C28-C29	QUILLA (ALA)	LONGITUDINAL	NARANJA
5	C31-C32	EJE DE COLA	LONGITUDINAL	CAFÉ

Tabla No. 12: Extensómetros utilizados durante la entrada al Dique

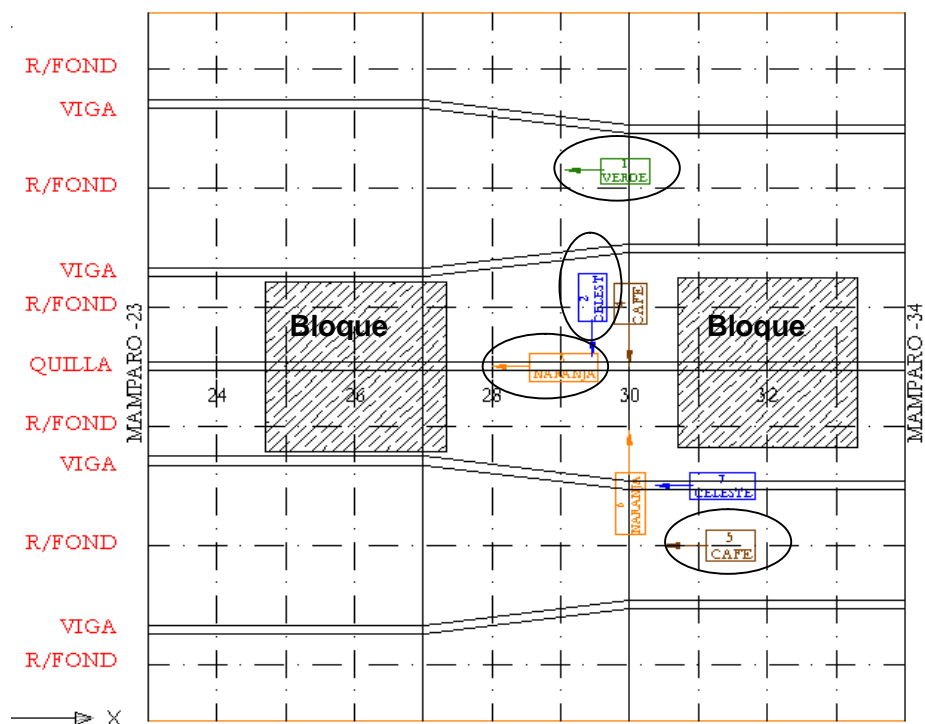


Figura No. 21: Ubicación de extensómetros utilizados durante la entrada al Dique

SALIDA DEL DIQUE				
No.	UBICACIÓN	ELEMENTO	SENTIDO	COLOR
7	C31-C32	LONG. FONDO	LONGITUDINAL	AZUL
6	C30	CUADERNA	TRANSVERSAL	NARANJA
2	C29-C30	PLANCHA 2	TRANSVERSAL	AZUL
3	C28-C29	QUILLA (ALA)	LONGITUDINAL	NARANJA

Tabla No. 13:- Extensómetros utilizados durante la salida del Dique

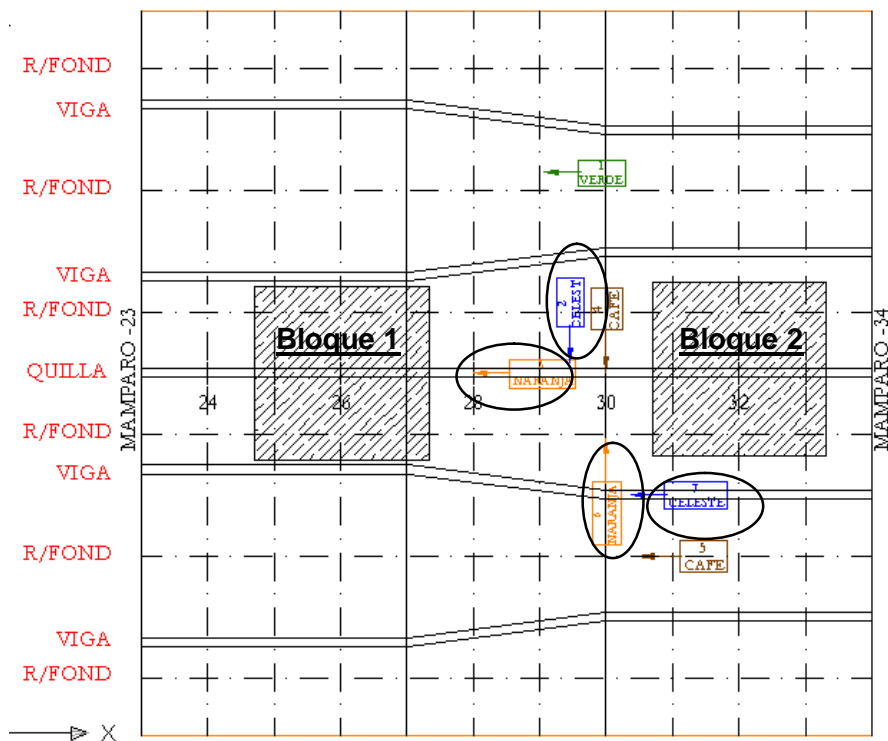


Figura No. 22: Ubicación de extensómetros utilizados durante la salida del Dique

Las graficas que se presentan a continuación, corresponden a los datos registrados y muestran la micro deformación unitaria ($\epsilon \times 10^{-6}$) que sufrió cada elemento durante el proceso de varada y desvarada de la embarcación.

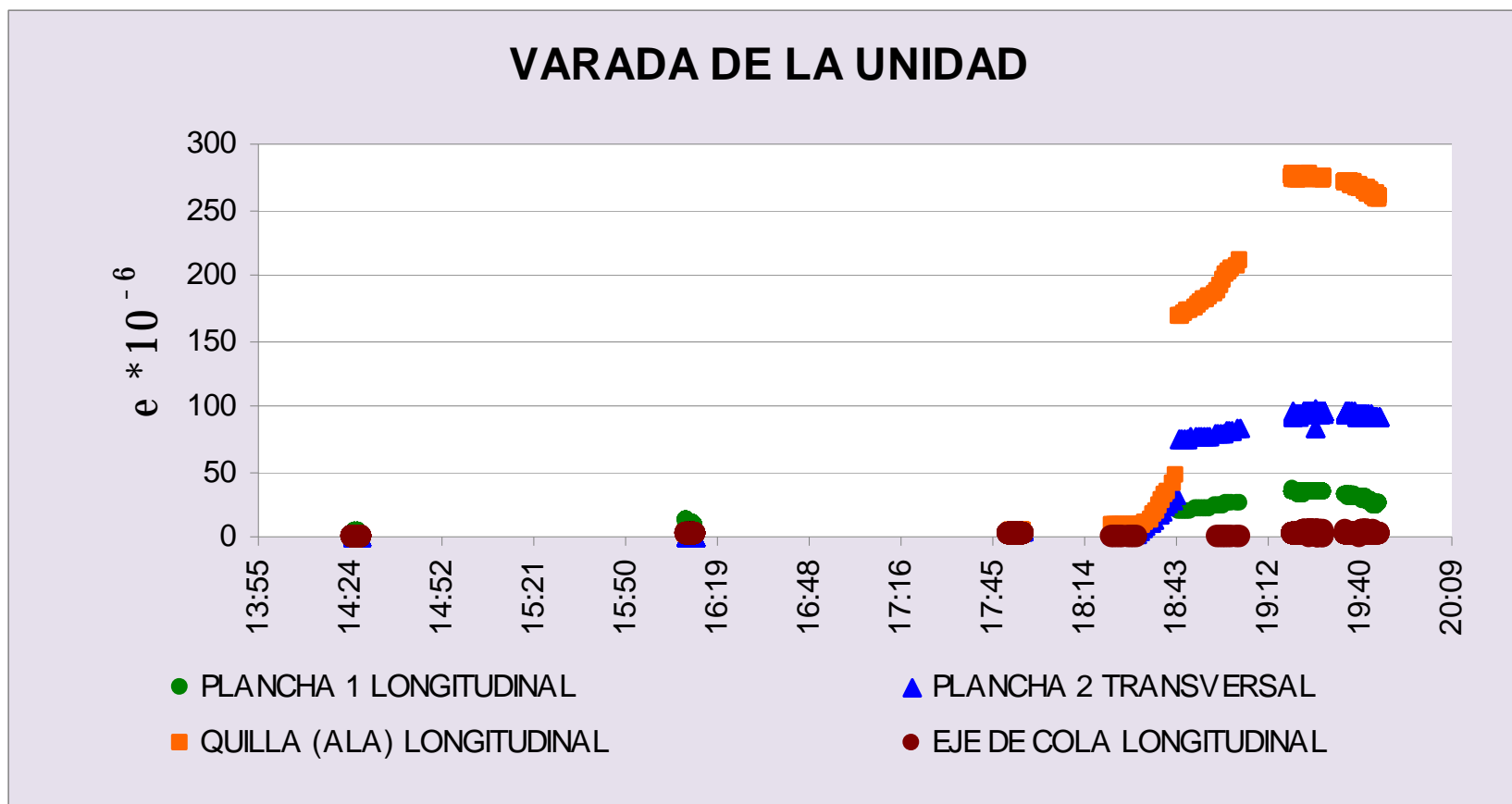


Figura No. 23: Deformaciones Unitarias durante la entrada al Dique

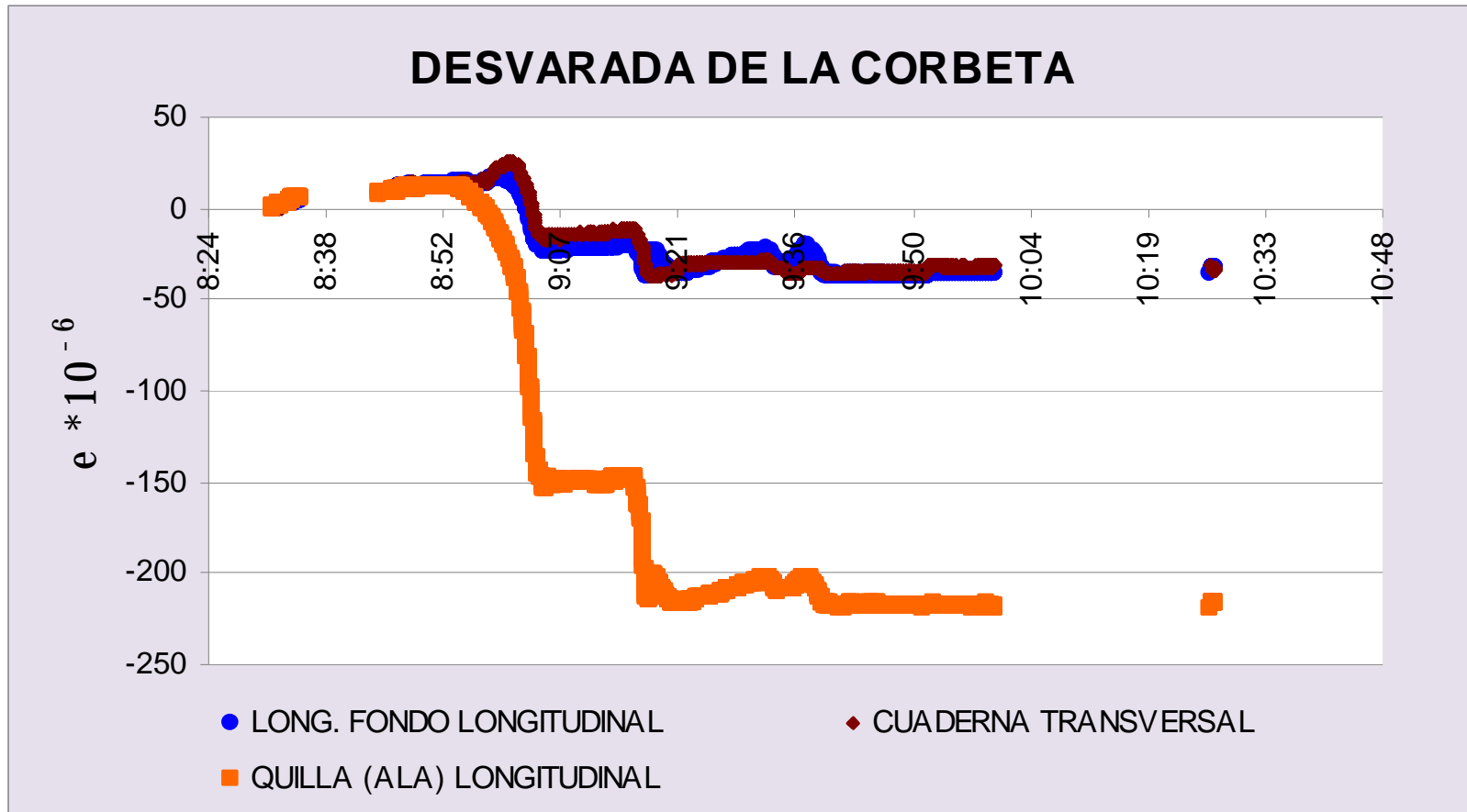


Figura No. 24: Deformaciones Unitarias durante la salida del Dique

En relación a los gráficos presentados anteriormente se puede acotar lo siguiente:

1. El elemento estructural que presenta mayor nivel de deformación en ambas condiciones es el ala de la quilla; ya que durante la varada se registro una máxima deformación unitaria (ϵ) en dirección longitudinal de alrededor de 275×10^{-6} y durante la desvarada, se registró una deformación unitaria (ϵ) en dirección longitudinal de alrededor de -219×10^{-6} .
2. La diferencia que existe en la deformación unitaria entre la varada y la desvarada ($\Delta\epsilon = 56 \times 10^{-6}$), se debe probablemente al retiro de pesos mencionado anteriormente, que se realizó en esa área durante la estadía en el dique. Además, durante la varada los extensómetros registran valores positivos que indican tensión en los elementos, mientras que en la desvarada se registran valores negativos que denotan compresión de las estructuras.
3. De las mediciones realizadas en las diferentes condiciones, la deformación que sufren los otros elementos donde se colocaron los sensores, son pequeños y por esta razón la deformación unitaria en estudio será la que sufren los elementos que forman la quilla.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS Y DEFLEXIONES DURANTE EL PROCESO DE VARAMIENTO

Luego de modelar la estructura de la Corbeta Los Ríos con Elementos Finitos, se procederá a calcular numéricamente los esfuerzos y deflexiones del casco en dos condiciones diferentes: flotando en aguas tranquilas (antes de asentarse en los bloques de varada) y luego de asentarse en la cama de Varamiento del Dique Orellana. La diferencia entre estos resultados corresponde a los esfuerzos durante el varamiento y que posteriormente serán comparadas con los resultados de las mediciones en sitio.

3.1. CÁLCULO NUMÉRICO DE LOS ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA EMBARCACIÓN FLOTANDO EN AGUAS TRANQUILAS.

Para analizar el modelo de la embarcación en la condición de Aguas Tranquilas, es decir antes del asentamiento en la cama de varamiento del Dique, se simula la condición de equilibrio estático del barco al calado y asiento correspondientes. El equilibrio se logra al igualar tanto, la fuerza de boyantez aplicada como presión hidrostática con el peso total del buque, como, las posiciones de LCG y LCB.

Para la aplicación de la presión hidrostática se deben considerar los siguientes puntos:

1. Peso específico del agua dulce $1 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ (1 ton/m³)
2. Calado promedio y asiento de la embarcación: 2.17 m y +0.30 grados por popa, respectivamente

A continuación se presenta el modelo de la embarcación aplicando la presión hidrostática al calado correspondiente.

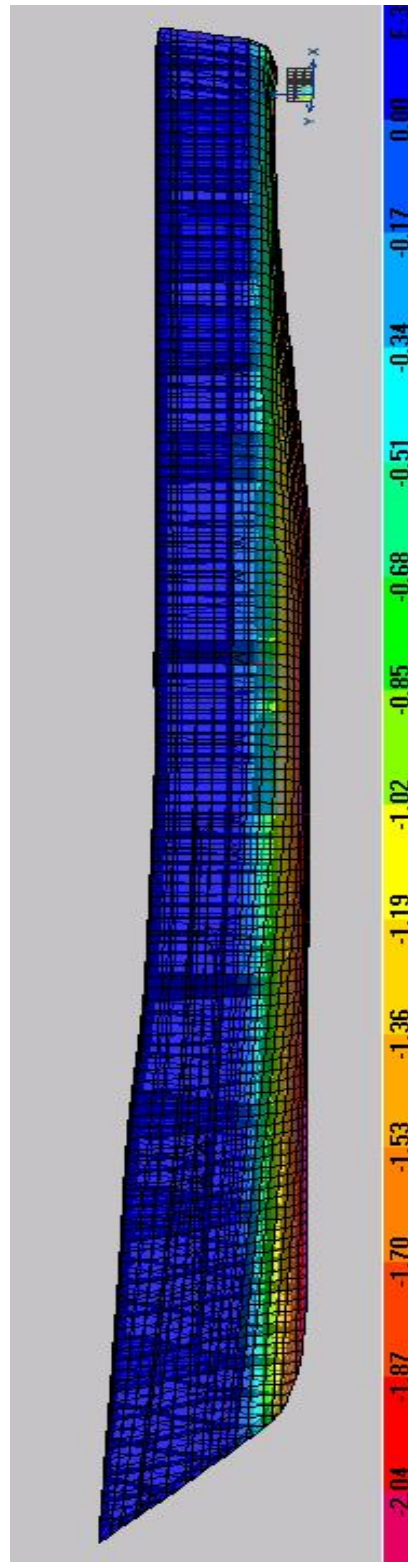


Figura No. 25: Presión Hidrostática aplicada al casco a 2.17 m. de Calado, [kg / mm²]

Finalmente, debido a que el caso a ser analizado no tiene condiciones de frontera geométricas, se colocaron resortes en distintos sectores del fondo y el costado para quitarle la singularidad al problema. En el fondo se utilizaron dos resortes restringiendo el movimiento en dirección vertical (z); de los cuales, el primero se encontraba en el espejo (nodo 31245) y el segundo en el mamparo de colisión de proa (nodo 31362), ver figura No.26. Adicionalmente en el costado se colocaron cuatro resortes restringiendo el movimiento en dirección longitudinal y transversal (x y y , respectivamente); de estos resortes, dos se encontraban en el costado superior del espejo (nodos 32362 / 46423) y los otros dos en el costado del mamparo de colisión de proa (nodos 33189 / 47250), ver figura No.27. A continuación se presenta la distribución de los resortes en la embarcación.



Figura No. 26: Ubicación de resortes en el fondo (restricción vertical)

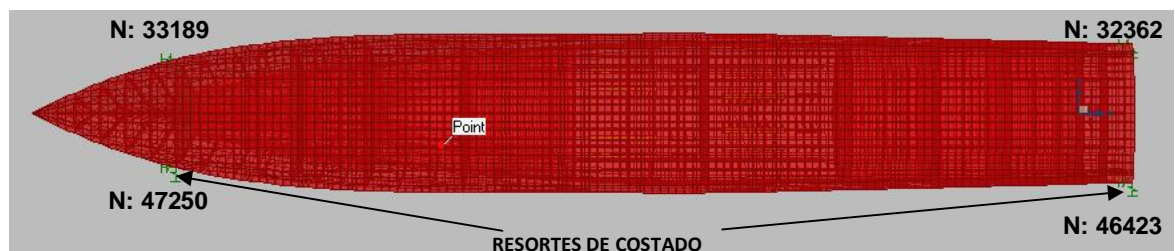


Figura No. 27: Ubicación de resortes (longitudinales y horizontales) en costado

En la tabla No.14, se indican los nodos antes descritos, con los valores correspondientes de las reacciones en dichos puntos, debido a las cargas aplicadas.

