

SIMULACIÓN NUMÉRICA A TRAVÉS DE ELEMENTOS FINITOS DE UNA EMBARCACIÓN FLUVIAL

Anthony Brito Ticlavilca Tenorio^{1,*}, David Alejandro Mestanza Rodríguez², Felipe Francisco Rivera Tirado³

¹Universidad Nacional De Ingeniería, Lima, Perú (ticivo2011@hotmail.com)

²Universidad Nacional De Ingeniería, Lima, Perú (Alejandro_1609@hotmail.com)

³Universidad Nacional De Ingeniería, Lima, Perú (fel146@hotmail.com)

(*) Autor correspondiente

ABSTRACT

The necessity of new analysis methods, more precise and faster in the ship structures field is receiving more and more attention as the research projects are getting more and bigger in the country. The impact of analysis of higher precision and reliability are more visible every day, benefiting the safety of the vessel, and its functionality at the same cost. The lack of information and experience in computer programs in marine applications inside the schools of Naval Architecture of Peru, generate in these types analyses a learning gap. This project will contribute to the development of the application of finite elements methods in the naval area. Traditionally, the ships structural design is based on the analysis of the stress distribution of the main structure that is subject to elastic flexion under the effect of load distribution and waves. Based on these considerations a value for the admissible stresses and determine the minimum module for the master section, which must satisfy the rules of the Classification Societies. The present project is oriented to analyze the structure of a barge using the finites elements method considering it as a beam-vessel, exposed to different load conditions according to the classification society's standards (ABS). The project involves numerical simulation using the ANSYS program.

Keywords: deformation; stress and optimization; finite element methods; ship structural design; river transportation.

RESUMEN

La necesidad de nuevos procedimientos de análisis, más exactos y veloces, dentro del campo de las estructuras navales viene cobrando fuerza a medida que los proyectos de inversión son cada vez más y más grandes en el País. El impacto de mejores análisis de alta precisión y confiabilidad se hacen día a día más visibles, beneficiando a la seguridad de una embarcación, a su funcionalidad, y al costo de la misma. La falta de información y experiencia en el campo de programas computacionales en aplicaciones navales en las escuelas de Ingeniería Naval del Perú, genera un vacío por conocer en estos tipos de análisis. Este proyecto aportará al desarrollo de la aplicación de los elementos finitos con aplicación en el área naval. Tradicionalmente, el proyecto estructural del buque está basado en el análisis de la distribución de esfuerzos elásticos en la estructura principal que está sujeta a la flexión sobre el efecto de la distribución de carga y de las ondas. En base a estas consideraciones es que se establece un valor para los esfuerzos admisibles y se determina el módulo mínimo para la sección maestra, que debe satisfacer los Reglamentos de las Sociedades Clasificadoras. El presente proyecto se orienta a analizar la estructura de una barcaza fluvial por el método de elementos finitos, considerándolo como viga-buque sometida a diferentes condiciones de carga, de acuerdo a las normas de las sociedades clasificadoras (ABS). El proyecto implica simulación numérica utilizando el programa ANSYS.

Palabras clave: deformaciones; esfuerzos y optimización; método de elementos finitos; proyecto estructural del buque; transporte fluvial.

INTRODUCCIÓN

El proyecto que a continuación se muestra consiste en el estudio, mediante el método de elementos finitos, de la resistencia estructural y el comportamiento del casco de embarcaciones fluviales. Sin esta información técnica es probable que se produzcan desperdicios económicos, tanto en la inversión inicial, al usar miembros estructurales sobredimensionados, debido a que los costos de construcción se basan en el peso del acero, así como también en los gastos de operación de la embarcación.

Calcular la estructura de un barco presenta grandes dificultades, debido a la gran complejidad tanto de la estructura como del tipo de cargas que se presentan, es por esto que podemos aplicar criterios probabilísticos basados en experiencia, como lo son los métodos de las sociedades clasificadoras, permitiéndonos evaluar la integridad estructural de una embarcación con un alto margen de seguridad.

El objetivo general de este trabajo es analizar los niveles de esfuerzos y deformaciones producidos en una embarcación fluvial en condiciones características de carga.

Con este trabajo se logrará un adecuado adiestramiento y una buena experiencia en el desarrollo de modelos estructurales de embarcaciones fluviales utilizando el método de elementos finitos y de esta manera, en un futuro se podrán modelar estructuras de embarcaciones más complejas.

Para llevar a cabo el estudio se utilizará el software de elementos finitos ANSYS, haciendo previamente una revisión completa del método de elementos finitos y de las teorías pertinentes de resistencia de materiales, tanto para el caso de vigas como planchas.

MARCO TEÓRICO

El Método de los Elementos Finitos (MEF), es un método numérico para la resolución de sistemas de ecuaciones en derivadas parciales. Su desarrollo desde los años cincuenta hasta la actualidad ha sido constante y actualmente puede considerarse como el método de análisis numérico más extendido en la mayoría de los ámbitos de la ingeniería. Un programa de cálculo por elementos finitos consta de tres módulos bien diferenciados: el Pre-procesador, el Módulo de análisis y el Post-procesador. En el Pre-procesador se hace el modelado, se definen las propiedades del material, se define el tipo de elemento, las características del elemento y la discretización (malla de elementos finitos) realizada para resolver el problema. En el Módulo de análisis (Solver), primero se elige el tipo de análisis a realizar, luego se aplican las cargas y condiciones de contorno del problema a analizar, para finalmente resolverlo. En el Post-procesador se pueden visualizar los resultados del problema, se pueden presentar los desplazamientos de los nodos, los mapas de tensiones y deformaciones, la configuración deformada del sólido, gráficas de evolución de cualquiera de las variables analizadas, etc. [1] [2].