TABLE: RESORTES					
Joint	UBICACIÓN	RESTRICCIÓN	Rx (Kgf)	Ry (Kgf)	Rz (Kgf)
31245	POPA	VERTICAL	-	-	546.29
32362	EB-POPA	LONG-HORIZ	-906.55	10.33	-
46423	BB-POPA	LONG-HORIZ	-960.90	4.18	-
31362	PROA	VERTICAL	-	-	27,112.26
33189	EB-PROA	LONG-HORIZ	895.64	-49.56	-
47250	BB-PROA	LONG-HORIZ	854.46	35.56	-
		S (Kg)	-117.35	0.51	27,658.55

Tabla No. 14: Reacciones de los Resortes en Aguas Tranquilas

En lo que se refiere al equilibrio estático, la sumatoria de las reacciones verticales (R_z) son inferiores al 5% del desplazamiento total, por lo que se puede concluir que se ha logrado una buena aproximación entre el peso de la embarcación con la fuerza de boyantez, es decir $(\Delta_{ligero} + w_{(aces)}) - \nabla g \cong 0$. Así mismo, la sumatoria de los momentos que actúan transversalmente son pequeños, de manera que el LCG es aproximadamente igual a LCB.

Luego de ejecutar el programa SAP2000, se determinó que en la embarcación, los máximos esfuerzos longitudinales se encontraban en la cubierta Intermedia (480 kg/mm^2), ver tabla No.15 y figura No.28, y se dan en la unión entre el costado de la embarcación con la plancha de la cubierta intermedia, y, en la unión de ésta con los mamparos. Este esfuerzo excesivo se debe a que en el modelo no se incluyeron ciertos refuerzos secundarios; sin embargo debe notarse que esta zona no influye en los esfuerzos que se desarrollan en las estructuras del fondo de la embarcación, que son las que van a ser comparadas con las mediciones de deformación unitaria descritas en el capítulo 2.

ESFUERZOS MAXIMOS							
ITEM	UBICACIÓN	Shell	Joint	$S_x \text{ sup}$	$S_x \text{ inf}$	$S_y \text{ sup}$	$S_y \text{ inf}$
				kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²
1	CBTA INTERMEDIA	65762	57545	4.88E+02	-5.05E+02	1.90E+02	-1.55E+02
2	CBTA INTERMEDIA	63137	51603	-2.76E+02	-1.90E+02	-5.13E+01	-2.41E+01

Tabla No. 15: Esfuerzos Máximos en la embarcación S_x, S_y -Aguas Tranquilas

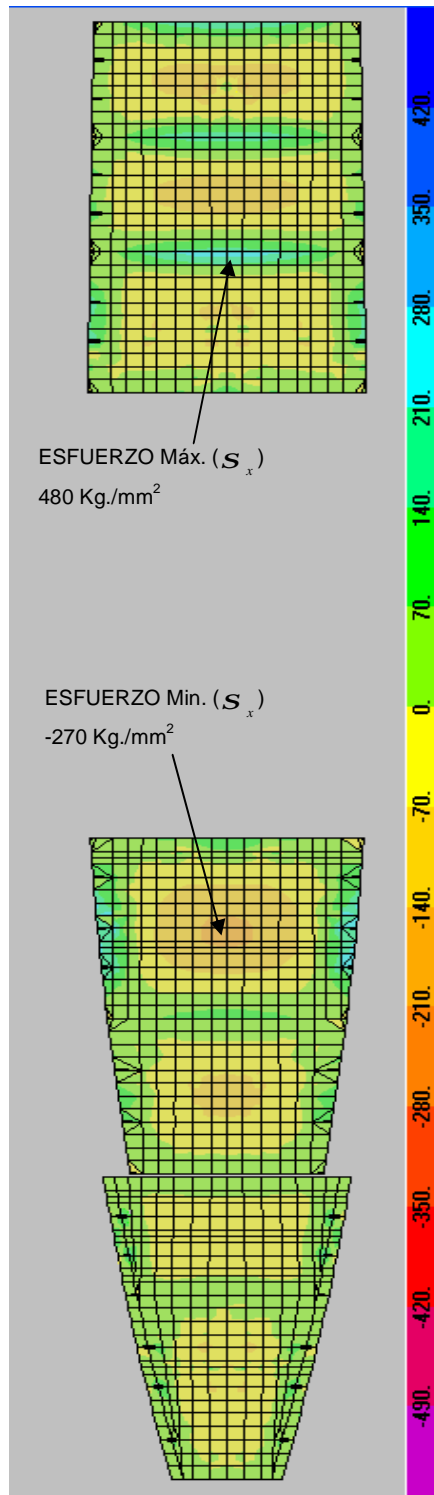


Figura No. 28: Esfuerzos Máximos y Mínimos (S_x) en la cubierta Intermedia- Aguas Tranquilas

3.2. CÁLCULO NUMÉRICO DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA EMBARCACIÓN LUEGO DE ASENTARSE EN LA CAMA DE VARAMIENTO

Para analizar la embarcación en la condición de Varamiento, primero se modelaron los puntos de apoyo de acuerdo a las figuras No.15 y No.16 del Capítulo I. La cama de varamiento se compone de 12 apoyos llamados “bloques”, distribuidos a lo largo de la embarcación en el sector de la Quilla, ver figura No.29, y, desde la Cuaderna 46 a la 86 consta de 6 apoyos adicionales a cada banda llamados “cuñas”, los cuales se encuentran en el costado de la embarcación, ver figura No.30 y 31; estos apoyos fueron modelados como soportes simples, es decir tienen restricción de movimiento traslacional en las tres direcciones. Adicionalmente se instalaron 5 puntales de madera a cada banda en el área del trancanil, ver figura No.32; estos apoyos fueron modelados como resortes, restringiendo el movimiento en dirección transversal (y). A continuación se presenta el modelo con los puntos de apoyo antes descritos.

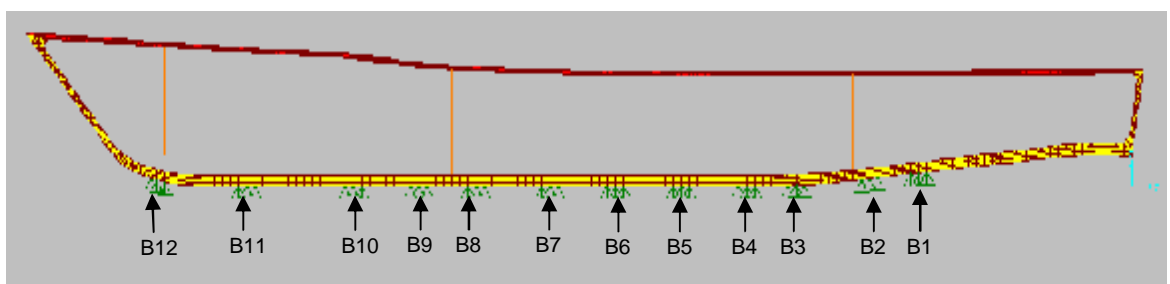


Figura No. 29: *Puntos de Apoyo en Línea de Crujía*

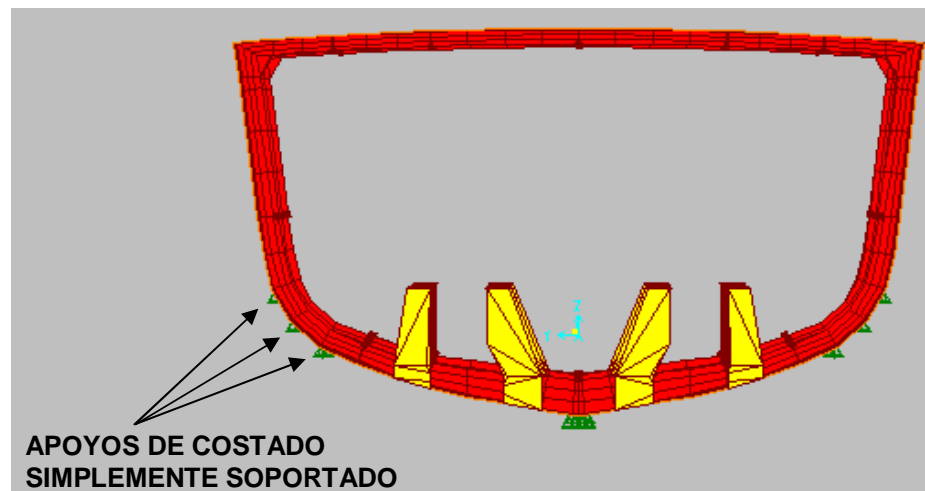


Figura No. 30: *Puntos de Apoyo de Fondo y Costados*

Cabe recalcar que en los puntos de apoyo de la quilla se ha modelado los bloques de asentamiento con 9 nodos representando un área de asentamiento de 0.20 m^2 de los 1.44 m^2 que tienen cada bloque, así también en las cuñas de costado se emplearon 6 nodos para modelar estos apoyos representando un área de asentamiento de 0.62 m^2 de los 0.78 m^2 que tienen cada cuña.

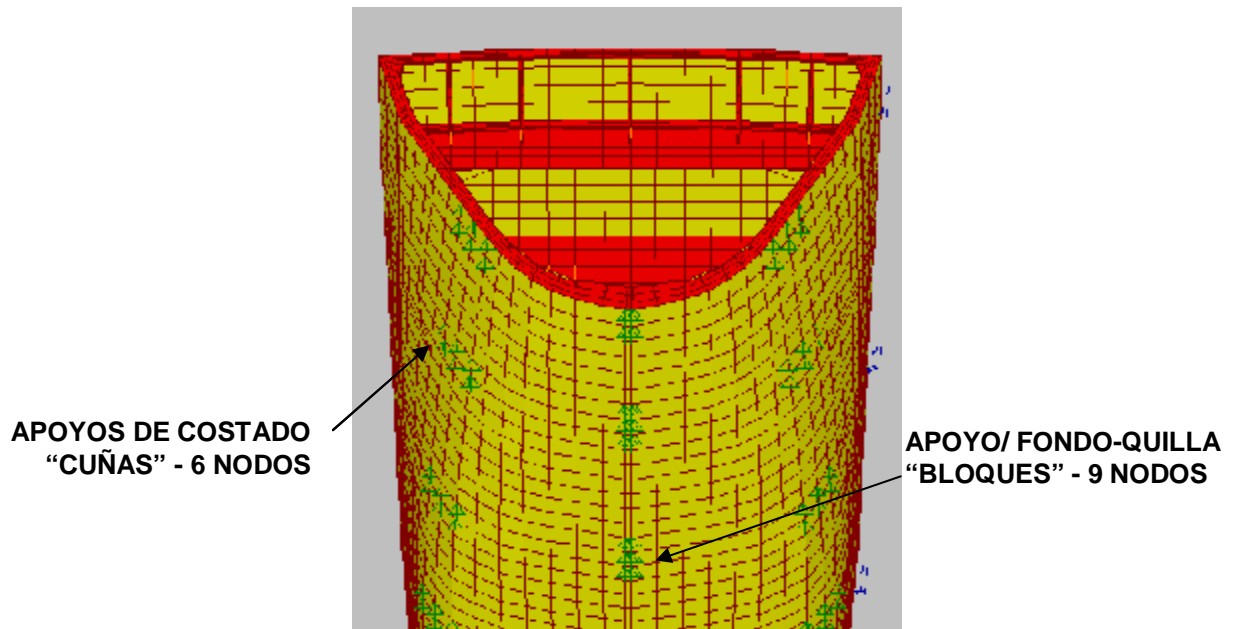


Figura No. 31: *Puntos de Apoyo de Fondo y Costados*

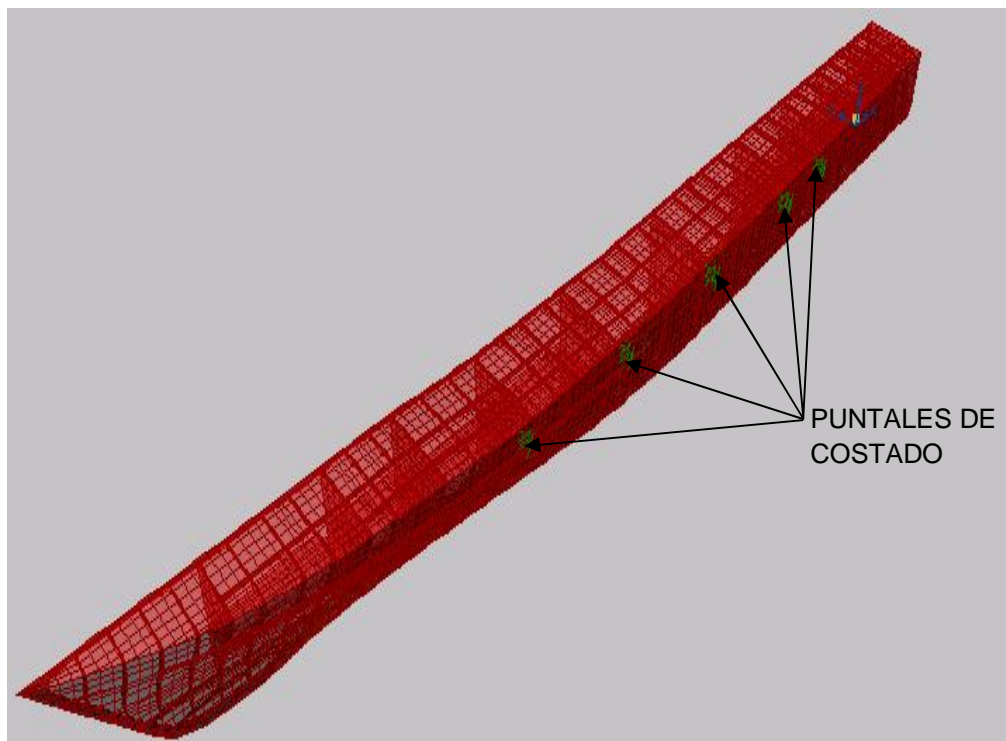


Figura No. 32: *Puntales de la Embarcación- Costado de Babor*

En esta condición, el equilibrio estático se alcanza al igualar el peso de la embarcación con la sumatoria de las reacciones en dirección vertical (R_z), de los puntos de apoyo. Adicionalmente como se colocaron puntales a cada banda, las reacciones que actúan en dirección transversal deberán anularse entre si para confirmar que se alcanza el equilibrio, dado que no existen otras fuerzas externas que actúen en esa dirección.

En el Anexo 6, se puede observar que la sumatoria de reacciones (x , y) en los puntos de apoyo es equivalente a 0.01 Kg. y en los puntales, 1.10 kg, por lo que se puede concluir que la embarcación está equilibrada longitudinal y transversalmente. Asimismo, la sumatoria de reacciones en z de los bloques y cuñas que forman la cama de varamiento es igual al desplazamiento total de la nave, por lo que se ha cumplido con el equilibrio estático al igualar el peso de la embarcación con la sumatoria de las reacciones en cada bloque de asentamiento, ver figura No.33.

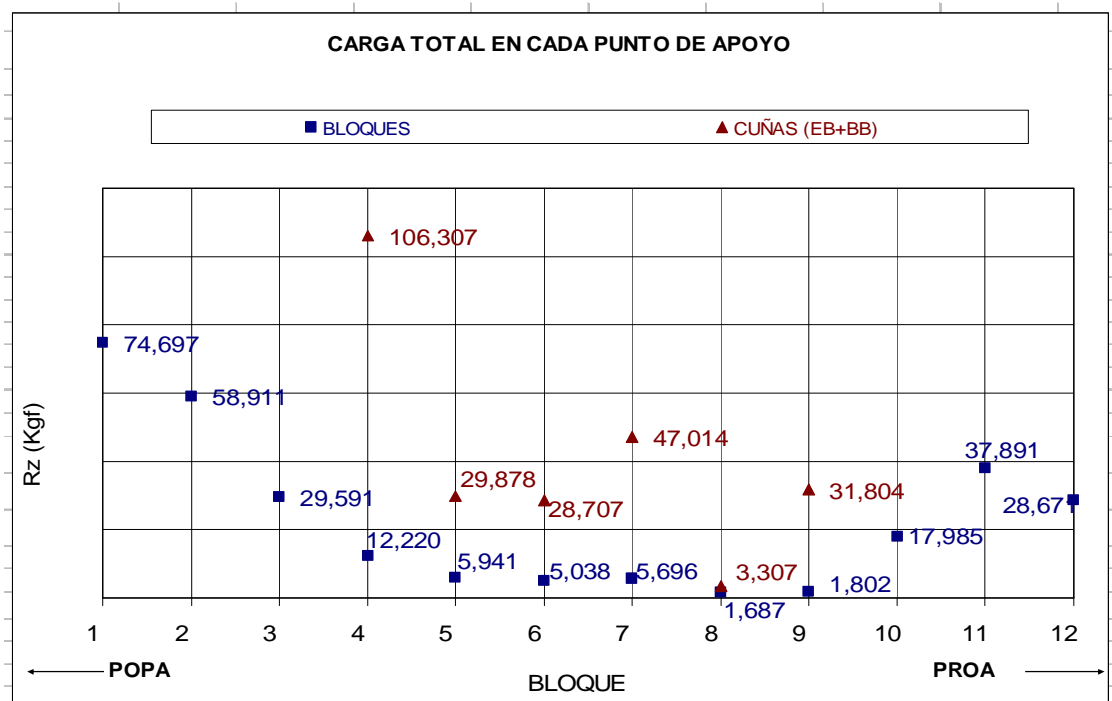


Figura No. 33: Reacciones en Puntos de Apoyo de la Cama de Varamiento

Del análisis estructural en esta condición, se encuentra que los valores mínimos de esfuerzos, se encuentran localizados en la cubierta intermedia en dirección longitudinal (-190 kg/mm^2) en el sector de la proa, ver tabla No.16 y figura No.34. Así también las deflexiones máximas se encuentran en esta área, ver tabla No.17. Como se mencionó anteriormente esto se debe a que en el modelo no se incluyeron algunas estructuras secundarias, sin embargo estos esfuerzos no influyen en los resultados del área que se desea analizar en el presente trabajo.

ESFUERZOS MAXIMOS							
ITEM	UBICACIÓN	Shell	Joint	S_x sup	S_x inf	S_y sup	S_y inf
				kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²
1	CBTA INTERMEDIA	32359	27339	-1.90E+02	1.41E+02	-1.49E+02	1.15E+02
2	CBTA INTERMEDIA	32383	29447	-1.71E+02	1.55E+02	-1.48E+02	1.20E+02

Tabla No. 16: Esfuerzos Máximos en la embarcación- Buque Varado

DESPLAZAMIENTOS O DEFLEXIONES MAXIMAS						
ITEM	UBICACIÓN	Joint	U1	U2	U3	
			mm.	mm.	mm.	
1	CBTA 2 SECC MED	27339	-3.15E+02	-1.88E-04	-1.03E+04	
2	CBTA 2 SECC MED	29447	-3.07E+02	5.57E-02	-1.01E+04	

Tabla No. 17: Máximo Desplazamiento - Buque Varado



Figura No. 34: Esfuerzos Máximos y Mínimos (S_x) de la cubierta Intermedia- Buque Varado

En la siguiente figura se grafica la deflexión del casco después del asentamiento de la embarcación en el Dique, se incluye el desplazamiento de la quilla y del costado de la cubierta. El desplazamiento máximo se presenta en el espejo, con un valor de 12.7 mm, respecto de los bloques del dique.

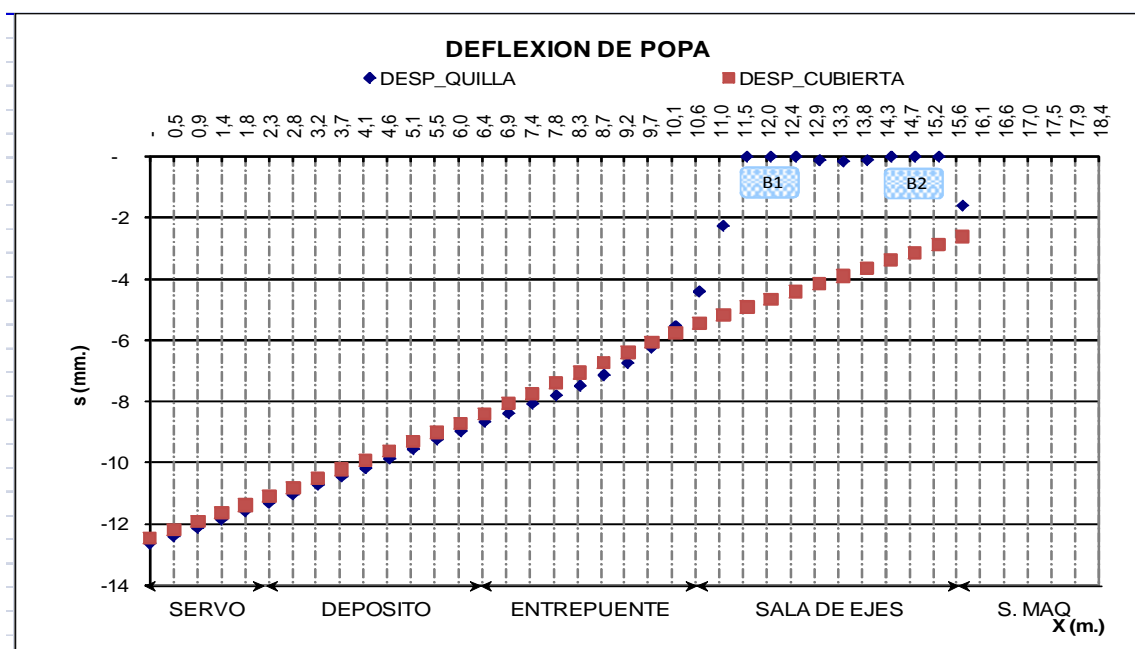


Figura No. 35: Deflexión del Casco- Buque Varado

La deflexión que presenta la quilla es extraña, comparándola con la deflexión del costado de la cubierta, mostrando probablemente alta influencia de esfuerzo cortante en esta área.

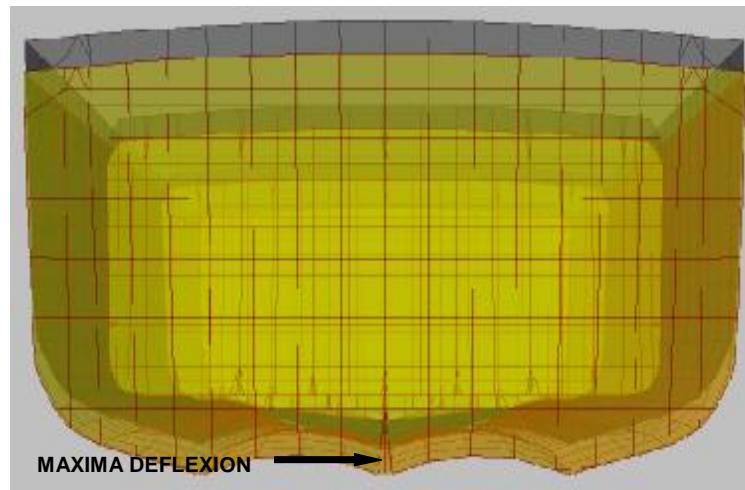


Figura No. 36: *Máxima deflexión de la Estructura – Espejo, [mm]*

Analizando el esfuerzo cortante que se genera en esta zona de popa, claramente se puede apreciar en la figura No.37, un alto nivel de esfuerzo cortante en el centro de la plancha vertical de la quilla, a la altura de la cuaderna 33 (16.75 kg/mm^2), superando al esfuerzo permisible en corte, según la sociedad clasificadora DNV [16]. $\left(1.39 * 110 \frac{N}{\text{mm}^2} = 150.7 \frac{N}{\text{mm}^2} = 15.58 \frac{\text{kg.}}{\text{mm}^2}\right)$ Esto quiere decir, que hay la posibilidad de que en el centro de ésta estructura, el material haya sufrido una deformación permanente. La variación de esfuerzo es muy alta en esta zona de la quilla, desde 5 kg/mm^2 en los extremos a 16 kg/mm^2 en el centro, es decir solo en el centro de la plancha habría alcanzado la cedencia del material

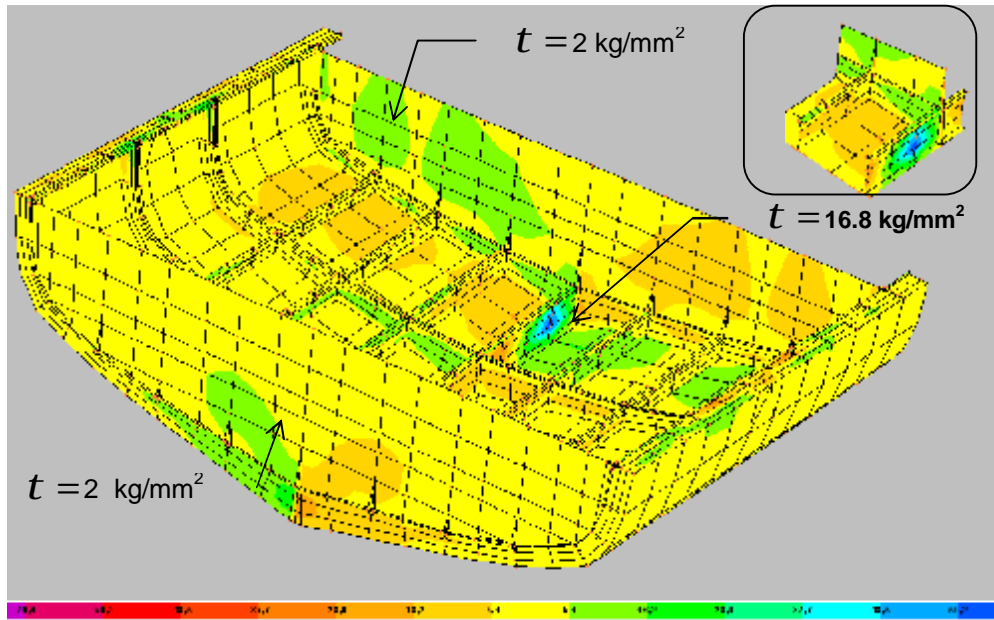


Figura No. 37: Esfuerzos cortantes de la Estructura de popa – Buque varado

3.3. ANÁLISIS DE LOS ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN EL CASCO DURANTE EL VARAMIENTO

Para el análisis de los esfuerzos y deformaciones de la embarcación, se escogió la sección de Popa entre las cuadernas 23 y 32, ver figura No.38 y 39. En la condición de aguas tranquilas, los esfuerzos de mayor magnitud en el bloque analizado, se encuentran localizados en el fondo de la embarcación, ver tabla No.18; el esfuerzo promedio que actúa en esta área es de 1.28 kg/mm² en dirección longitudinal, es decir menos del 4% del esfuerzo del acero de alta tensión. Así también las deflexiones máximas se encuentran en el planchaje de fondo y costado, teniendo valores hasta de 6 mm en dirección vertical, ver tabla No.19.

ESFUERZOS MAXIMOS							
ITEM	UBICACIÓN	Shell	Joint	S _x sup kg/mm ²	S _x inf kg/mm ²	S _y sup kg/mm ²	S _y inf kg/mm ²
1	FONDO EB	52096	45267	1.60E+00	1.79E+00	7.77E-01	9.48E-01
2	COSTADO EB	37638	32498	1.10E+00	8.26E-01	-3.01E-01	-4.16E-01
3	CUBIERT PRINC LC	54808	34189	1.22E+00	1.23E+00	3.14E-01	3.19E-01
5	MAMPARO 23	40772	35765	5.87E-01	-4.57E-01	-9.06E-01	-1.15E+00
6	QUILLA EN C34	40962	36017	3.89E-01	5.31E-02	8.87E-01	3.69E-01

Tabla No. 18: Esfuerzos Máximos- Aguas tranquilas (x: proa-popa, y: babor-estribor)

DESPLAZAMIENTOS O DEFLEXIONES MAXIMAS					
ITEM	UBICACIÓN	Joint	U1 mm.	U2 mm.	U3 mm.
1	FONDO EB	45267	2.33E+00	-1.35E+00	-5.36E+00
2	COSTADO EB	32498	1.29E+00	-9.86E-01	-6.28E+00
3	CUBIERT PRINC LC	34189	8.02E-01	-2.82E-02	-4.46E+00
5	MAMPARO 23	35765	2.61E+00	-8.26E-01	-4.40E+00
6	QUILLA EN C34	36017	2.25E+00	-1.22E+00	-5.42E+00

Tabla No. 19: Desplazamiento máximo (3 direcciones) Aguas tranquilas

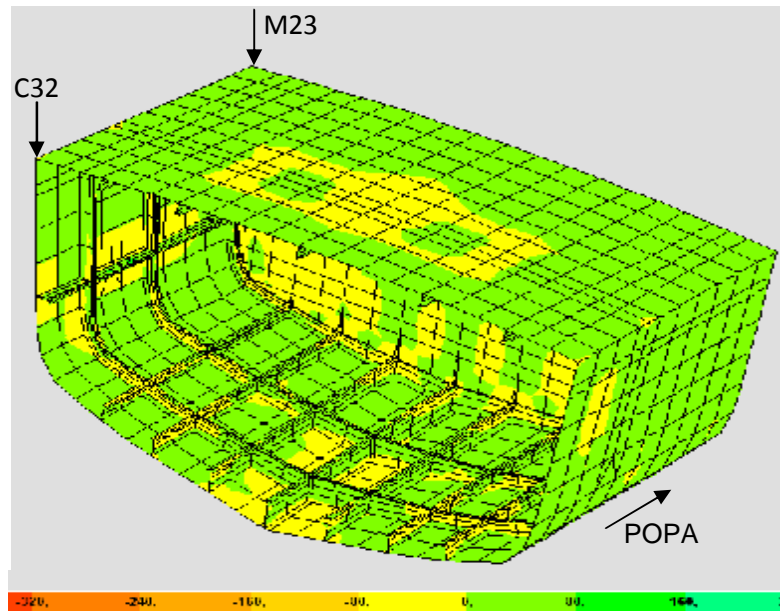


Figura No. 38: Esfuerzos Longitudinales (S_x) - Aguas tranquilas [kg/mm^2]

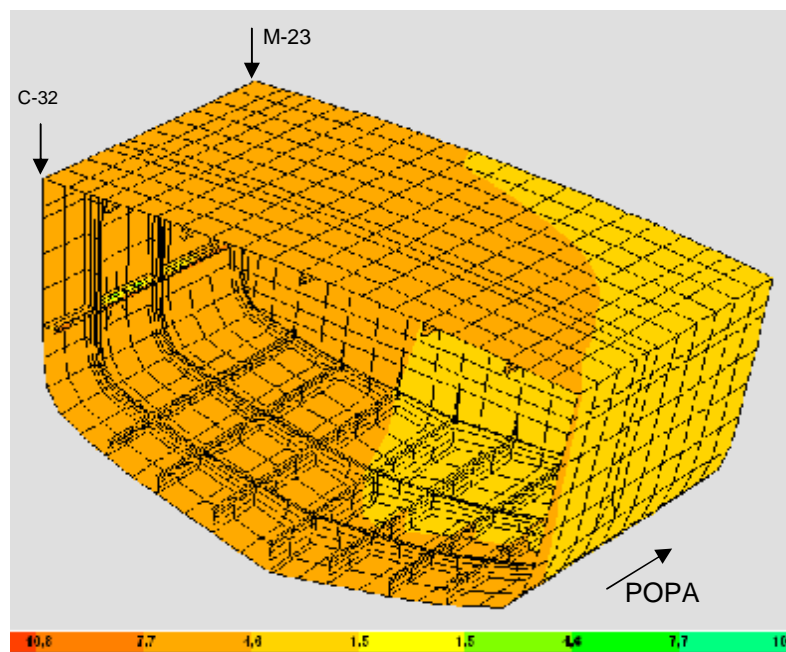


Figura No. 39: Deflexión del Casco- Aguas tranquilas [mm]

Luego del varamiento de la embarcación, la sección de la popa presenta un esfuerzo aproximado de 16 kg/mm^2 , ver tabla No.20 y figura No.40, que es 2.2 veces menor que el esfuerzo del material de la estructura de la nave. Así también los desplazamientos en esta área se encuentran por debajo de los 5 mm, ver tabla No. 21 y figura No.41.

ESFUERZOS MAXIMOS							
ITEM	UBICACIÓN	Shell	Joint	$S_x \text{ sup}$	$S_x \text{ inf}$	$S_y \text{ sup}$	$S_y \text{ inf}$
				kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²
1	FONDO EB	15509	14289	-1.58E+01	-1.30E+01	-1.31E+01	-1.22E+01
2	COSTADO EB	2664	2549	1.12E+00	2.45E-01	2.97E-01	1.85E-02
3	CUBIERT PRINC LC	4387	4917	2.20E+00	2.17E+00	8.42E-01	8.27E-01
4	MAMPARO 23	4856	1057	2.00E+00	1.33E+00	-4.80E+00	-4.91E+00
5	QUILLA EN C34	20520	5400	-1.53E+00	3.52E+00	1.34E+01	1.43E+01

Tabla No. 20: Esfuerzos Máximos de la Sección de Popa- Buque Varado (x: proa-popa, y: babor-estribor)

DESPLAZAMIENTOS O DEFLEXIONES MAXIMAS					
ITEM	UBICACIÓN	Joint	U1	U2	U3
			mm.	mm.	mm.
1	FONDO EB	14289	-2.41E-01	-1.26E-02	-2.30E+00
2	COSTADO EB	2549	4.71E-01	2.00E-02	-3.13E+00
3	CUBIERT PRINC LC	4917	1.61E+00	2.11E-02	-3.53E+00
4	MAMPARO 23	1057	1.71E+00	6.07E-05	-4.77E+00
5	QUILLA EN C34	5400	-4.90E-01	-2.58E-05	-2.91E-01

Tabla No. 21: Desplazamiento Máximo de la Sección de Popa- Buque Varado

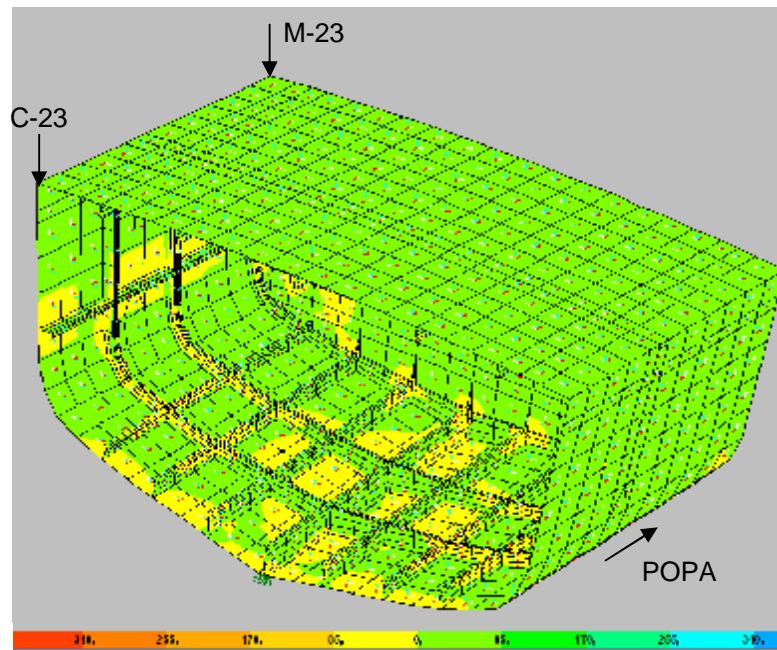


Figura No. 40: Esfuerzos Máximo S_x - Buque Varado

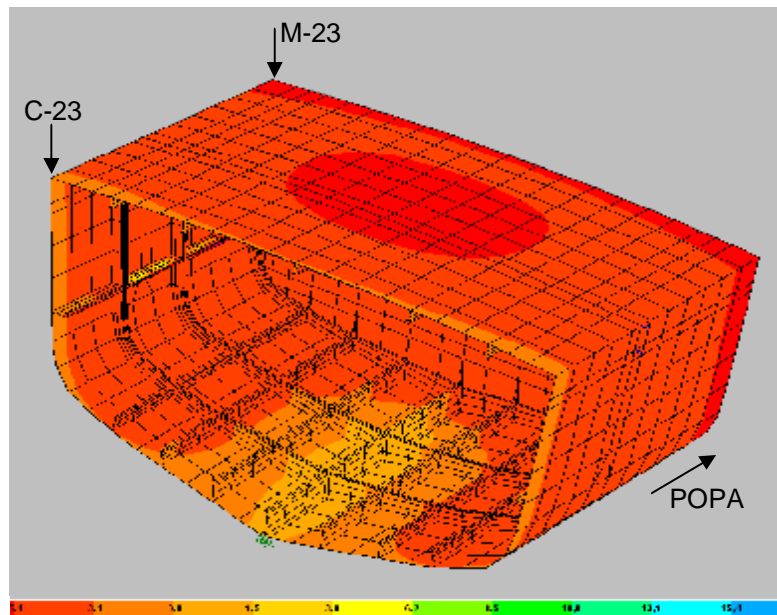


Figura No. 41: Deflexión del Casco- Buque Varado

CAPÍTULO IV

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS NUMÉRICOS CON LAS MEDICIONES EN ESCALA REAL

En este capítulo se pretende comparar las deformaciones unitarias encontradas, a partir de las mediciones realizadas a la Corbeta los Ríos durante su entrada a Dique en el año 2009, con las calculadas mediante el programa SAP2000.

4.1. ANÁLISIS DE REACCIONES EN LOS PUNTOS DE APOYO.

En el Anexo 6 se resumen las reacciones que se desarrollan en los bloques y cuñas de la cama de varamiento y que se presentan en las figuras No.42 y 43. De estos datos se puede determinar que la mayor carga vertical (R_z) la recibe el primer bloque central de varamiento (75 ton), el mismo que está localizado en la popa de la embarcación, a 12 metros desde la perpendicular de popa. A medida que avanza hacia la Proa, la carga que reciben los puntos de apoyo va disminuyendo, sin embargo dicha fuerza es superior en el Bloque # 11, comparada con la que cargan los bloques contiguos.