PROCEDIMIENTO

El presente proyecto abarca las modelaciones de 2 embarcaciones fluviales, un catamarán y una chata.

Chata

Se modelará esta embarcación para navegar en el río Apurímac y poder transportar 2 camionetas con carga, con un peso total de 15 toneladas cada una.

Modelo geométrico del buque

Esta embarcación fluvial tiene las siguientes características:

$$L = 15.8 \text{ m}; B = 4 \text{ m}; D = 1 \text{ m}.$$

Con un módulo de sección: $S = 0.868 \text{ m}^2$

El ancho estándar de cada camioneta es de 1.7 m, por ello la manga se diseñó de 4 m; en épocas de sequías la profundidad mínima del río es 1.5 m y en épocas de lluvia tiene una profundidad máxima de 3.5 m.

Se modeló la embarcación como superficie en el programa Rhinoceros (ver Figura 1 y 2), luego se exportó al programa ANSYS14.0 (ver Figura 3). [3] [4].

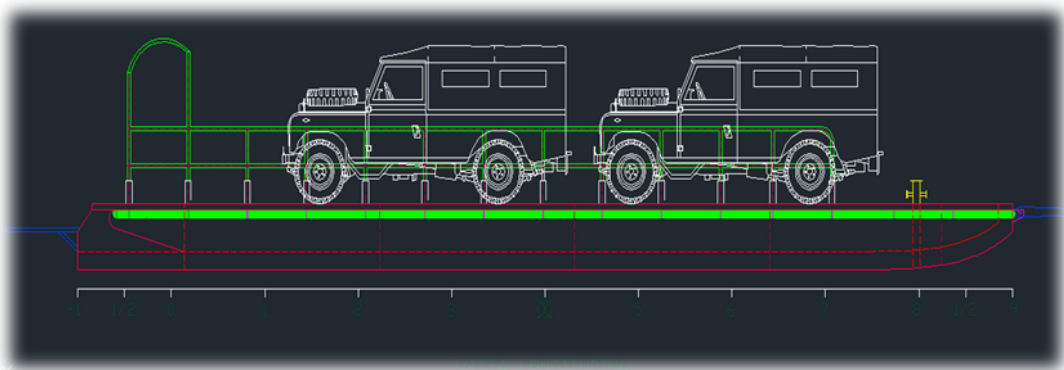


Figura 1: Vista Longitudinal

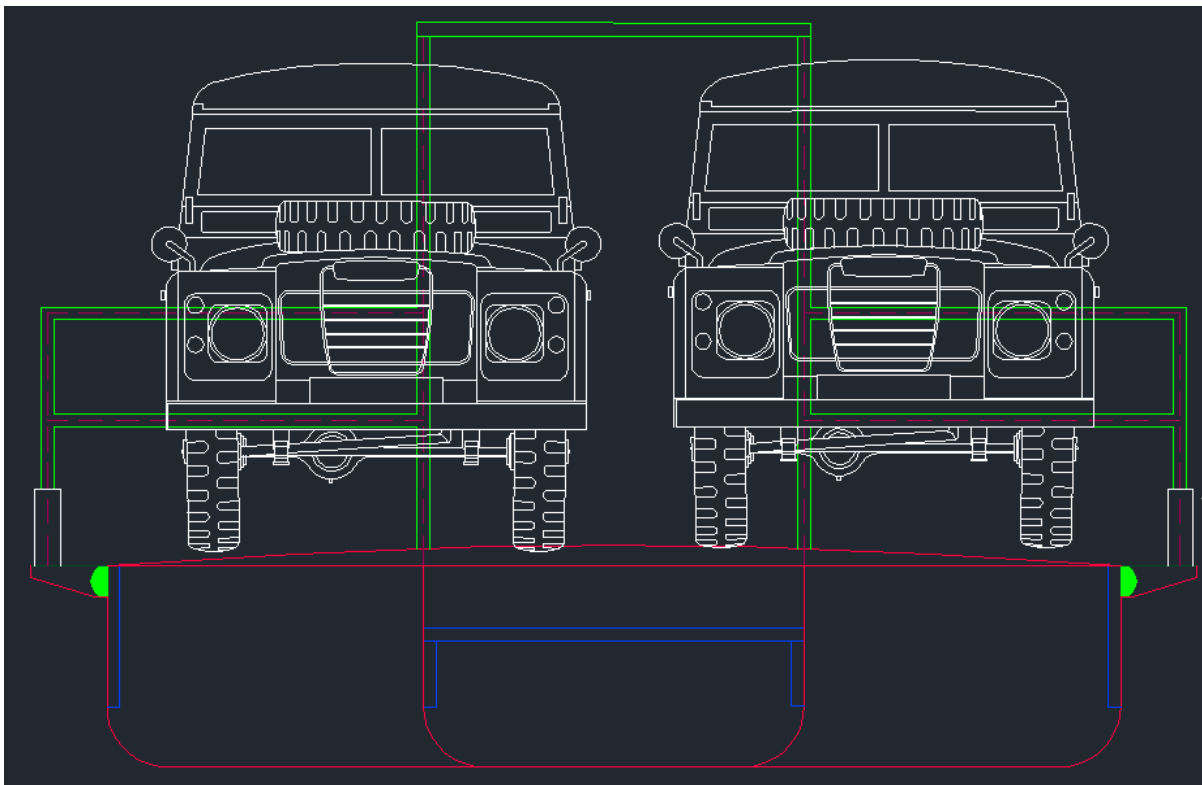


Figura 2: Vista Transversal