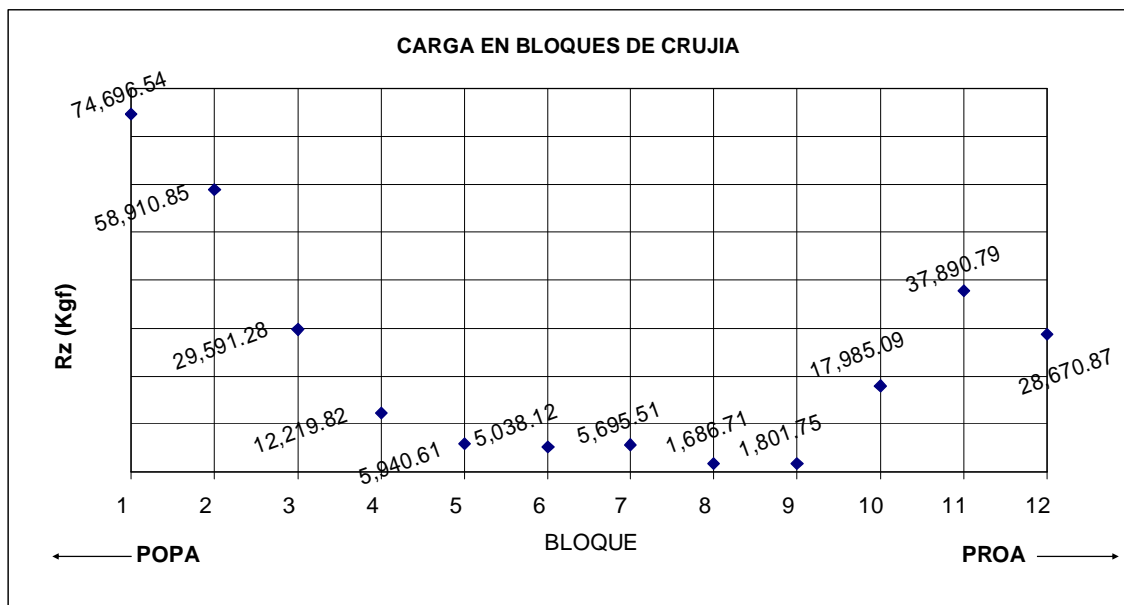


Figura No. 42: Carga vertical (R_z) en los bloques de crujía de la Cama de Varamiento

Como era de esperarse, debido al gran cantilibrío de la popa durante el varamiento del buque analizado, las reacciones de los bloques de ésta área, son notablemente más elevadas que en las otras zonas del buque. Ver figura No.43.

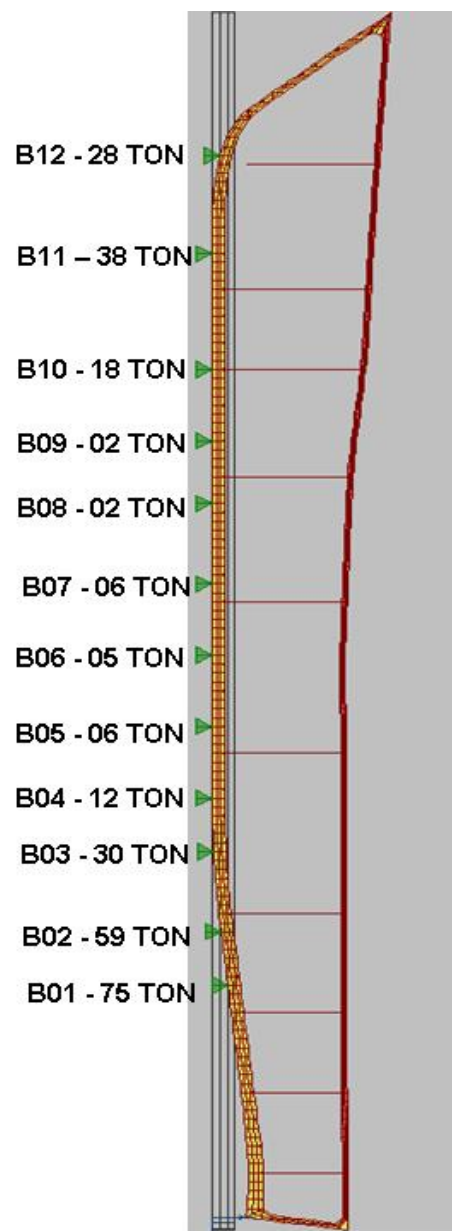


Figura No. 43: *Puntos de Apoyo en crujía y Reacciones verticales*

Como se mencionó en el capítulo 3, para modelar las cuñas de costado se colocaron seis puntos (nodos) de apoyo simple; luego de revisar las reacciones en dicho lugares, se evidenció que la cuña C4 ubicada a 21 metros desde la perpendicular de popa es la que recibe mayor carga, 53 ton en cada banda y además, las cuñas C8-C9, que se encuentran a 36,70 y 39,90 metros desde la perpendicular de popa, no reciben carga vertical (Rz), ver figura No.44, razón por lo que se debería retirar estos puntos de apoyo. Sin embargo, debido a que estos soportes se encuentran a gran distancia de la zona de interés de este trabajo, no será necesario realizar una corrección al modelo para considerar estos resultados.

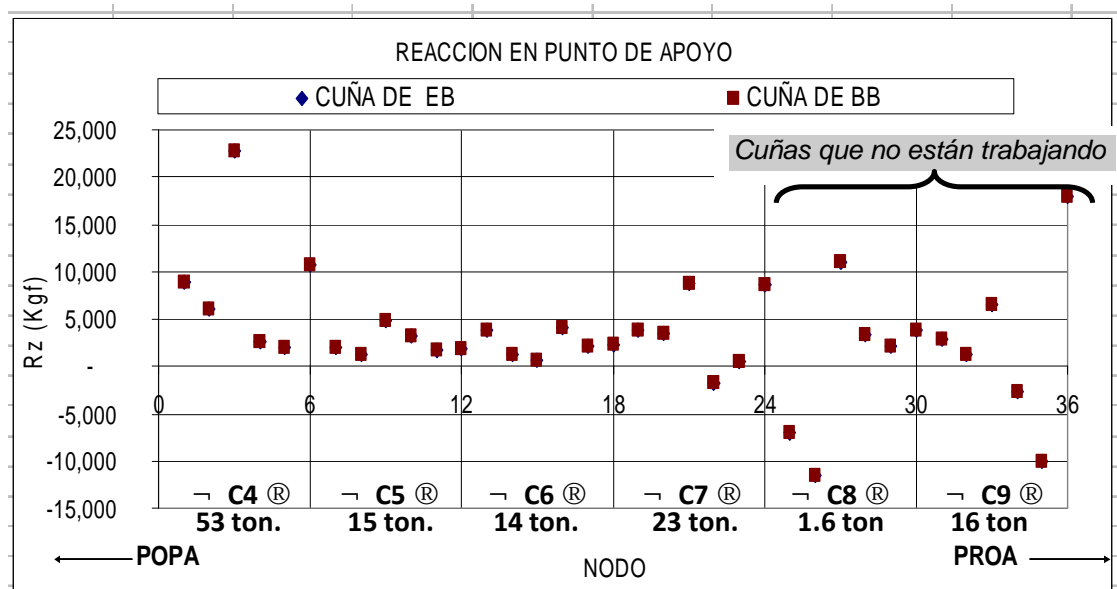


Figura No. 44: Reacciones en las Cuñas de la Cama de Varamiento

4.2. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS TEÓRICOS CON LAS MEDICIONES EN ESCALA REAL

De acuerdo a los datos presentados en el capítulo 2, primero se procedió a identificar en los modelos para cada condición, los nodos correspondientes a los elementos estructurales donde se colocaron los extensómetros. Luego, a partir de los resultados del análisis estructural, se determinaron los niveles de esfuerzo que actúan en cada estructura en las que se instalaron los extensómetros. Dado que cada sensor tenía una dirección determinada, el esfuerzo calculado que se tomará en cuenta es el que siga la dirección de medición del sensor. En la siguiente tabla se presentan, los valores de los esfuerzos en los nodos de las estructuras locales donde se colocaron los sensores, siendo el ala de la quilla y la plancha 1 las estructuras de mayor interés, de acuerdo a las gráficas presentadas en el capítulo 2. En las tablas presentadas, el término “arriba”, señala la cara superior del elemento plancha.

ESFUERZOS EN ESTRUCTURAS- BUQUE AGUAS TRANQUILAS						
EXTENS.	Area	Joint	$\sigma_{x \text{ arrib}}$	$\sigma_{x \text{ abaj}}$	$\sigma_{y \text{ arrib}}$	$\sigma_{y \text{ abaj}}$
PLANCHIA 1 LONGITUDINAL s11	51668	45267	1.2288	1.5969	0.3399	0.6456
	51668	45264	- 0.0934	- 0.0941	0.0990	0.1254
	51668	45265	1.0700	1.0530	0.3805	0.4422
	51668	45266	0.2671	0.2505	0.2674	0.1203
PLANCHIA 2 TRANSVERSAL s22	51421	44923	- 0.4159	- 0.4429	- 0.6072	- 0.6467
	51421	44924	- 0.1604	- 0.1833	- 0.4292	- 0.4820
	51421	44927	- 0.2003	- 0.2264	- 0.5699	- 0.5944
	51421	44926	- 0.4564	- 0.4855	- 0.7328	- 0.7736
QUILLA (ALA) LONGITUDINAL s22	56418	49738	0.0857	0.0186	1.2419	1.5148
	56418	49739	- 0.3200	- 0.0560	1.3220	1.2930
	56418	36009	0.6606	- 1.0800	1.4135	1.0541
	56418	36007	- 0.3940	0.4548	1.1312	1.4781
	40959	36008	0.0857	0.0186	1.2419	1.5148
	40959	36009	0.6606	- 1.0800	1.4135	1.0541
	40959	36007	- 0.3940	0.4548	1.1312	1.4781
	40959	36010	- 0.3200	- 0.0560	1.3220	1.2930
CUADERNA TRANSVERSAL s22	58223	50504	- 1.7436	2.9882	2.9821	4.3160
	58223	51341	- 0.3121	0.1919	3.5503	3.9126
	58223	50507	0.4296	- 0.6579	3.6785	3.2988
	58223	49741	1.6335	- 0.2807	4.4342	3.3496
	58262	51378	- 0.4731	0.2959	2.8194	3.9575
	58262	50507	0.5801	- 0.7304	3.6897	3.3127
	58262	49740	1.8487	- 0.8198	4.7094	2.5423
	58262	50504	- 2.3432	3.3990	2.9370	4.5402
CUADERNA TRANSVERSAL s22	43336	37257	- 0.0203	0.4852	3.1426	3.2659
	43336	38150	- 0.4366	0.0443	3.1474	3.0884
	43336	37254	0.4385	- 0.8248	3.3118	2.9016
	43336	38151	0.3583	0.1005	3.2093	3.2217
	43297	37254	0.3205	- 0.7849	3.2679	2.9202
	43297	38112	- 0.3832	0.0165	3.1518	3.2835
	43297	38113	0.3114	0.1225	3.4488	3.2828
	43297	37257	- 0.0811	0.4172	3.1861	3.2983
LONG. FONDO LONGITUDINAL s11	47911	41128	- 0.3728	- 0.0738	- 0.3777	0.1243
	47911	38115	0.3331	0.6786	0.3623	0.6360
	47911	38114	- 0.0292	- 0.2469	1.1285	0.1814
	47911	42084	0.3199	0.5226	- 0.3707	- 0.1930
	47912	38114	0.5127	0.2625	0.4136	0.2998
	47912	42085	- 0.7345	- 0.0649	- 0.1211	- 0.0378
	47912	38113	0.3407	0.0654	0.2452	0.4801
	47912	41128	- 0.4574	0.0273	- 0.0965	- 0.0740

Tabla No. 22: Esfuerzos (S_x, S_y) de las Estructuras seleccionados para las mediciones de Deformación Unitaria, $[Kg/mm^2]$

ESFUERZOS EN ESTRUCTURAS- BUQUE VARADO						
EXTENS.	Area	Joint	$\sigma_{x\text{ arrib}}$	$\sigma_{x\text{ abaj}}$	$\sigma_{y\text{ arrib}}$	$\sigma_{y\text{ abaj}}$
FLANCHA 1 LONGITUDINAL s11	15766	14645	- 0.4354	- 0.4709	- 0.1116	- 0.1953
	15766	14647	0.1541	0.0299	- 0.2319	- 0.6537
	15766	14648	0.5419	1.0386	- 0.7634	- 0.2482
	15766	14646	0.2265	0.2681	- 0.3072	- 0.1246
FLANCHA 2 TRANSVERSAL s22	15519	14304	- 1.0531	- 0.6833	- 2.5674	- 2.3353
	15519	14307	- 0.3325	- 1.0023	- 2.9505	- 3.3505
	15519	14308	- 1.2708	- 1.2803	- 3.1013	- 3.0832
	15519	14305	- 1.4099	- 1.5374	- 2.2964	- 2.4860
QUILLA (ALA) LONGITUDINAL s22	20516	19120	- 1.0296	0.3787	1.4356	1.1065
	20516	5390	2.4876	- 3.2231	1.9395	0.3160
	20516	19119	- 0.2726	- 2.2438	1.1142	0.8776
	20516	5388	- 2.6361	0.0351	0.5173	1.1878
	5057	5389	- 0.2726	- 2.2438	1.1142	0.8776
	5057	5391	- 1.0296	0.3787	1.4356	1.1066
	5057	5390	2.4876	- 3.2231	1.9395	0.3160
	5057	5388	- 2.6361	0.0351	0.5173	1.1878
CUADERNA TRANSVERSAL s22	22853	19885	- 10.2381	13.8528	13.4396	20.1736
	22853	19122	6.1559	- 2.4165	20.2841	13.7516
	22853	20722	- 1.3412	1.0910	14.8229	18.0358
	22853	19888	2.3296	- 2.7045	17.0047	15.4316
	22892	19885	- 11.5629	13.7275	13.0488	20.1366
	22892	19888	2.7641	- 2.7862	17.1329	15.4074
	22892	19121	6.5245	- 3.7765	21.2433	13.9196
	22892	20759	- 1.2419	1.8031	15.6088	18.9091
CUADERNA TRANSVERSAL s22	7434	7531	- 2.3240	- 0.0524	11.9407	12.6193
	7434	7532	2.4784	0.7276	13.6641	12.5427
	7434	6638	0.3838	2.9467	13.0003	13.6286
	7434	6635	1.6574	- 3.9093	13.3814	11.6007
	7395	7494	1.8984	1.6062	13.6092	13.9641
	7395	7493	- 1.8464	- 0.4697	13.1103	12.7458
	7395	6638	0.9613	2.2547	13.1707	13.4244
	7395	6635	1.2228	- 3.8275	13.2532	11.6248
LONG FONDO LONGITUDINAL s11	12009	11465	3.9274	3.0960	0.3978	- 0.8766
	12009	10509	1.7913	2.7798	- 1.5722	0.6528
	12009	7496	3.1754	5.0608	0.5098	4.1446
	12009	7495	4.0339	1.7520	6.0735	- 1.8532
	12010	7494	2.5974	3.0814	1.5896	3.2028
	12010	7495	4.1167	2.5254	5.2906	- 0.2128
	12010	10509	1.9696	2.6427	- 1.0125	0.2410
	12010	11466	1.6409	2.0080	- 0.4981	- 0.5587

Tabla No. 23: Esfuerzos (S_x, S_y) de las Estructuras seleccionados para las mediciones de Deformación Unitaria, [Kg/mm²]

De acuerdo a los resultados numéricos obtenidos para los elementos donde se realizaron las mediciones de deformación unitaria en la Sala de Ejes, se evidencia que los mayores esfuerzos en la condición de aguas tranquilas, se presenta en la cuaderna 30 (4.70 kg/mm^2) en dirección transversal (S_y), ver tabla No.22. Luego de varado los principales esfuerzos se dan en la misma estructura, esto es en la cuaderna 30, en dirección transversal con valores de 21 kg/mm^2 , ver figura No.23. Desafortunadamente, no se obtuvieron registros del extensómetro colocado en este elemento estructural durante la varada de la embarcación.

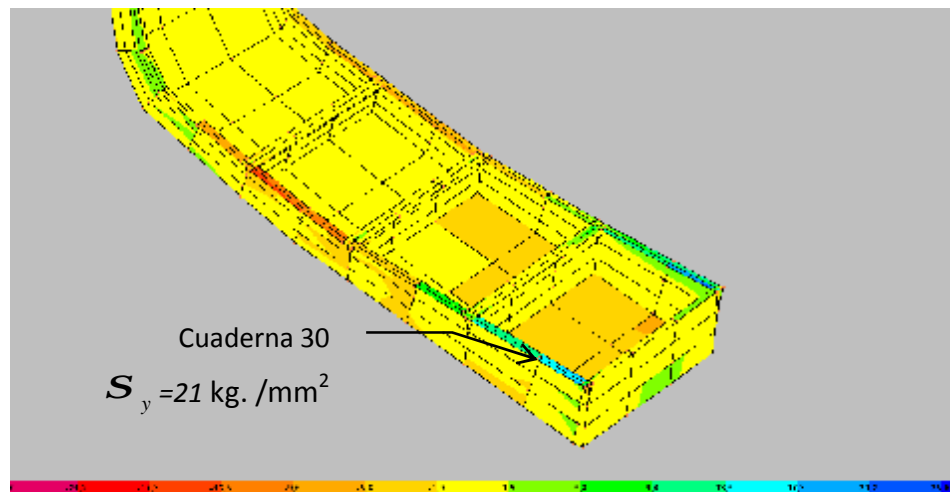


Figura No. 45: Esfuerzos transversales de la cuaderna 30- Buque varado, [Kg/mm²]

Dado que en las mediciones realizadas a la embarcación, el ala de quilla fue el elemento que soportó la máxima deformación unitaria, se ha procedido a revisar los esfuerzos resultantes del análisis numérico de ésta estructura, ver tablas No.22 y 23. Debido a que estos niveles de esfuerzos se encuentran bajo el límite elástico lineal, se puede aplicar la Ley de Hooke ($e = \Delta S / E$) para conocer, a través de la deformación unitaria medida durante el varamiento y desvaramiento de la embarcación, el esfuerzo promedio que soportaba el ala de la quilla entre las cuadernas 28-29.

$$S = e * E$$

$$S_x = 276 * 10^{-6} * 20.394 = 5.63 \text{ kg} / \text{mm}^2 \text{ (var } ada)$$

$$S_x = 219 * 10^{-6} * 20.394 = 4.47 \text{ kg} / \text{mm}^2 \text{ (des var } ada)$$

En los cálculos anteriores, se ha considerado la deformación de la quilla como unidireccional, en dirección longitudinal, porque en la otra dirección, el ala de ésta estructura es pequeña y los esfuerzos que se desarrollan en esa dirección son despreciables.

Al comparar los esfuerzos resultantes del análisis numérico, en los nodos que forman el ala de la quilla entre las cuadernas 28-29, los cuales van desde 0.5 a 1.93 Kg/mm^2 , con el esfuerzo calculado a partir de las deformaciones unitarias del elemento, registradas en ambas condiciones (Varada: 5.63 Kg/mm^2 , Desvarada: 4.47 Kg/mm^2), se observa una gran diferencia. Sin embargo, al graficar los esfuerzos resultantes del análisis de la estructura de la quilla, a lo largo de la Sala de Ejes (entre los mamparos 23 y 34), junto con los esfuerzos resultantes de las mediciones, se observa que estos se encuentran dentro del rango de los resultados obtenidos por el Método de Elementos Finitos. Ver figura No.46.