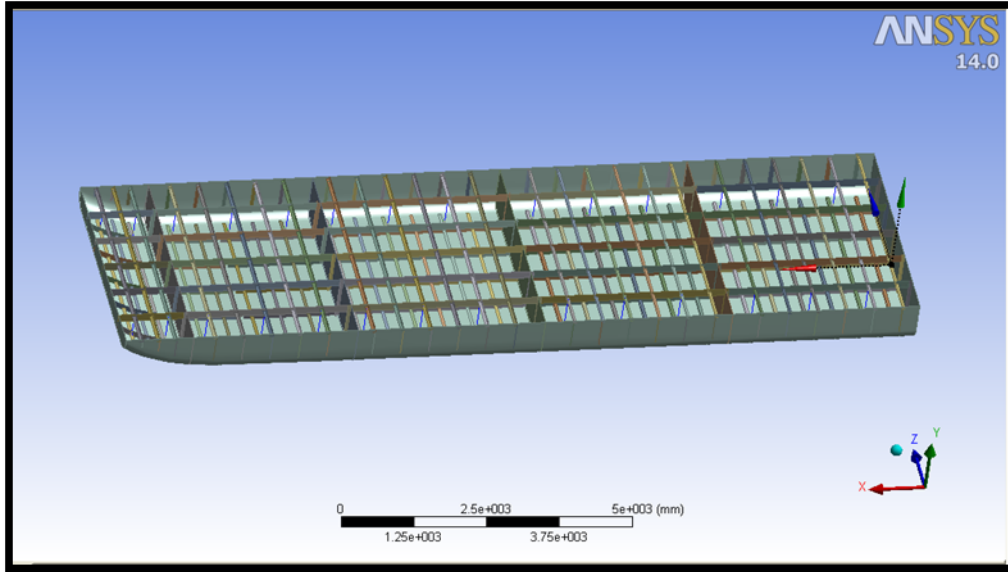


Figura 3: Modelo Estructural

Análisis de la embarcación

Se aplicaron las siguientes condiciones de contorno a la embarcación:

- Presiones hidrostáticas (ver Figura 4), teniendo en cuenta el calado de diseño para su máxima carga.

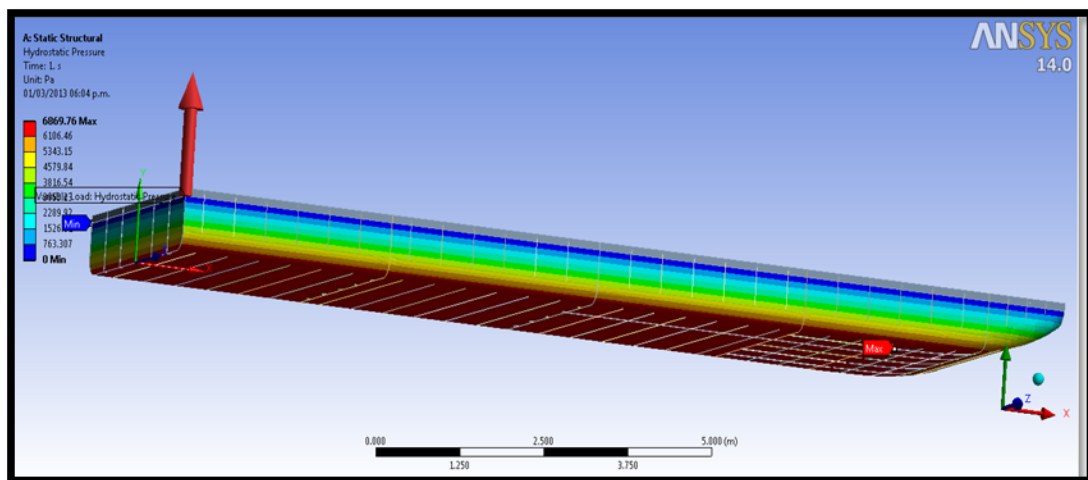


Figura 4: Modelado de calado de diseño

- Modelando los resortes en los nodos donde se intersecan los refuerzos con los mamparos (ver Figura 5).

Estos resortes nos permiten restringir el movimiento en el eje vertical y también rigidiza la embarcación para que pueda rodar. Tipo de elemento “combin14”.

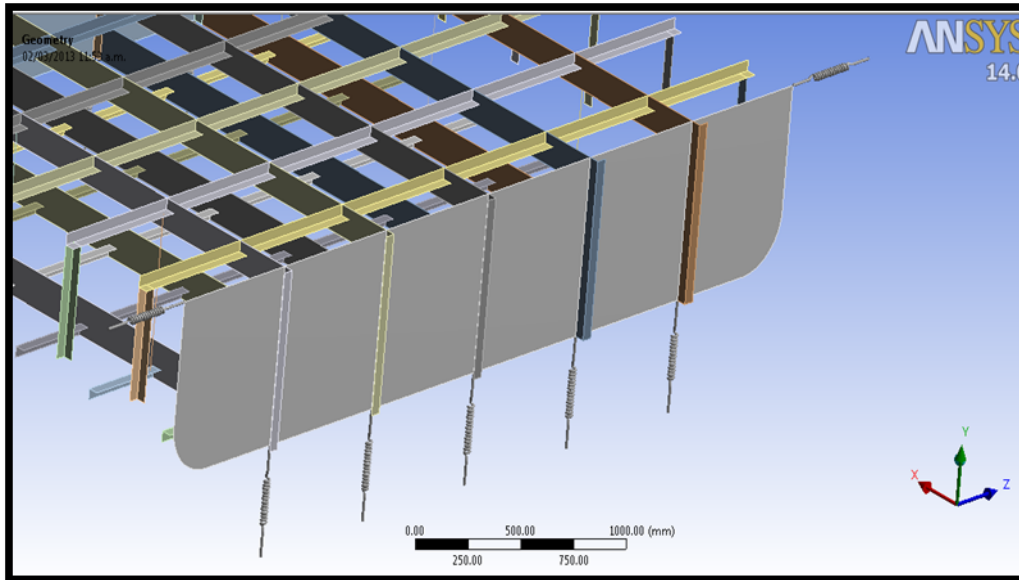


Figura 5: Resortes en Mamparos con refuerzos

El tipo de malla que vamos a utilizar es para un elemento forro (element shell) es de 4 nodos y en las zonas finas de 3 nodos. Para una mejor convergencia se optimizó con un tamaño máximo de malla de 20 mm de nodo a nodo. Como vemos en la Figura 6.

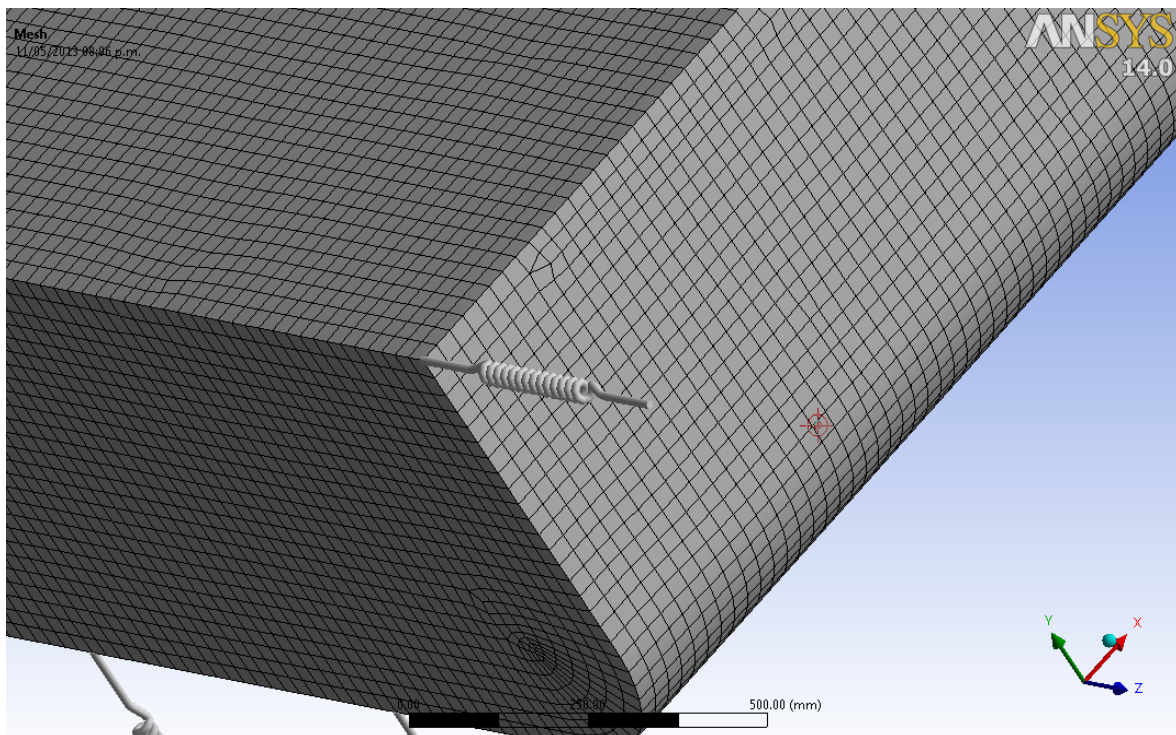


Figura 6: Tipo de enmallado

Para tener una mejor convergencia en los resultados, las alas del perfil a ángulo tienen que tener un mínimo de 3 nodos como vemos en la Figura 7. En los perfiles estructurales y en el casco se usará el elemento SHELL 181 y en los puntales el elemento BEAM.

El elemento viga (element beam), se define con 2 nodos y representan miembros estructurales secundarios, que soporten cargas concentradas. El elemento forro (element Shell 181), es adecuado para el análisis de estructuras de forro con espesor delgado a moderadamente grueso.