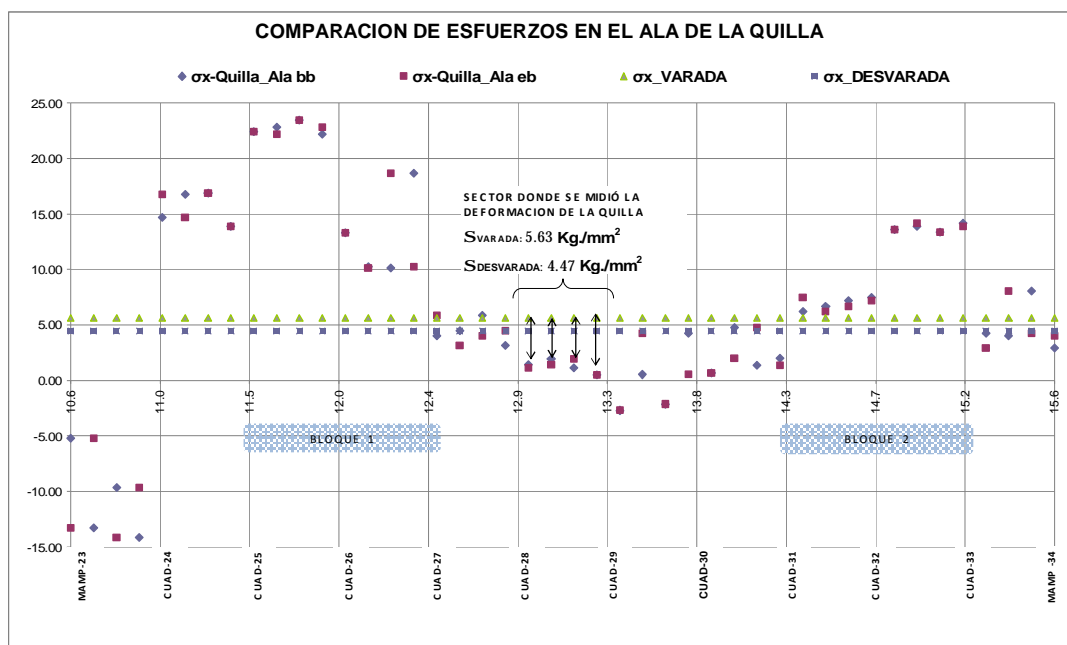


Figura No. 46: Esfuerzos en el ala de la Quilla en la sala de ejes, [Kg/mm^2]

De la misma manera, para el extensómetro llamado plancha1 que se encuentra entre las cuadernas 29 y 30, se compara el esfuerzo producto de la deformación medida durante el varamiento de la embarcación (0.73 kg/mm^2) con los resultados del análisis estructural del buque (de 0.15 a 0.5 kg/mm^2), obteniendo una diferencia promedio del 38%. Ver figura No.47.

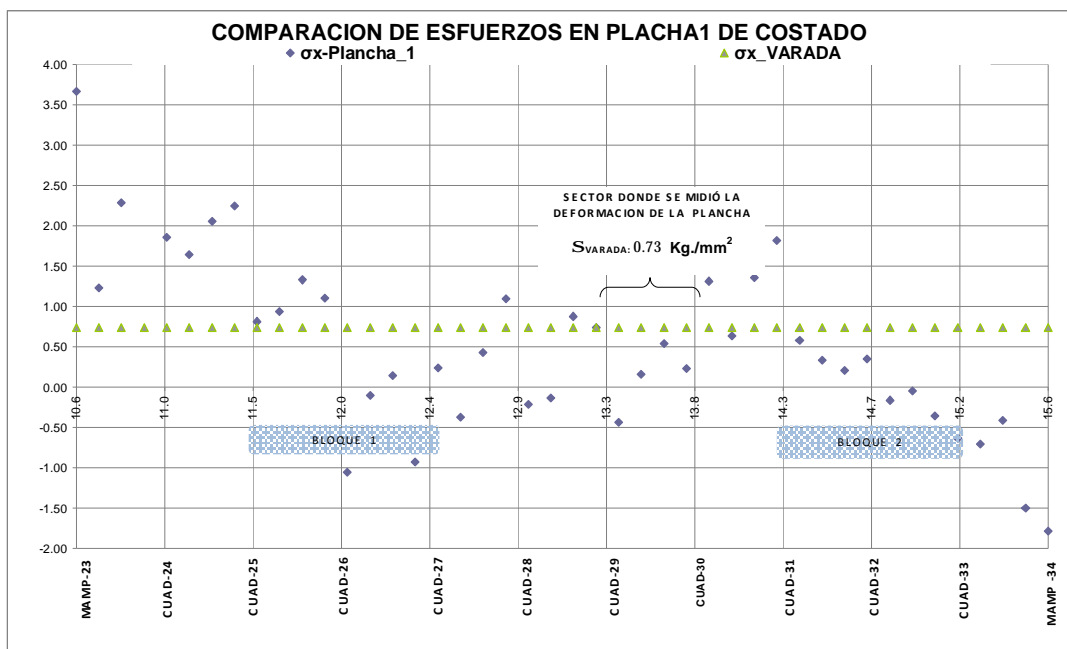


Figura No. 47: Esfuerzos en la Plancha 1 entre mamparos 23-34, [Kg/mm²]

Sin embargo, al graficar los esfuerzos en la plancha 1, a lo largo de la Sala de Ejes (entre los mamparos 23 y 34), se observa que los valores experimentales se encuentran dentro del rango de los resultados obtenidos por el Método de Elementos Finitos.

CONCLUSIONES

Luego de elaborar el modelo de la estructura de la Corbeta los Ríos, para analizar mediante el Método de Elementos Finitos, los esfuerzos y deformaciones que se desarrollan durante el proceso de Varamiento de la embarcación, se puede concluir que:

1. El modelo estructural desarrollado en la presente tesis, tiene un alto nivel de confiabilidad, ya que han sido incluidos todos los elementos principales que forman la estructura de la Corbeta. En el modelo se utilizaron: 4520 nodos, 12500 elementos Frame (viga) y 35900 elementos Shell (planchas), cada uno de estos respetando sus propiedades y características principales. Además las condiciones de carga aplicadas al modelo, fueron simuladas tratando de apegarse a la realidad. El peso de las estructuras como la cubierta de vuelo y superestructura, fueron modelados como cargas externas en el área donde actúa cada una de ellas. Otras cargas como: accesorios de cubierta, accesorios eléctricos y electrónicos, maquinaria principal, accesorios de propulsión y el peso correspondiente al líquido de los tanques de proa, fueron aplicadas directamente en la estructura donde éstas actúan, tal como se describe en el capítulo 1.

2. Los valores más elevados, considerados como resultantes de concentración de esfuerzos, se presentan en la Cubierta Intermedia de la embarcación, debido a que no se incluyeron ciertas estructuras secundarias; sin embargo se considera que esto no influye en los esfuerzos que se desarrollan en el fondo del área de popa.

3. En el área de la popa, debido al cantilibrio al que está expuesta la estructura durante el proceso de varamiento, se evidencia que existen elevados niveles de esfuerzo cortante, a la altura del primer bloque de asentamiento de la embarcación. Estos esfuerzos se presentan en forma concentrada en la plancha vertical de la quilla, y, el valor más alto calculado es de 1675 Kg/cm^2 , que excede el valor del esfuerzo de fluencia en corte (1558 kg/cm^2); hacia los bordes de la plancha mencionada, los esfuerzos se reducen a 200 Kg/cm^2 . Adicionalmente se confirma que las máximas deflexiones verticales, se presentan en esta zona, siendo en el espejo a la altura de la quilla donde se registra un valor máximo de 12.70 mm.

4. De los siete extensómetros colocados en la sala de ejes de la Corbeta Los Ríos, solamente se logró obtener mediciones de deformación unitaria de cuatro elementos estructurales durante el varamiento y desvaramiento de la unidad. De acuerdo a los resultados presentados

de estas mediciones, la mayor deformación registrada fue en el ala de la quilla, $\varepsilon=+276 \times 10^{-6}$ durante la varada y $\varepsilon=-219 \times 10^{-6}$ en la desvarada, mientras que las demás elementos presentaron deformaciones menores. Las deformaciones registradas durante el varamiento de la embarcación presentan un signo positivo denotando que el elemento se encontraba en tensión y durante el desvaramiento presentan un signo negativo indicando que la estructura soportó una acción opuesta. La diferencia en magnitud de la deformación de la quilla, probablemente sea debido al retiro de pesos de popa durante los trabajos realizados en el dique.

5. Al analizar los esfuerzos resultantes del análisis numérico, de las estructuras donde se colocaron los sensores, y comparándolos con los esfuerzos encontrados a partir de las deformaciones registradas experimentalmente, estos valores son muy diferentes. Sin embargo al considerar los esfuerzos que se desarrollan a lo largo de la Sala de ejes de ciertos elementos estructurales como el ala de la quilla, los valores experimentales se encuentran en el mismo orden de los analíticos, permitiendo concluir que, los esfuerzos calculados en esta zona mediante el MEF son razonablemente confiables.

RECOMENDACIONES

1. Dado que la generación del modelo en 3D es un proceso extenso, se debería investigar una forma más sencilla para generar modelos complejos como es el caso de un buque, sea con programas adicionales o herramientas propias de los programas aquí utilizados
2. Se recomienda para futuros proyectos, realizar un estudio de la eficiencia de los tipos de elementos que se utilizan para modelar las estructuras, Frames y Shell, ya que en las uniones entre dichos elementos se presentan concentraciones de esfuerzos.

ANEXO I

CRONOLOGÍA DE LOS TRABAJOS DE REPARACIÓN EN LA

CORBETA ESMERALDAS

La Corbeta Esmeraldas fue incorporada a la Armada Nacional del Ecuador en el año de 1982. Fue construida en Italia por el Astillero Fincantieri en el año de 1980, lugar donde se realizaron las pruebas de navegación a finales de 1981. Luego de 24 años de trabajo y de haber entrado periódicamente a los diques de Astinave, esta embarcación inicio un proceso de reparación llamado W5, periodo en el cual se planteaba recuperar el casco haciendo cambios de planchaje en los lugares críticos y de fácil desmontaje. Además se realizaría la reparación de las máquinas principales ya que dos de las cuatro no funcionaban y además un generador presentaba desperfectos. Sin embargo durante el cambio de planchaje ocurrieron diferentes eventos inesperados como: el planchaje a utilizar sería acero naval estándar, mientras que el material original de la embarcación era de alta tensión, además no se siguió un plan integral de corte ni de soldadura y, se retiraron simultáneamente las cuatro máquinas principales de la embarcación. Dados todos estos eventos, el casco sufrió deformaciones elevadas y seis de los mamparos de la embarcación sufrieron pandeo, por lo cual se implementó el Proyecto de Recuperación Integral, llamado W6, de la Corbeta Esmeraldas.

A continuación se presenta una tabla con las características principales de la Corbeta:

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CORBETAS			
<i>Eslora total</i>	62.30 m	<i>Material del casco original</i>	Ac. A. T AH 36 $S_y=36.20 \text{ kg./mm}^2$
<i>Manga total</i>	9.30 m	<i>Material de la superestructura</i>	Aluminio 5086 $\rho =2.7\text{g/cm}^3$
<i>Puntal</i>	5.05 m	<i>Máquinas principales</i>	04 motores a diesel (18.06 tons c/u)
<i>Calado ligero</i>	2.17 m	<i>Potencia</i>	3785 Kw. – 5150 CV
<i>Desplazamiento ligero</i>	523.40 ton	<i>Reductores</i>	04 (red. 1.975:1) (3.615 tons c/u)
<i>Desplazamiento a plena carga</i>	724.00 ton	<i>Tipo de hélices</i>	Paso fijo
<i>Capacidad total de combustible</i>	166.87 m^3	<i>Número de aspas</i>	04
<i>Capacidad total de agua</i>	18.88 m^3	<i>Diámetro de la hélice</i>	6 pies

Tabla No.1. a: Características Generales de las Corbetas

A continuación se presenta de manera cronológica los trabajos que se realizaron en la Corbeta Esmeraldas.[1]

- | | |
|-------------------|--|
| 1. Febrero 2006 | Varada de la corbeta. |
| 2. Octubre 2006 | Retirada de toda la maquinaria propulsora. |
| 3. Diciembre 2006 | Se reporta deformación en la quilla de la corbeta. |
| 4. Febrero 2008 | Montaje de la máquina propulsora. |
| 5. Abril 2008 | Alineamiento de los arbotantes. |
| 6. Mayo 2008 | Alineamiento del sistema propulsor. |
| 7. Octubre 2008 | Primera prueba de mar. |
| 8. Noviembre 2008 | Segunda prueba de mar |
| 9. Diciembre 2008 | Tercera prueba de mar |

El procedimiento que se llevó a cabo para el retiro de las máquinas propulsoras fue el siguiente. Primero se removieron las 4 tapas de los cubichetes (2.00x1.50m) que se encuentra en cubierta principal, en la sección media de la embarcación y luego se procedió a retirar los motores.

Una vez con los motores afuera comenzó el retiro de grandes cantidades de planchaje en diferentes zonas del buque, todo esto desencadenó las deformaciones previamente mencionadas, el orden de retiro de las máquinas se ilustra a continuación:

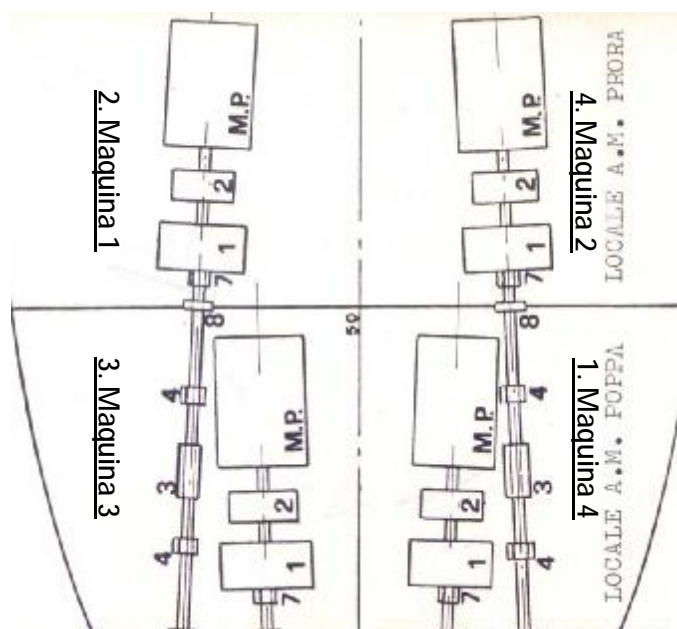


Figura No. 1. a: *Distribución del Sistema de Propulsión*

La máquina # 4 ubicada en Sala de Máquinas de popa de la embarcación a la banda de estribor, fue la primera en ser retirada, los demás motores se retiraron en el orden mostrado en la figura No.1.a.

ANEXO II

UBICACIÓN DE TANQUES

A continuación se presenta la distribución de tanques de las Corbetas y su posición con respecto a la perpendicular de popa.

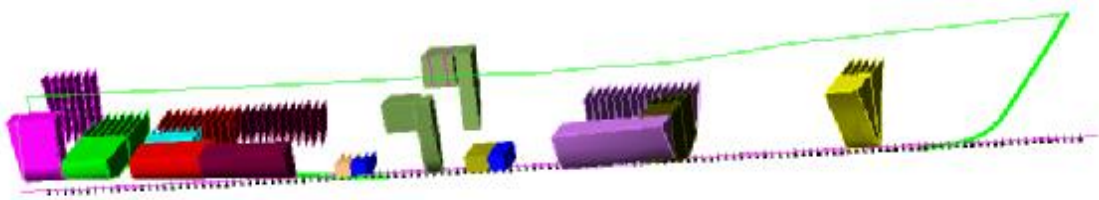


Figura No. 2. a: *Plano de Distribución de Tanques*

ITEM	IDENTIFICACIÓN	UBICACIÓN	CAP.	CAP.	PESO	Xlong	Mt long.	Zv	Mt vert.
			(m3)	(GAL)	(TON)	m	TON x m.	m	TON x m.
1	02 TQS DE AGUA	PROA	18.88	4,987.57	18.88	48.73	920.03	2.44	46.07
2	02 TQS DIA	SALA DE MAQUINAS PROA Y POPA	12.42	3,281.02	10.43	23.97	250.08	3.91	40.79
3	TANQUE DE COMBUSTIBLE 1	COCINA, CAMARA DE TRIPULANTES Y SUB OF.	19.44	5,135.51	16.33	34.68	566.32	1.89	30.86
4	TANQUE DE COMBUSTIBLE 2		19.44	5,135.51	16.33	34.68	566.32	1.89	30.86
5	TANQUE DE COMBUSTIBLE 3		19.43	5,132.86	16.32	37.26	608.13	1.55	25.30
6	TANQUE DE COMBUSTIBLE 4	POPA	9.15	2,417.17	7.69	13.10	100.69	2.10	16.14
7	TANQUE DE COMBUSTIBLE 5	POPA	9.15	2,417.17	7.69	13.10	100.69	2.10	16.14
8	TANQUE DE COMBUSTIBLE 6	ENFERMERIA, DETALIA Y ENTREPUNTE	14.58	3,851.63	12.25	8.17	100.06	2.04	24.98
9	TANQUE DE COMBUSTIBLE 7		14.58	3,851.63	12.25	8.17	100.06	2.04	24.98
10	TANQUE DE COMBUSTIBLE 8	ENTREPUNTE DE SARGENTOS	13.46	3,555.76	11.31	3.70	41.83	2.12	23.97
11	TANQUE DE COMBUSTIBLE 9		13.46	3,555.76	11.31	3.70	41.83	2.12	23.97
12	TANQUE DE COMBUSTIBLE 10	SANTABARBARA DE POPA	10.53	2,781.73	8.85	0.98	8.67	3.48	30.78
13	TANQUE DE COMBUSTIBLE 11	SANTABARBARA DE POPA	10.53	2,781.73	8.85	0.98	8.67	3.48	30.78
14	02 TQS JP1	ENTREPUNTE DE SARGENTOS Y SALA DE JP1	10.78	2,847.78	8.49	6.94	58.95	3.91	33.21
15	04 TQS ACEITE	SALA DE MAQUINAS PROA Y POPA	4.88	1,289.16	4.25	22.49	95.50	2.24	9.51
16	04 TQS ACEITE COMPENSO	BAJADA DE SALA DE MAQUINAS PROA Y POPA	2.64	697.41	2.30	26.43	60.70	2.54	5.82
TOTAL			203.35	53,719.40	173.50	20.91	3,628.53	2.39	414.18

Tabla No.2. a: Distribución de Tanques

ANEXO III

MODELACION DE ESTRUCTURA EN AUTOCAD

Para modelar la estructura en Autocad se siguieron los siguientes pasos:

- a. Generación de Quilla y estructura de línea de crujía
- b. Generación de Cuadernas simples y reforzadas
- c. Generación de Mamparos
- d. Generación de longitudinales de fondo, costado y cubierta
- e. Generación de planchaje
- f. Generación de planchaje de fondo
- g. Generación de planchaje de costado
- h. Generación de planchaje de cubierta principal
- i. Generación de planchaje de cubierta interior

Generación de Quilla y Estructura de línea de Crujía

El modelo, se empieza generando la estructura de la quilla al igual que los elementos que conforman el anillo central longitudinal de crujía, estos elementos han sido modelados con elementos "SHELL"

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES	ELEMENTO
Quilla	470X4X90X5 mm.	SHELL
Roda	300x3.5x80x5mm.	SHELL

Tabla No.3. a: *Estructura del Anillo Central*

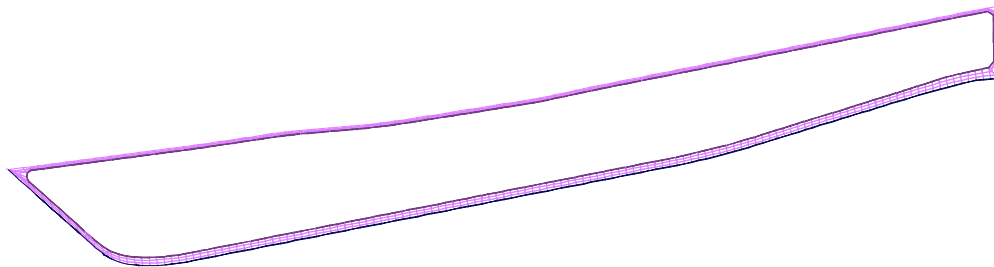


Figura No. 3. a: *Generación de Quilla*

Generación de Cuadernas Simples y Reforzadas

De acuerdo al plano estructural, en las embarcaciones se instalaron dos clases de cuadernas. El primer tipo son anillos estructurales simples, intercostales, están formados por platinas de 80x5 mm, los mismos están representados por elementos "FRAME" en el modelo. El segundo tipo son cuadernas reforzadas, están formadas por estructuras en Tee de 200x3.5x80x4 mm, representadas en elementos "SHELL".

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES	ELEMENTO
Cuaderna tipo I (simple)	Fb 80x5 mm.	FRAME
Cuaderna tipo II (reforzada)	Tee 200x3.5x80x4 mm.	SHELL

Tabla No.3. b: *Estructura de Cuadernas*

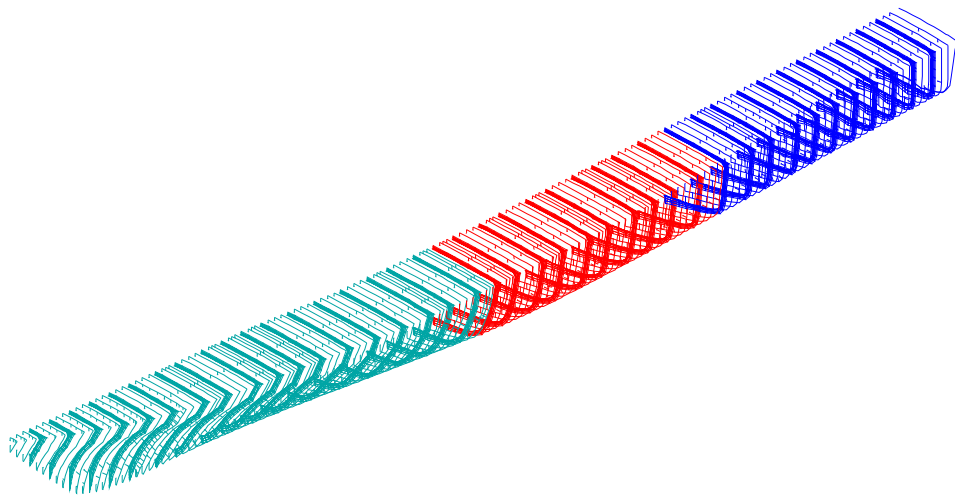


Figura No. 3. b: *Generación de Cuadernas*

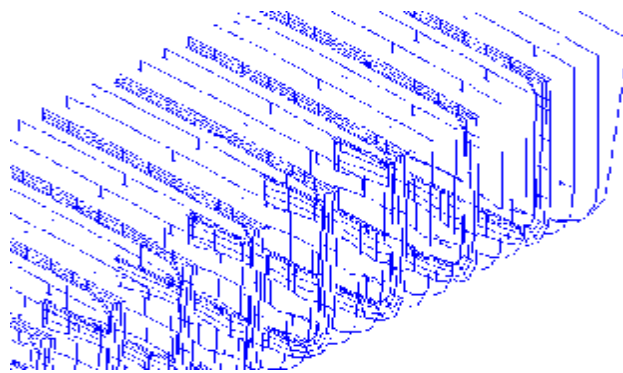


Figura No. 3. c: *Cuadernas de la Popa (simples y reforzadas)*

Generación de Mamparos

Los mamparos están formados por planchas entre 3 y 4.5 mm de espesor, las cuales son representadas por elementos "SHELL". La estructura está reforzada con verticales tipo TEE 130X5X80X6 mm. y FB 60X5 mm, adicionalmente se puede encontrar refuerzos transversales, TEE 60X5 mm, todos estos elementos están representados por elementos "FRAME" en el modelo.

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES	ELEMENTO
Mamparo	Superior 3 mm Inferior 4.5 mm	SHELL
Refuerzos verticales de mamparo	Tee 130x5x80x6 mm Fb 60x5 mm.	FRAME
Refuerzos horizontales de mamparo	Tee 85x80x5 mm Fb 60x5 mm.	FRAME

Tabla No.3. c: *Estructura de los Mamparos*

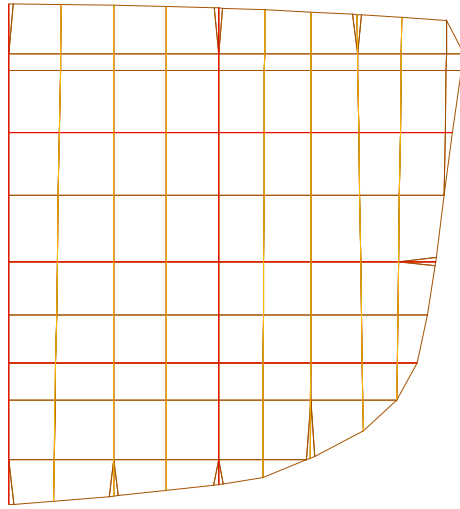


Figura No. 3. d: *Modelo de Mamparo típico*

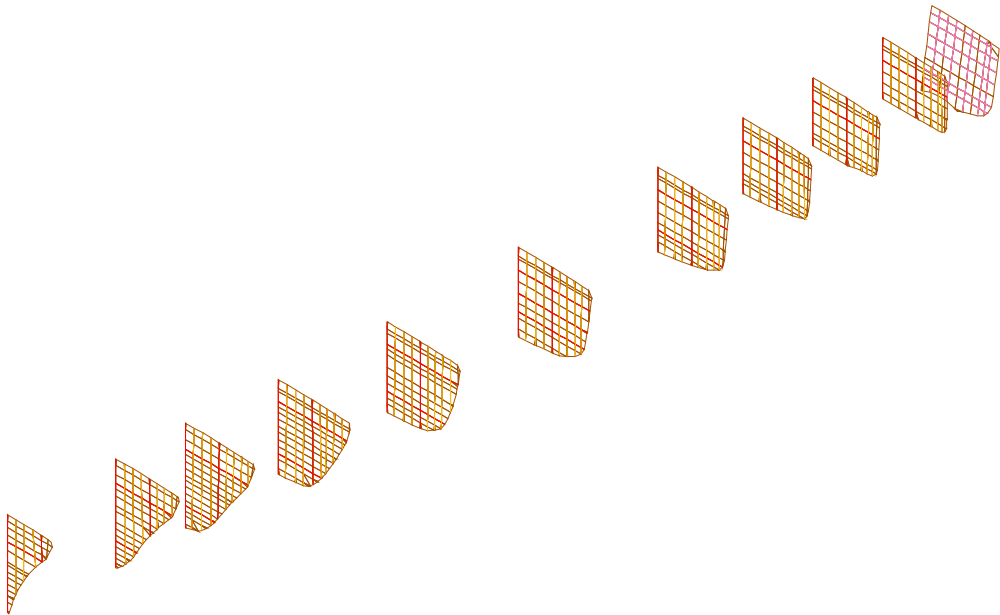


Figura No. 3. e: *Generación de Mamparos*

Generación de Longitudinales de Fondo, Costado y Cubierta

La estructura longitudinal de la embarcación está formada por dos clases de elementos, los “*longitudinales*” son las estructuras reforzadas que se encuentran a lo largo de todo el buque, las cuales son representadas por elementos “SHELL” y los “*refuerzos*” son estructuras pequeñas que se encuentran reforzando ciertas áreas, estos elementos son representados por elementos “FRAME”. A continuación tenemos la descripción de los diferentes refuerzos longitudinales:

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES	ELEMENTO
Longitudinal fondo	Tee 380x4x90x5 mm.	SHELL
Refuerzo fondo	Bulb 120x8 mm.	FRAME
Longitudinal costado	Tee 250x3.5x80x5 mm.	SHELL
Refuerzo costado	Tee 80x5x25x4 mm.	FRAME
Longitudinal cubierta	Tee 200x3x80x5 mm.	SHELL
Refuerzo cubierta	Fb 80x5 mm.	FRAME

Tabla No.3. d: *Estructura Longitudinal*

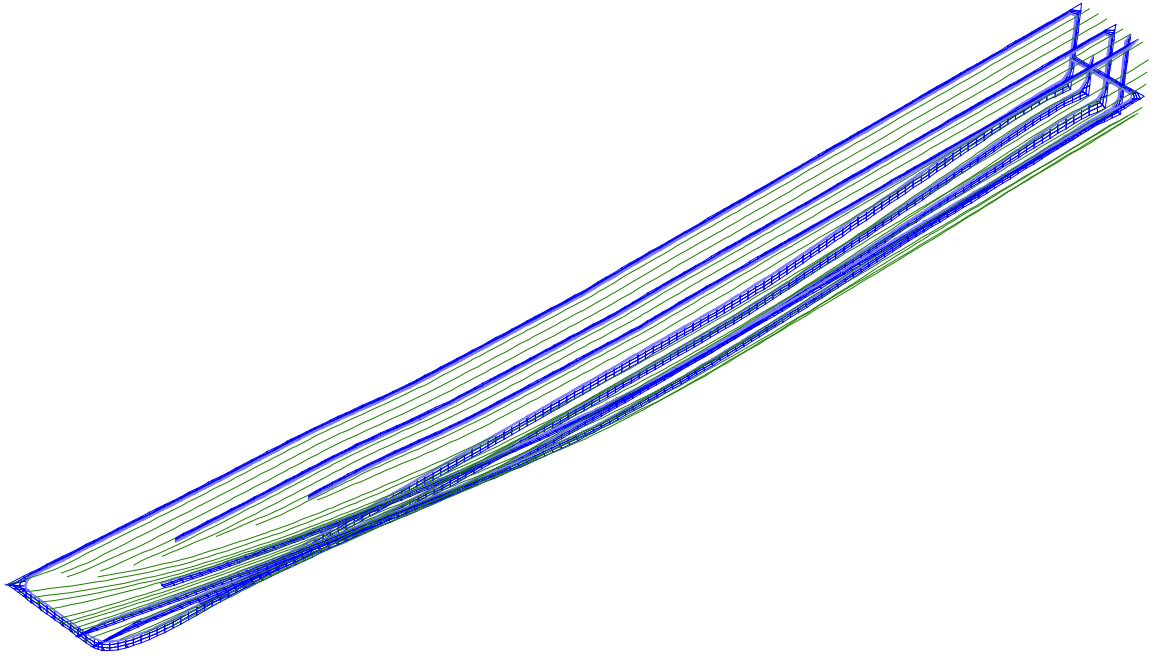


Figura No. 3. f: *Longitudinales de fondo, costado y cubierta (simples y reforzados)*

Generación de planchaje

El planchaje de la embarcación está definido por secciones, llamadas tracas, las mismas que se enlistan a continuación.

DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACION	ESPESOR ORIGINAL
Quilla	Traca K	8 mm
Fondo	Traca A	6mm
Fondo	Traca B	5mm
Pantoque	Traca C	4mm
Costado	Traca D	4mm
Costado	Traca E	5mm
Trancanil		5mm
Cubierta	Traca C	5mm
Cubierta	Traca B	5mm
Cubierta	Traca A	3.5mm
Cubierta 2		3.5 mm

Tabla No.3. e: *Espesor original de Planchaje de fondo, costado y cubierta*

Todo el planchaje se ha modelado con los elementos “SHELL” y se han dividido en secciones de acuerdo a las tracas antes descritas, para realizar

una representación adecuada de la embarcación. A continuación se presentan las diferentes secciones.

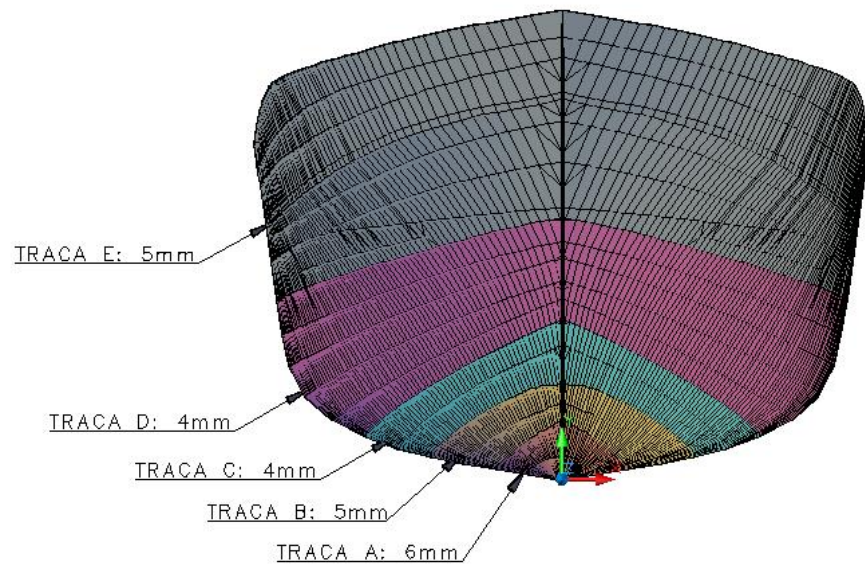


Figura No. 3. g: *Generación de planchaje de fondo y costado*

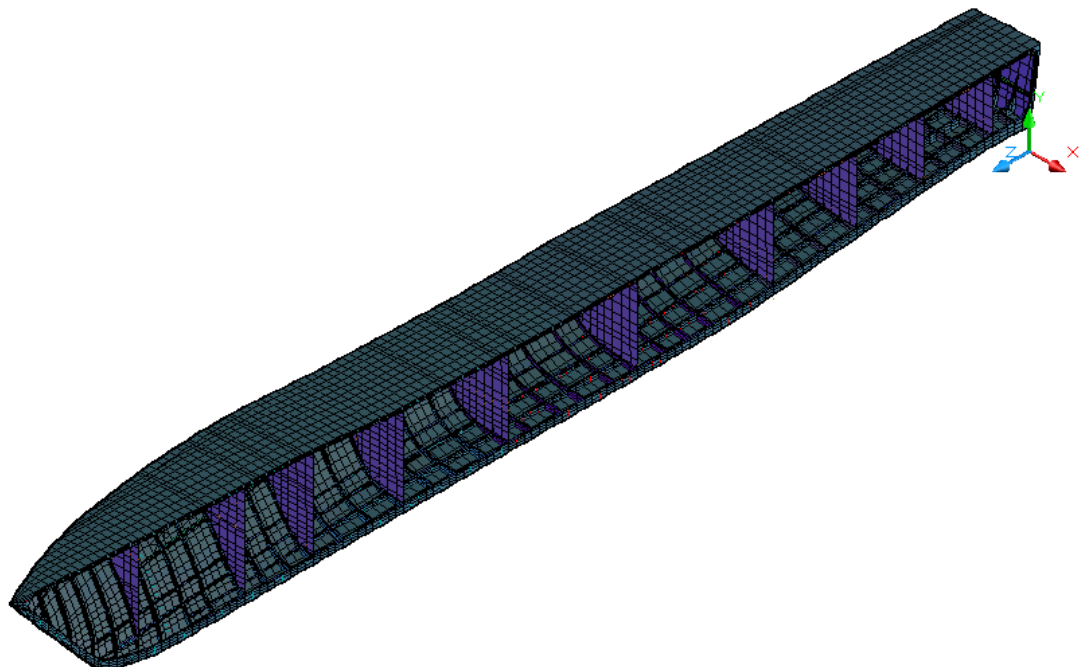


Figura No. 3. h: *Generación de planchaje de cubierta principal*

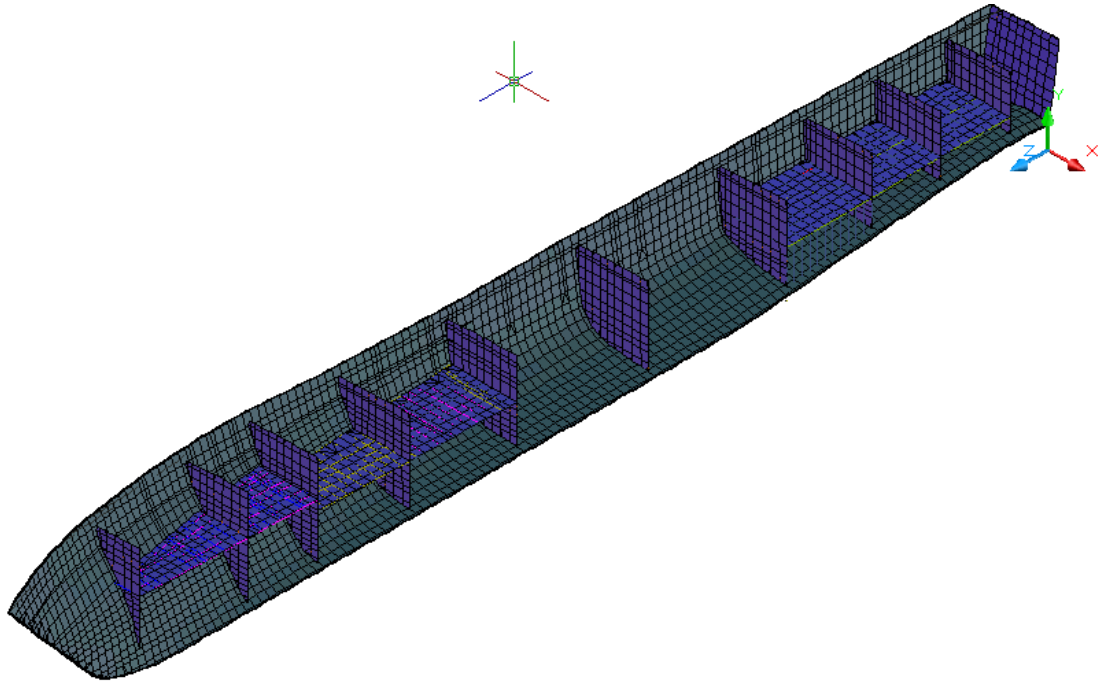


Figura No. 3. i: *Generación de planchaje de cubierta interior*

A continuación se resumen las estructuras con sus especificaciones y el tipo de elemento que será utilizado para modelar en SAP2000.