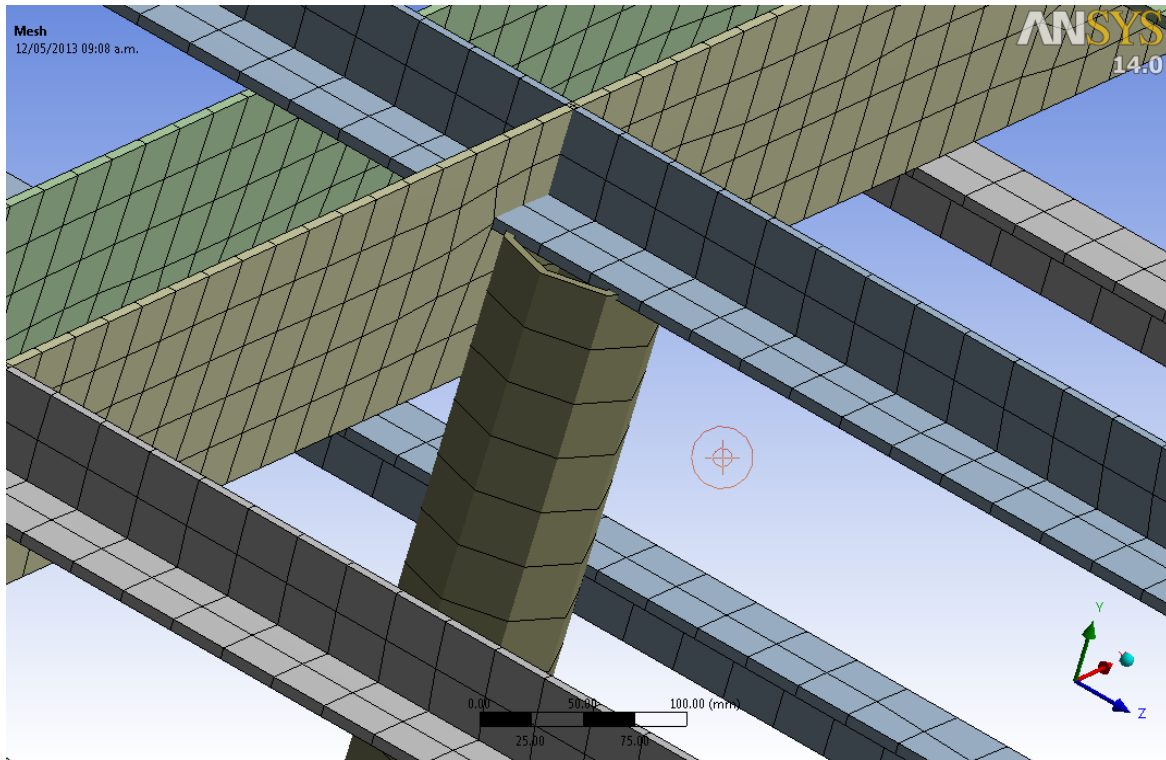


Figura 7: Tipo de elementos

Sucesivamente se modeló la carga de las 2 camionetas con carga, cada una con 15 toneladas. Se distribuyó la carga en la parte apoyada de las llantas sobre la cubierta (ver Figura 8). Hay un total de 8 apoyos, cada uno soporta 37500 N.

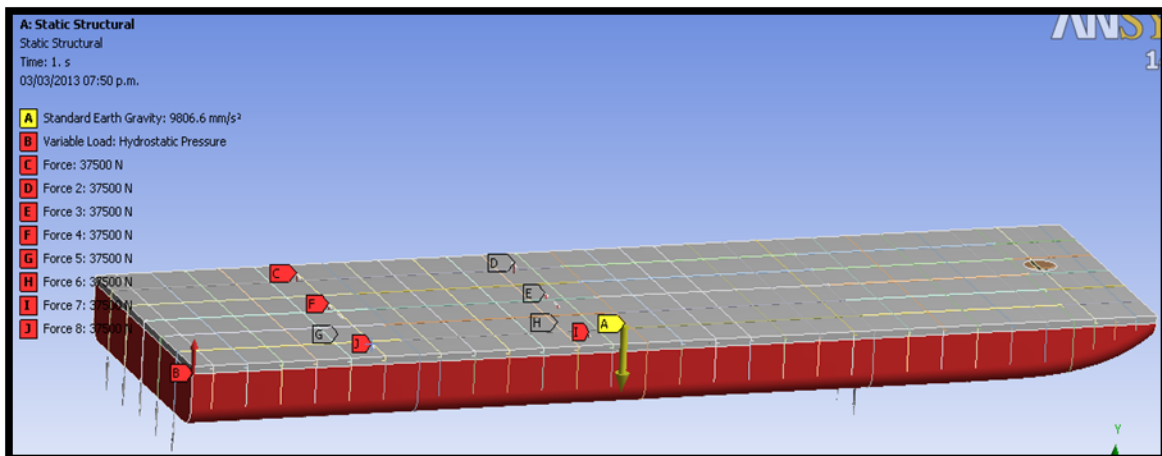


Figura 8: Distribución de Fuerzas

Simulando se [6] obtuvieron esfuerzos máximos de 1243.7 MPa, según los colores indicados (ver Figura 9), pero mayormente toda la embarcación está sometida a esfuerzos inferiores a 140 MPa.

Este esfuerzo máximo ocurre en la cubierta (ver Figura 10), como la fuerza está concentrada en una área pequeña (tiende a cero), por ello el esfuerzo tiende a diverger.

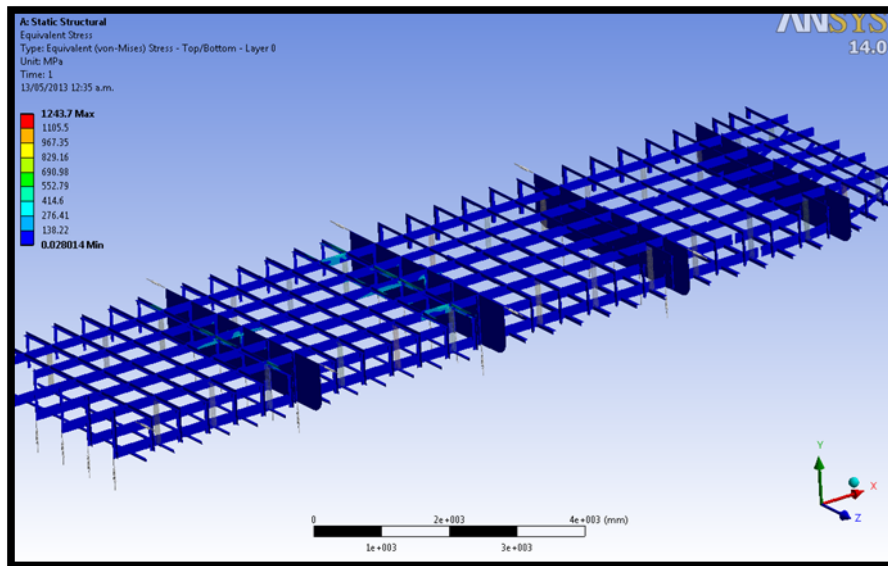


Figura 9: Diagrama de esfuerzos

Estamos trabajando aproximadamente con un factor de seguridad F.S. = 2. En los puntos rojos (ver Figura 10) es donde actúan las fuerzas puntuales de la llanta del carro con carga.