ITEM	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES	ELEMENTO
1.	Cuaderna Tipo I (Simple)	Fb 80x5mm.	FRAME
2.	Refuerzos Horiz de Mamparo	Fb 60x5mm.	FRAME
3.	Refuerzo Costado	Tee 80x5x25x4	FRAME
4.	Refuerzo Cubierta	Fb 80x5	FRAME
5.	Refuerzo Fondo	Bulb 120x8	FRAME
6.	Refuerzos Vert de Mamparo	Fb 60x5mm.	FRAME
7.	Quilla	470X4X90X5	SHELL
8.	Roda	300x3.5x80x5	SHELL
9.	Cuaderna Tipo II (Reforzada)	Tee 200x3.5x80x4 mm.	SHELL
10.	Mamparo	3.75 mm	SHELL
11.	Longitudinal Fondo	Tee 380x4x90x5	SHELL
12.	Longitudinal Costado	Tee 250x3.5x80x5	SHELL
13.	Longitudinal Cubierta	Tee 200x3x80x5	SHELL
14.	Quilla - Traca K	8 mm	SHELL
15.	Fondo- Traca A	6mm	SHELL
16.	Fondo - Traca B	5mm	SHELL
17.	Pantoque - Traca C	4mm	SHELL
18.	Costado - Traca D	4mm	SHELL
19.	Costado - Traca E	5mm	SHELL
20.	Trancanil -	5mm	SHELL
21.	Cubierta - Traca C	5mm	SHELL
22.	Cubierta - Traca B	5mm	SHELL
23.	Cubierta - Traca A	3.5mm	SHELL
24.	Base de maquinas	8 mm	SHELL
25.	Base de maquinas escuadra	6 mm	SHELL

Tabla No.3. f: *Propiedades principales de cada elemento*

ANEXO IV TOMA DE ESPESORES

TOMA DE ESPESORES

ITEM	CUADERNA		TRACA K	TRACA A	TRACA B	TRACA C	TRACA D	TRACA E
1	0	2	4.8		5.4			
2	2	4	5.0	8.0	7.3	7.3	7.0	
3	4	6	5.3	7.0	6.8	6.0	7.0	
4	6	8	6.7	7.0	6.8	5.6		
5	8	10	6.6	4.7	4.9	5.6		
6	10	12	6.8	4.7	4.8	3.8		
7	12	14	6.6	4.4	4.6	4.8		
8	14	16	6.2	4.7	4.5	3.6	2.4	
9	16	18	6.9	4.6	4.7	3.7	2.6	
10	18	20	7.3	4.6	4.7	3.6	2.5	
11	20	22	7.3	4.8	4.7	3.6	3.5	
12	22	24	7.1	5.4	4.2	3.8	3.5	
13	24	26	7.0	4.6	3.5	3.7	3.3	
14	26	28	7.2	3.3	2.8	3.6	3.1	
15	28	30	7.4	4.4	2.8	3.8	3.1	
16	30	32	6.8	4.5	3.5	3.4	3.5	
17	32	34	6.8	5.4	4.9	4.0	3.7	
18	34	36	6.2	5.8	5.0	3.2	3.6	5.0
19	36	38	7.5	5.7	4.6	3.8	2.6	4.8
20	38	40	7.6	5.9	4.7	4.4	3.1	4.7
21	40	42	7.7	5.8	3.7	6.0	5.9	4.8
22	42	44	7.0		3.0	3.8	3.0	4.0
23	44	46	6.2	5.8	4.7	3.8		4.9
24	46	48	5.2	5.8	4.8	3.7	3.7	4.8
25	48	50	5.2	5.7	4.8	3.8	4.0	4.7
26	50	52	4.8	5.8	4.7	3.6	3.7	5.0
27	52	54		5.8	4.6	3.3		
28	54	56		5.7	4.0	2.6	4.9	
29	56	58		5.7	3.9	2.6	3.5	
30	58	60		5.8	4.8	2.4	3.4	
31	60	62		5.7	4.8	2.5	3.9	
32	62	64		5.6	4.8	3.1	3.6	
33	64	66		5.5	4.8	2.5	3.8	
34	66	68		5.5	4.9	2.4	3.4	4.9
35	68	70	5.4	5.1	4.5	2.8	3.3	4.6
36	70	72	6.1	4.6	3.1	2.8	2.7	
37	72	74	7.6	5.4	4.1	2.9	2.4	
38	74	76	7.3	5.8	4.3	2.5	2.5	
39	76	78	6.5	5.9	4.5	3.0	2.7	
40	78	80	6.6	4.6	4.3	3.7	3.3	
41	80	82	6.9			3.7	3.5	
42	82	84	7.0	4.3	3.0	2.8	3.5	
43	84	86	6.2	4.0	2.8	3.0	3.8	
44	86	88	6.5	3.5	3.0	2.9	3.7	
45	88	90	5.7	3.6	3.0	2.7	3.6	
46	90	92	6.1	4.0	3.8	2.7	2.9	
47	92	94	5.4	4.2	4.0	2.8	2.6	
48	94	96	6.3	4.2	3.8	3.5	2.7	
49	96	98	6.9	4.4	3.3	3.4	3.4	
50	98	100		4.5	2.8	3.3	3.4	
51	100	102		4.3	2.9	3.3	3.4	
52	102	104		4.3	3.6	3.3	3.4	
53	104	106	5.8	4.2	3.4	3.4	3.0	3.4
54	106	108	5.9	4.3	3.4	3.4	3.1	3.4
55	108	110	5.7	4.3		3.3	3.4	5.8
56	110	112	5.8	4.3		3.2	3.3	4.4
57	112	114	5.7	4.3	3.1	3.0	3.0	4.5
58	114	116	5.5	4.2	2.7	2.8	3.0	3.6
59	116	118	5.6	4.2	3.0	3.0	2.5	3.5
60	118	120	5.8	4.1	3.0	3.5	3.4	
61	120	122		4.3	2.6	3.4		
62	122	124			2.8	3.5	5.3	
63	124	126	3.1		2.8	3.3	4.1	
64	126	128	3.1				3.5	
65	128	130						

Tabla No.4. a: *Espesores de planchaje de la embarcación [6]*

De acuerdo a la toma de espesores que se realizó a una de las embarcaciones durante la entrada a Dique, ver tabla No.4.a, el máximo desgaste se registró en la quilla (2 mm.). El espesor promedio por traca del planchaje del casco varía de acuerdo a la tabla siguiente.

ESPEJOR PROMEDIO DEL PLANCHAJE EN LAS DIFERENTES TRACAS								
ESPEJOR DE DISEÑO	8.0	6.0	5.0	4.0	4.0	5.0		
ITEM	CUADERNA		TRACA K	TRACA A	TRACA B	TRACA C	TRACA D	TRACA E
1	0	12	5.9	6.3	6.0	5.7	7.0	
2	12	24	6.9	4.8	4.6	3.9	2.9	
3	24	36	6.9	4.7	3.7	3.6	3.4	5.0
4	36	48	6.8	5.8	4.3	4.2	3.7	4.7
5	48	60	5.0	5.7	4.5	3.0	3.9	4.9
6	60	72	5.8	5.3	4.5	2.7	3.4	4.8
7	72	84	7.0	5.2	4.0	3.1	3.0	
8	84	96	6.0	3.9	3.4	2.9	3.2	
9	96	108	6.2	4.3	3.2	3.3	3.3	3.4
10	108	120	5.7	4.2	3.0	3.1	3.1	4.4
11	120	132	3.1	4.3	2.7	3.4	4.3	
ESPEJORES PROM (mm.)			5.92	4.95	3.98	3.54	3.74	4.50
DESGASTE PROM (mm.)			2.08	1.05	1.02	0.46	0.26	0.50

Tabla No.4. b: *Espesores Promedio de las Tracas*

Este cambio de espesores de planchaje ha sido considerado en el modelo de la embarcación, por lo que se registra una disminución del peso del casco en un 5% de acuerdo a lo calculado por el programa Sap 2000, ver tabla No.4.c.

Section	Estructura	Espesor mm	I22 ; I33 mm ⁴	TotalWt Kgf
Cuaderna simple	CUAD.SIMP		847000 ; 52700000	11,097.66
Refuerzo mamparo, horizontal	REF.HOR.MAMP		322000 ; 4880000	577.82
Refuerzo costado, longitudinal	REF.LONG.COST		1110000 ; 9010000	2,885.61
Refuerzo cubierta, longitudinal	REF.LONG.CUB		787000 ; 11300000	3,798.39
Refuerzo fondo, longitudinal	REF.LONG.FOND		3480000 ; 7820000	9,106.79
Refuerzo mamparo, vertical	REF.VERT.MAMP		322000 ; 4880000	2,206.37
Ala de base de maquinas	B.MAQ.AL	8.00		1,151.69
Alma de base de maquinas	B.MAQ.AM	8.00		5,167.94
Escuadra de base de maquinas	B.MAQ.ES	6.00		4,049.01
Ala de la cuaderna	PL.C.ALA	4.00		3,032.72
Alma de la cuaderna	PL.C.ALM	3.50		9,069.59
Planchaje de cubierta A	PL.CUB.A	3.50		9,956.45
Planchaje de cubierta B	PL.CUB.B	5.00		8,645.72
Planchaje de cubierta C	PL.CUB.C	5.00		7,034.57
Planchaje de cubierta Intermedia	PL.CUB2	3.50		9,918.60
Planchaje de fondo A	PL.F.A	4.82		5,623.47
Planchaje de fondo B	PL.F.B	3.78		4,684.16
Planchaje de fondo C	PL.F.C	3.23		3,987.39
Planchaje de fondo D	PL.F.D	3.31		10,105.28
Planchaje de fondo E	PL.F.E	4.50		17,456.06
Planchaje de Quilla	PL.K	5.92		629.34
Ala de longitudinal de costado	PL.LC.AL	5.00		517.26
Alma de longitudinal de costado	PL.LC.AM	3.50		1,251.12
Ala de longitudinal de cubierta	PL.LCB.L	5.00		1,185.92
Alma de longitudinal de cubierta	PL.LCB.M	3.00		1,879.31
Ala de longitudinal de fondo	PL.LF.AL	5.00		1,694.03
Alma de longitudinal de fondo	PL.LF.AM	4.00		5,138.64
Planchaje de mamparo	PL.MAMP	3.75		13,585.62
Ala de la quilla	PL.Q.ALA	5.00		284.85
Alma de la quilla	PL.Q.ALM	4.00		1,279.11
Ala de la roda	PL.R.ALA	5.00		52.25
Alma de la roda	PL.R.ALM	3.50		158.96
			PESO CASCO (Kg)	157,212

Tabla No.4. c: *Propiedades de las Estructuras*

Tomando en cuenta la reducción de espesores de planchaje de la embarcación, se detalla el peso que se consideró para la modelación y análisis estructural.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TONS.	RESPECTO A L.B.		RESPECTO A Pp de POPA	
			DISTANCIA y (m)	MOMENTO W * y	DISTANCIA l (m)	MOMENTO W * l
1	CASCO	157.21	3.16	496.78	25.71	4,041.40
2	SUPERESTRUCTURA	15.43	8.00	123.44	34.34	529.87
3	CUBIERTA DE VUELO	11.44	6.23	71.27	12.84	146.89
4	SISTEMA PROPULSOR	142.61	2.23	318.03	22.53	3,213.21
5	EQUIPAMIENTO Y ACCESORIOS	188.91	5.49	1,036.62	30.21	5,707.17
SUBTOTAL 1		515.60	3.97	2,046.15	26.45	13,638.53
6	TQ. AGUA	7.60	2.00	15.19	48.63	369.39
7	TQ. COMBUSTIBLE	-	-	-	-	-
SUBTOTAL 2		7.60	2.00	15.19	48.63	369.39
6	PESO MUERTO	4.00	5.06	20.24	19.12	76.48
7	TRIPULACION					-
SUBTOTAL 3		4.00	5.06	20.24	19.12	76.48
TOTAL		527.20	3.95	2,081.58	26.72	14,084.41

Tabla No.4. d: Pesos de la Embarcación en la entrada al Dique.

ANEXO V MEDICION DE LAS DEFORMACIONES UNITARIAS

El 20 de julio del año 2009 ingresó al Dique Orellana la Corbeta Los Ríos, con el fin de iniciar los trabajos de reparación de dicha embarcación, momento que fue aprovechado para realizar las mediciones de deformación unitaria en las estructuras. Para estas mediciones se escogió la Sala de Ejes, ubicada entre las cuadernas 23 y 34, por cuanto en los años anteriores la cama de varamiento ubicaba el último bloque cerca de ésta zona, entre las cuadernas 31 y 33. Esto provocaba que alrededor de 16 metros de la embarcación se encontrara en cantilibrío, por lo que se esperaba que esta zona presentara altas deformaciones.

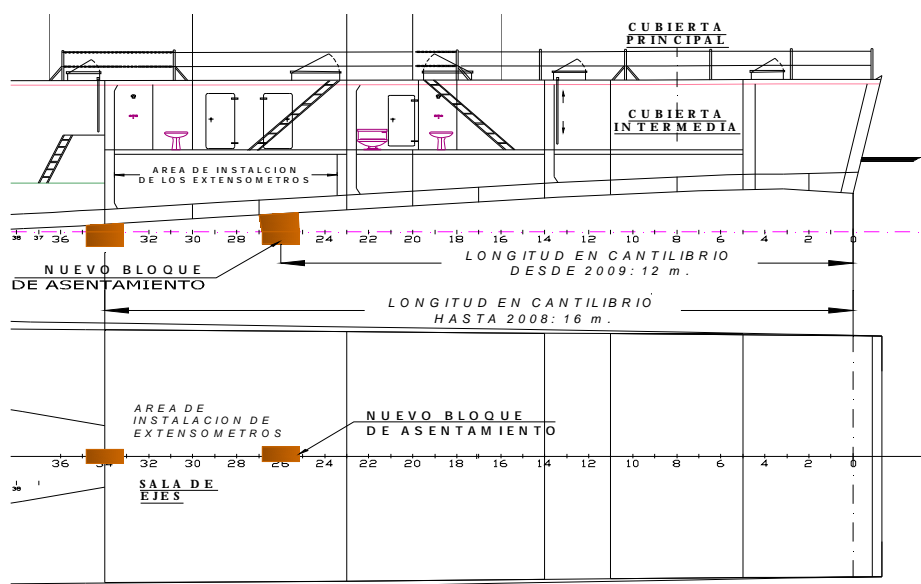


Figura No. 5. a: Área de Popa (sala de ejes)

A partir del año 2009 un nuevo bloque fue incorporado como soporte de la estructura, ubicado entre las cuadernas 25 y 27. Para las mediciones se utilizaron 7 extensómetros y un equipo de medición modelo P3 Strain Indicator and Recorder, conectados a una computadora portátil para guardar los datos para su análisis posterior. A continuación se presenta un esquema de la ubicación de los extensómetros, ver figura No 5.b y tabla No. 5.a.

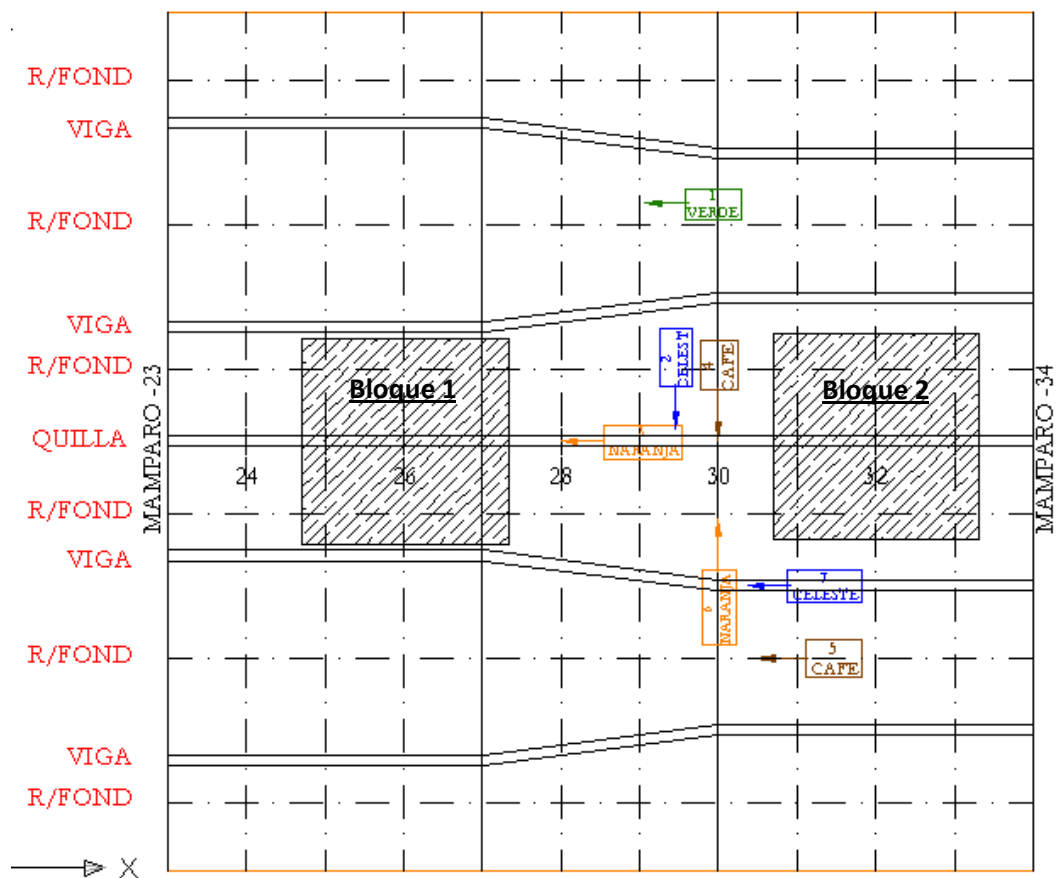


Figura No. 5. b: Ubicación de extensómetros en Sala de Ejes

UBICACIÓN DE EXTENSOMETROS				
No.	UBICACIÓN	ELEMENTO	SENTIDO	COLOR
1	C29-C30	PLANCHA 1	LONGITUDINAL	VERDE
2	C29-C30	PLANCHA 2	TRANSVERSAL	AZUL
3	C28-C29	QUILLA (ALA)	LONGITUDINAL	NARANJA
4	C30	CUADERNA	TRANSVERSAL	CAFÉ
5	C31-C32	EJE DE COLA	LONGITUDINAL	CAFÉ
6	C30	CUADERNA	TRANSVERSAL	NARANJA
7	C31-C32	LONG. FONDO	LONGITUDINAL	AZUL

Tabla No.5. a: Lista de extensómetros ubicados en Sala de Ejes



Foto No. 5. a: Extensómetros 2 y 3. Plancha del fondo y ala de la Quilla.



Foto No. 5. b: Extensómetro 4. Ala de la cuaderna 30-babor

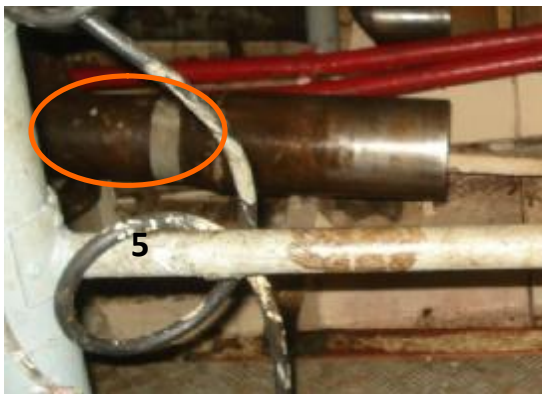


Foto No. 5. c: Extensómetro 5. Sobre el eje intermedio



Foto No. 5. d: Extensómetro 6. Ala de la cuaderna 30-estribor

Durante el proceso de varamiento y desvaramiento de la embarcación, se realizaron las mediciones, para lo cual se escogieron en cada condición las 4 mejores señales para asegurar un buen registro. A continuación se enlistan los extensómetros que fueron seleccionados en cada condición y los valores máximos registrados.

ENTRADA AL DIQUE					
No.	UBICACIÓN	ELEMENTO	SENTIDO	COLOR	MAX
1	C29-C30	PLANCHA 1	LONGITUDINAL	VERDE	36.00
2	C29-C30	PLANCHA 2	TRANSVERSAL	AZUL	97.00
3	C28-C29	QUILLA (ALA)	LONGITUDINAL	NARANJA	276.00
5	C31-C32	EJE DE COLA	LONGITUDINAL	CAFÉ	4.00

Tabla No.5. b: Extensómetros utilizados en la entrada al Dique de la Embarcación

SALIDA DEL DIQUE					
No.	UBICACIÓN	ELEMENTO	SENTIDO	COLOR	MIN
7	C31-C32	LONG. FONDO	LONGITUDINAL	AZUL	- 37.00
6	C30	CUADERNA	TRANSVERSAL	NARANJA	- 38.00
2	C29-C30	PLANCHA 2	TRANSVERSAL	AZUL	-
3	C28-C29	QUILLA (ALA)	LONGITUDINAL	NARANJA	- 219.00

Tabla No.5. c: Extensómetros utilizados en la salida del Dique de la Embarcación

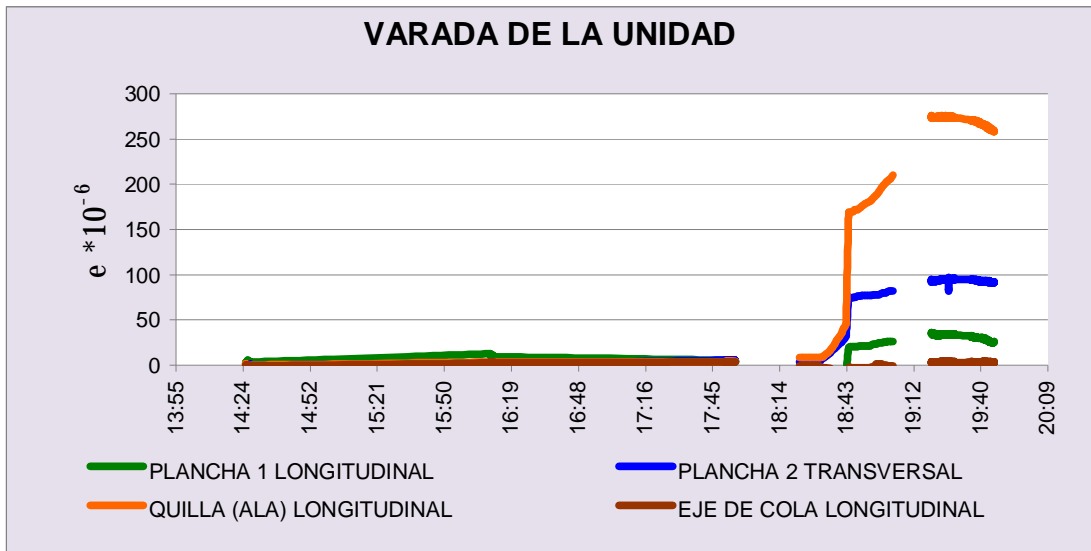


Figura No. 5. c: Datos registrados de la entrada al Dique de la Embarcación

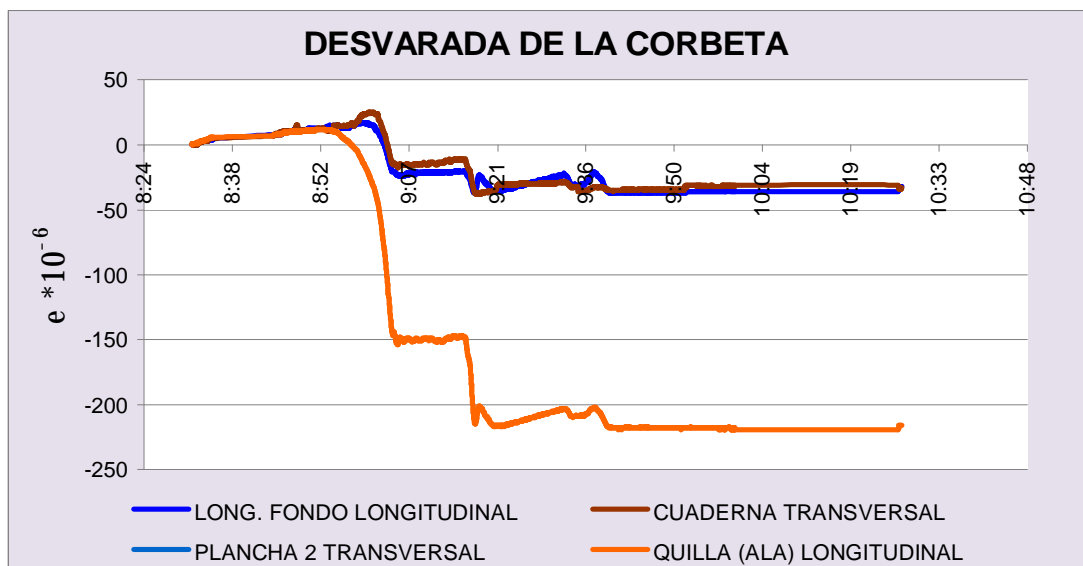


Figura No. 5. d: Datos registrados de la salida del Dique de la Embarcación

Como se aprecia en las figuras 5.c y 5.d, se han utilizado diferentes extensómetros para registrar la entrada y salida de la embarcación del Dique, sin embargo se aprecia claramente que la deformación de la quilla es la mas pronunciada, registrándose valores extremos de 276×10^{-6} en la entrada y -219×10^{-6} en la salida.

ANEXO VI REACCIONES EN PUNTOS DE APOYO

PTO APOY	X (m.)	BLOQUE DE CRUJIA BB				BLOQUE DE CRUJIA CC				BLOQUE DE CRUJIA EB			
		Joint Text	Rx (Kgf)	Ry (Kgf)	Rz (Kgf)	Joint Text	Rx (Kgf)	Ry (Kgf)	Rz (Kgf)	Joint Text	Rx (Kgf)	Ry (Kgf)	Rz (Kgf)
B1	11.93	14292	33.639.07	- 15.845.05	18.077.86	1951	22.889.53	- 0.22	20.844.08	1378	33.640.40	15.840.53	18.077.00
		14295	9.914.59	- 17.037.07	8.169.13	1952	- 9.570.58	- 0.01	- 8.900.10	1381	9.915.20	17.035.10	8.168.52
		14298	5.947.36	- 15.455.18	5.546.37	1953	- 6.359.72	0.03	- 831.50	1384	5.947.91	15.454.08	5.545.18
B2	14.68	14310	7.086.29	- 5.941.22	4.859.56	1957	8.195.64	0.04	- 5.303.58	1396	7.086.52	5.941.46	4.859.26
		14313	2.574.77	- 10.349.86	6.719.13	1958	- 4.472.43	- 0.00	- 5.671.36	1399	2.575.14	10.350.07	6.719.18
		14316	- 5.193.77	- 18.353.73	12.935.99	1959	- 11.752.72	- 0.07	20.856.63	1402	- 5.193.39	18.353.49	12.936.04
B3	18.81	14337	10.953.99	- 5.635.56	7.131.05	1966	6.330.34	0.15	331.33	1423	10.955.78	5.635.92	7.129.27
		14340	2.257.83	- 7.238.41	4.850.66	1967	- 1.719.65	- 0.02	- 5.204.71	1426	2.260.52	7.238.94	4.848.80
		14343	2.066.21	- 9.532.87	4.023.23	1968	- 2.452.26	0.24	2.461.32	1429	2.067.82	9.533.19	4.020.33
B4	21.56	14355	2.934.46	- 1.465.84	3.177.28	1972	2.063.66	- 0.08	- 1.994.84	1441	2.934.05	1.464.52	3.179.53
		14358	434.67	- 1.856.08	2.618.21	1973	190.77	0.04	- 3.659.46	1444	432.95	1.853.83	2.621.04
		14361	392.82	- 3.867.01	1.990.39	1974	- 730.57	- 1.31	2.282.10	1447	388.17	3.873.48	2.005.57
B5	25.23	14379	883.98	- 594.67	983.53	1980	1.633.31	- 0.14	1.479.23	1465	882.60	593.73	982.17
		14382	90.13	- 1.438.52	637.85	1981	- 344.86	0.22	791.22	1468	89.55	1.439.22	636.20
		14385	7.78	55.40	573.37	1982	- 682.36	0.07	- 715.93	1471	7.57	54.39	572.97
B6	28.90	14403	261.43	- 1.617.75	1,202.04	1988	598.91	0.06	1,449.73	1489	261.34	1,618.08	1,201.73
		14406	494.53	245.23	628.15	1989	190.11	- 0.00	- 1,190.11	1492	494.53	- 245.07	628.10
		14409	- 847.77	852.53	754.63	1990	- 948.47	- 0.00	- 390.77	1495	- 847.74	852.42	754.62
B7	32.57	14427	872.41	- 591.59	1,224.60	1996	1,856.06	0.00	2,965.97	1513	872.52	591.49	1,224.56
		14430	- 45.67	- 174.62	427.07	1997	- 564.93	- 0.00	- 407.77	1516	- 45.52	174.45	427.01
		14433	- 121.85	- 145.23	99.09	1998	- 597.64	- 0.01	- 363.93	1519	- 121.80	144.82	98.91
B8	36.70	14454	- 317.32	328.65	74.26	2005	118.61	0.02	- 326.85	1540	- 317.22	- 328.87	- 74.36
		14457	- 149.63	677.32	159.61	2006	- 438.21	0.00	- 458.93	1543	- 149.55	- 677.22	159.59
		14460	- 889.83	569.52	662.48	2007	- 1,152.54	0.02	976.90	1546	- 889.61	- 569.07	662.53
B9	39.91	14475	226.53	- 441.64	536.07	2012	591.88	0.05	826.01	1561	227.16	441.68	535.95
		14478	- 108.23	- 424.27	171.48	2013	- 544.14	0.02	167.72	1564	- 107.40	423.69	171.20
		14481	- 323.13	26.17	96.59	2014	- 320.52	- 0.13	- 413.06	1567	- 322.43	- 27.43	97.03
B10	43.58	14499	- 2,028.58	- 938.96	860.51	2020	- 931.46	0.09	- 143.66	1585	- 2,027.16	939.91	860.43
		14502	- 983.71	- 2,487.80	3,245.02	2021	390.28	0.28	4,632.83	1588	- 981.96	2,492.29	3,245.24
		14505	- 2,772.44	- 1,861.82	2,333.02	2022	- 521.96	0.43	615.27	1591	- 2,768.46	1,871.15	2,336.43
B11	49.54	14538	925.17	- 4,176.48	6,032.16	2033	2,493.08	0.26	- 326.14	1624	925.55	4,175.17	6,027.19
		14541	- 265.05	- 4,649.73	4,844.34	2034	- 345.40	- 0.33	1,148.30	1627	- 263.14	4,642.03	4,836.11
		14544	- 2,549.88	- 4,077.21	7,621.44	2035	- 950.55	- 0.74	99.07	1630	- 2,553.98	4,066.55	7,608.32
B12	54.59	14571	1,829.97	- 1,048.91	5,203.62	2044	1,620.06	- 1.23	3,283.79	1657	1,840.38	1,052.43	5,227.17
		14574	- 117.68	- 863.50	3,684.23	2045	- 287.94	- 0.84	733.72	1660	- 126.33	- 864.85	3,693.39
		14577	- 1,969.49	- 269.56	2,705.76	2046	- 1,350.06	- 0.31	1,435.18	1663	- 1,976.21	267.99	2,704.01

Tabla No.6. a: Reacción en Puntos de Apoyo de Bloques centrales

PTO APOY	X (m.)	CUÑA DE BB			
		Joint Text	Rx (Kgf)	Ry (Kgf)	Rz (Kgf)
C4	21.56	15377	13,469.25	- 7,729.49	8,968.39
		15378	3,438.92	- 5,106.52	6,038.06
		15379	- 12,242.79	- 5,088.31	22,773.02
		15382	- 2,789.48	- 5,249.34	2,586.23
		15383	274.36	- 2,569.57	2,053.46
C5	25.23	15384	- 9,750.88	- 2,676.48	10,728.66
		15418	775.84	- 2,449.67	2,017.94
		15419	521.28	- 697.67	1,260.18
		15420	- 8,720.99	- 809.55	4,851.30
		15424	- 900.34	- 3,755.25	3,263.27
		15425	- 228.48	- 3,760.00	1,636.46
		15426	- 3,815.71	- 1,096.56	1,913.06
C6	28.90	15460	- 401.52	- 4,629.25	3,784.53
		15461	- 2,142.67	- 3,516.56	1,310.25
		15462	- 4,137.63	- 701.55	671.03
		15465	- 2,449.30	- 5,869.40	4,111.24
		15466	523.98	- 1,417.91	2,153.21
		15467	- 3,448.72	- 921.04	2,325.30
C7	32.57	15501	1,324.63	- 1,549.16	3,870.24
		15502	- 1,812.98	- 1,663.79	3,435.69
		15503	- 3,367.26	- 3,802.09	8,771.90
		15506	268.87	1,166.44	- 1,721.82
		15507	- 3,788.76	315.53	551.03
		15508	- 2,322.93	523.07	8,601.92
		15548	- 1,021.27	2,946.92	- 7,038.34
C8	36.70	15549	103.14	2,261.59	- 11,610.30
		15550	2,029.95	11,642.88	11,040.37
		15553	- 1,442.95	- 1,421.22	3,375.27
		15554	- 5,334.11	- 1,875.95	2,091.17
		15555	8,143.55	- 2,415.29	3,792.25
		15583	- 590.85	- 1,538.06	2,868.60
C9	39.91	15584	- 1,159.68	- 1,558.55	1,308.86
		15585	- 14,952.55	- 1,513.02	6,493.17
		15588	- 3,853.15	256.57	- 2,633.53
		15589	- 3,574.53	918.24	- 10,062.25
		15590	- 8,313.38	13,435.38	17,924.04

CARGA TOTAL EN BLOQUES DE VARADA S (kg) - 6,343.82 - 177,539.95 248,021.94

S (kg) 12,635.35 - 3.43 31,077.70

CUÑA DE EB			
Joint Text	Rx (Kgf)	Ry (Kgf)	Rz (Kgf)
2616	13,472.24	7,731.64	8,970.45
2617	3,441.69	5,107.27	6,039.86
2618	- 12,242.30	5,089.00	22,778.08
2621	- 2,788.86	5,253.81	2,587.28
2622	274.98	2,570.99	2,053.61
2623	- 9,753.53	2,677.22	10,729.59
2657	775.84	2,447.80	2,016.98
2658	520.66	697.15	1,259.57
2659	- 8,723.77	809.15	4,849.78
2663	- 899.95	3,753.68	3,262.22
2664	- 228.81	3,758.92	1,636.07
2665	- 3,817.17	1,096.26	1,911.13
2699	- 401.83	4,628.89	3,784.14
2700	- 2,142.99	3,516.04	1,309.97
2701	- 4,138.12	701.37	669.43
2704	- 2,449.01	5,869.19	4,111.05
2705	524.50	1,417.83	2,153.05
2706	- 3,448.73	920.82	2,324.29
2740	1,325.06	1,549.04	3,869.68
2741	- 1,813.82	1,663.77	3,435.32
2742	- 3,363.30	3,801.41	8,769.65
2745	268.67	- 1,167.17	- 1,721.62
2746	- 3,789.19	315.43	551.55
2747	- 2,320.13	523.34	8,600.88
2787	- 1,020.89	2,949.06	- 7,033.86
2788	102.44	2,259.64	- 11,604.65
2789	2,032.61	11,638.43	11,043.44
2792	- 1,442.28	1,421.10	3,374.02
2793	- 5,330.81	1,875.06	2,090.04
2794	8,135.93	2,413.55	3,787.29
2822	- 587.76	1,538.27	2,868.15
2823	- 1,161.22	1,558.41	1,308.79
2824	- 14,946.73	1,512.14	6,491.38
2827	- 3,847.20	256.52	- 2,633.35
2828	- 3,568.70	917.55	- 10,059.30
2829	- 8,305.46	13,430.02	17,929.88

S (kg) - 6,291.52 177,542.29 248,046.00

Tabla No.6. b: Reacción en Puntos de Apoyo de Cuñas de costado

PTO APOY	X (m.)
P1	12.90
P2	16.60
P3	23.90
P4	31.30
P5	38.60

PUNTALES DE BB			
Joint Text	Rx (Kgf)	Ry (Kgf)	Rz (Kgf)
15948	-	-	67.22
15949	-	-	1.49
15993	-	-	162.65
15994	-	-	52.56
16083	-	-	13.03
16084	-	-	37.24
16184	-	-	15.89
16185	-	-	2.05
16317	-	-	309.85
16318	-	-	74.10
S (kg)	-	524.18	-

CARGA TOTAL EN PUNTALES DE COSTADO

S (kg)

-	-	-
---	---	---

PUNTALES DE EB			
Joint Text	Rx (Kgf)	Ry (Kgf)	Rz (Kgf)
3187	-	-	67.27
3188	-	-	1.57
3232	-	-	162.31
3233	-	-	52.23
3322	-	-	13.00
3323	-	-	37.28
3423	-	-	15.88
3424	-	-	2.03
3556	-	-	309.83
3557	-	-	73.92
S (kg)	-	523.08	-

S (kg)

	Rx (Kgf)	Ry (Kgf)	Rz (Kgf)
CARGA TOTAL EN PUNTOS DE APOYO DURANTE LA VARADA S (kg)	0.01	0.01	527,145.64

Tabla No.6. c: Reacción en Puntos de Apoyo de Puntales de Costado

BIBLIOGRAFIA

- [1] Cantieri Navali Riunti S.P.A, Corvetta Veloce Elicotteristica. Fincantieri, Italia, 1979
- [2] ASTINAVE, Plano de Varamiento BAE Esmeraldas. ASTINAVE, Guayaquil 2008
- [3] ASTINAVE, Alineamiento del Sistema de Propulsión de la Corbeta Esmeraldas. ASTINAVE, Guayaquil 2008
- [4] Autodesk, Inc. Manual del Usuario AutoCAD. Autodesk, Inc., USA. 2000
- [5] Computers and Structures, Inc. SAP 2000, Linear and Non linear, Static and Dynamic, Analysis and Design of Three Dimensional Structures. CSI, Berkeley, California, USA. 2005
- [6] ASTINAVE, Memoria Técnica de la Corbeta Esmeraldas. ASTINAVE, Guayaquil 2008
- [7] Yungán, Marcelo Análisis de la Influencia del Retiro de Material Estructural durante el Varamiento de la Corbeta Esmeraldas. Tesis Ing. Naval ESPOL-FIMCM, en preparación
- [8] Germanischer Lloyd's, Guidelines for Strength Analysis of Ship Structures with FEM, cap I, part I sect IV. GL, Alemania 2005

- [9] Macas, Francisco Análisis Estructural de la Embarcación Fluvial Samarina utilizando el Método de Elementos Finitos. Tesis Ing. Naval ESPOL-FIMCM, 2006
- [10] Yeo Liangyi, Gabriel, Stress Analysis and Computer Simulation of Vessel Dry Docking. National University Of Singapore, Singapur 2007
- [11] Naval Ship Engineering Center, Ship Hull Characteristic Program. NAVSEC, 1976
- [12] VISHAY, Micro Measurements Model P3, Strain Indicator and Recorder Instruction Manual. Vishay, Raleigh, EE.UU. 2005
- [13] ASTINAVE, Plano de Varamiento BAE Los Rios. ASTINAVE, Guayaquil 2009
- [14] MTU, Manual de Motores y Reductores MTU. Alemania 1978
- [15] Brandon Taravella Accuracy Assessment of Methods for Predicting Dry Dock Block. Reactions Marine Technology Vol. 42, N°2, Abril 2005
- [16] DET NORSKE VERITAS, Hull Structural Design Ships with Length less than 100 meters. DNV Norway, 1991.