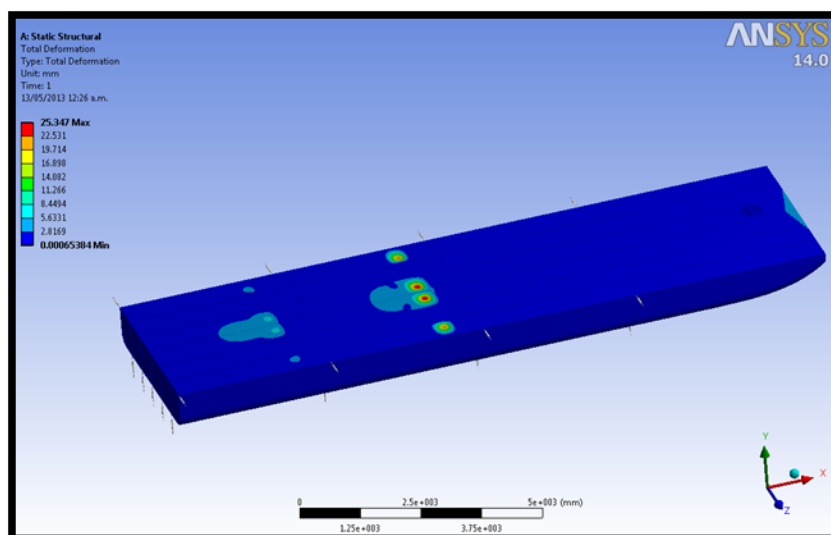


Figura 10: Deformaciones en el casco

Catamarán

Se modelará esta embarcación para navegar en el río Madre de Dios, en Puerto Maldonado y poder transportar 11 toneladas de combustible.

Modelo geométrico del buque

Esta embarcación fluvial, tiene las siguientes características:

$$L = 19.5 \text{ m}; B = 2.9 \text{ m}; D = 1.2 \text{ m}$$

Se hizo la geometría en el programa Rhinoceros (ver Figura 11), el escantillonado se hizo usando la norma ABS [5]. En la parte central se modelaron 3 vigas carrileras las cuales soportarán el tanque de combustible de 11 toneladas.

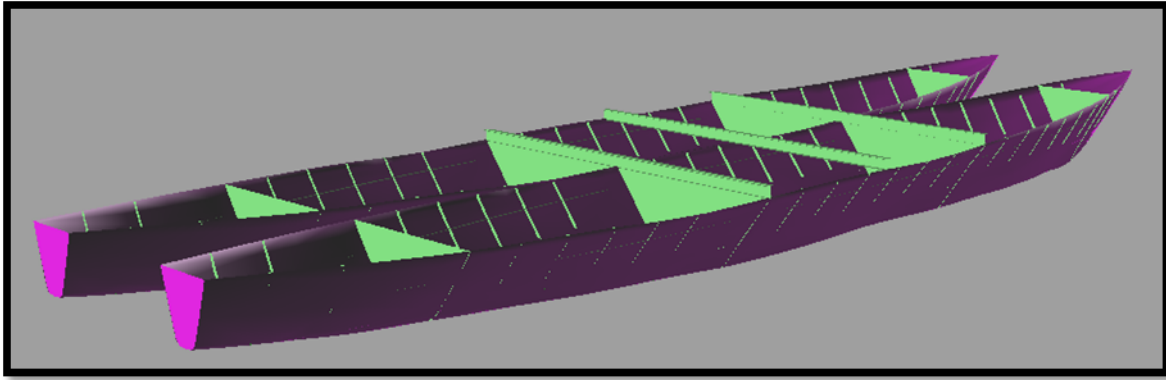


Figura 11: Modelado del catamarán

Análisis de la embarcación

En base a los cálculos hechos, mediante las curvas hidrostáticas para una determinada carga máxima obtuvimos un calado de diseño de 0.5 m.

Se aplicaron las siguientes condiciones de contorno a la embarcación:

- Presiones hidrostáticas (ver Figura 12), teniendo en cuenta el calado de diseño para su máxima carga.

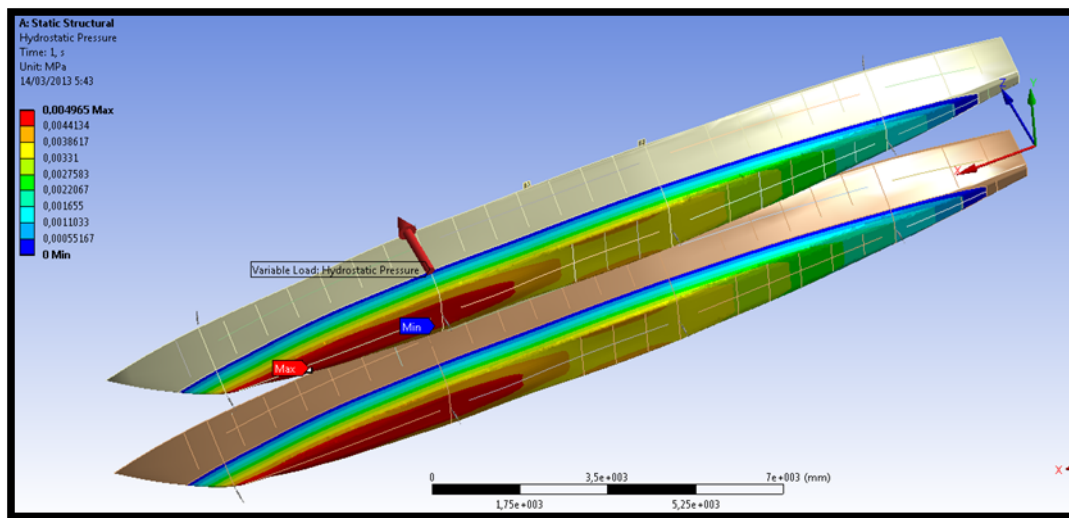


Figura 12: Modelado del calado de diseño

- Los resortes, estos permiten dar una mayor rigidez a la embarcación. Son colocados en los mamparos longitudinalmente y transversalmente. Restringen el movimiento vertical a la embarcación.

El tipo de malla que vamos a utilizar es para un elemento forro (element shell) de 4 nodos y en las zonas finas de 3 nodos. Para una mejor convergencia se optimizó con un tamaño máximo de malla de 25 mm de nodo a nodo. Como vemos en la Figura 13.

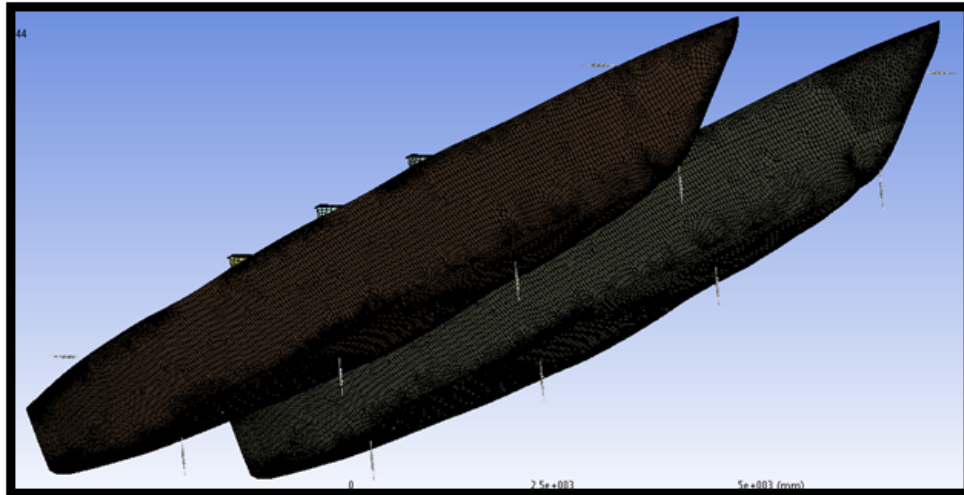


Figura 13: Enmallado

Luego se modeló la carga del combustible como una distribuida en las tres vigas carrileras (ver Figura 14).

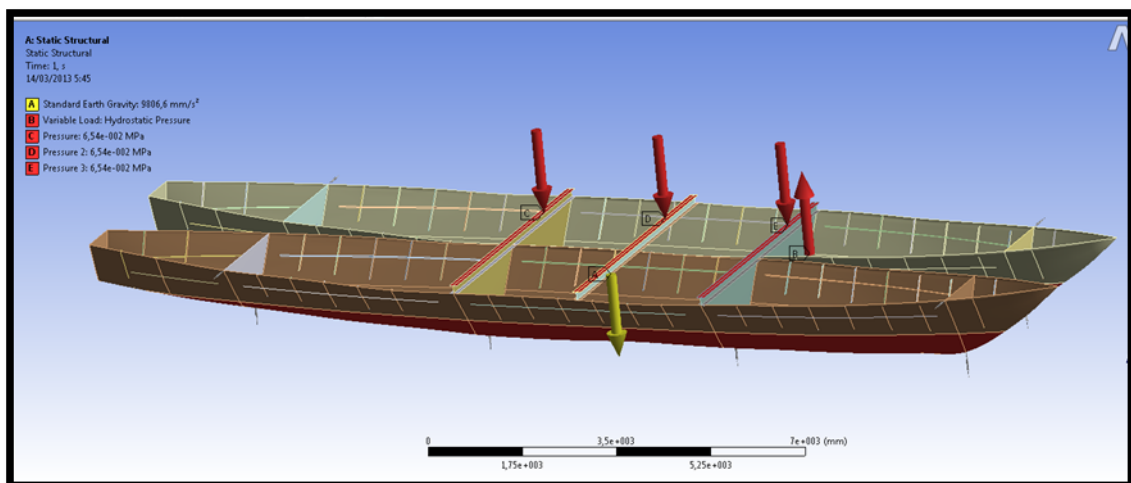


Figura 14: Distribución de fuerzas

Simulando con espesores menores dadas por la norma ABS, obtenemos que el casco sufre deformaciones de 4 mm en el fondo, 3.1 mm en los costados y con refuerzos de 4 mm se obtuvo deformaciones como máximo de 6.15 mm y un esfuerzo máximo de 100 MPa. Los resultados pueden verse en la Figura 15, 16 y 17.

Este esfuerzo máximo ocurre porque hay concentración de fuerzas en un punto.

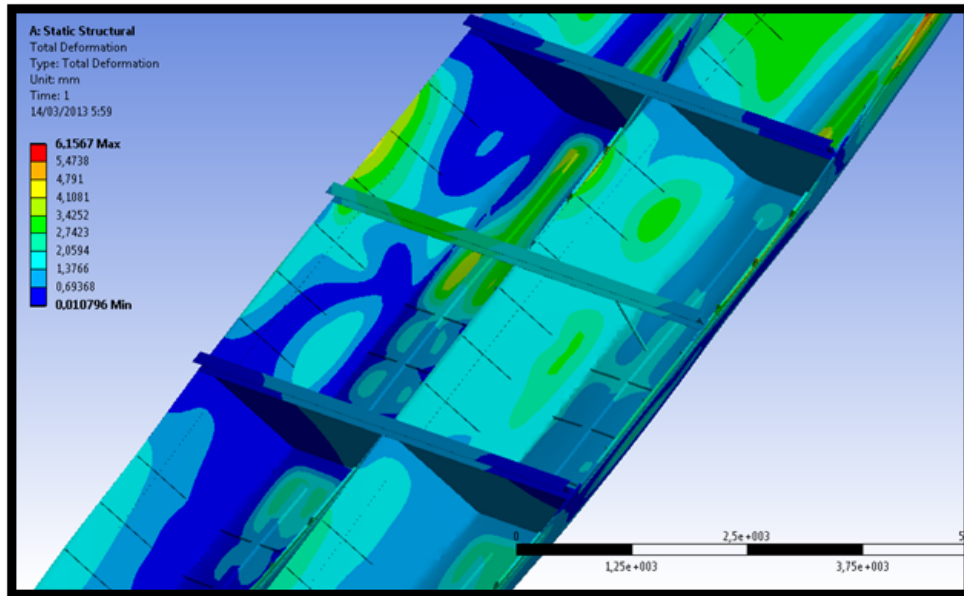


Figura 15: Deformación en la sección central

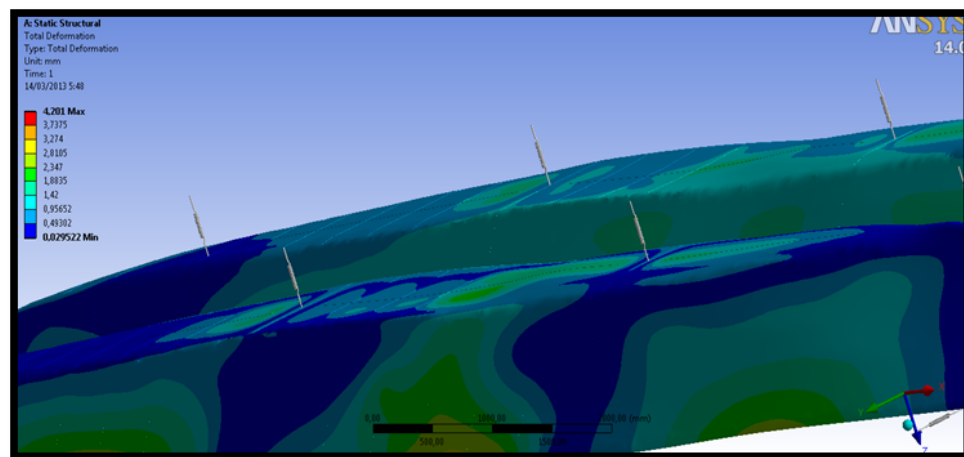


Figura 16: Deformación en el fondo

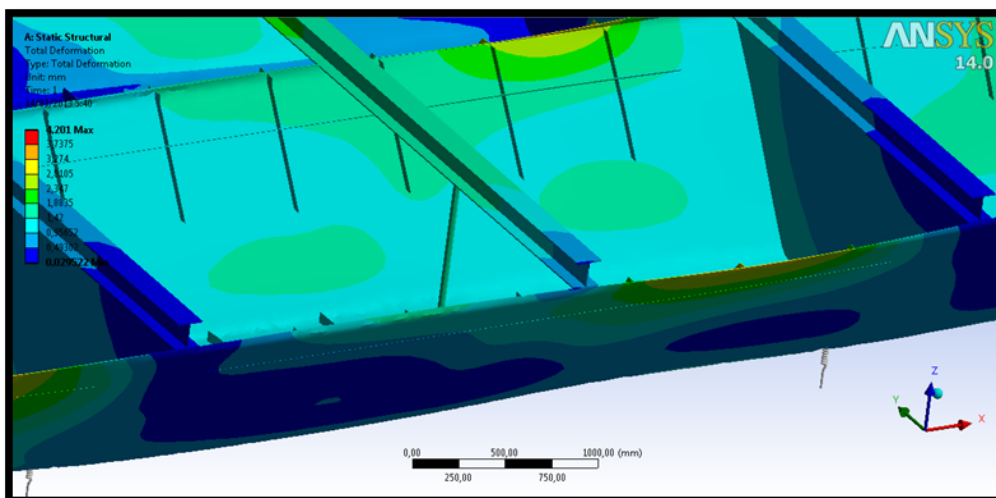


Figura 17: Deformación en las Vigas con puntales

CONCLUSIONES

- Se logró modelar completamente de una manera adecuada la estructura de la barcaza fluvial, dibujando en Rhinoceros y analizándola en ANSYS.
- Se logró optimizar el factor de seguridad dado por las normas en el registro ABS.
- Se obtuvo el comportamiento estructural de las embarcaciones fluviales de acuerdo al tipo de carga a transportar.

REFERENCIAS

- [1] Williams, “Calculo de resistencia de estructuras de buques”, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 1998.
- [2] Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L., “El Método de los Elementos Finitos. Vol 2, Mecánica de Sólidos”, CIMNE-McGraw Hill, Barcelona, 1994
- [3] Tutoriales de ANSYS (<http://www.kxcad.net/ansys/>)
- [4] Letcher, J. S., “Principles of Naval Architecture Series: The Geometry of Ships”, J. R. Paulling Ed., New Jersey, Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2009
- [5] American Bureau of Shipping (2008), “Rules for Building and Classing, Steel Vessels, Part 3, Hull Construction and equipment”, American Bureau of Shipping, Houston.
- [6] Mansour, A., Liu, D., “The Principles of Naval Architecture Series: Strength of Ships and Ocean Structures”, J. R. Paulling Ed., New Jersey, Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2009