



UNIVERSIDAD DEL SOL

Creada por Ley N° 4263

Aprobada por el Consejo de Universidades por Resolución N° 10/2010

“IMPLEMENTACIÓN DE LINEAMIENTOS PARA LA ADECUACIÓN DE SISTEMAS DE LUCHA CONTRA INCENDIO EXTERNO Y CONTROL DE CONTAMINACIÓN EN UN REMOLCADOR DE EMPUJE, 2025”

Nachajón Calonga, Jorge
Cabral Maciel, Matías
Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad del Sol. Asunción. Paraguay
Nachajon2@gmail.com
mcabral504@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general establecer lineamientos orientados a la adecuación e integración de sistemas de lucha contra incendios externos y control de contaminación en remolcadores de empuje operativos en la ciudad de Asunción durante el año 2025. La metodología aplicada respondió a un enfoque cualitativo, con un nivel descriptivo y propositivo, de tipo transversal. Se emplearon técnicas como la entrevista semiestructurada dirigida a expertos técnicos y operativos, así como el análisis documental de fuentes normativas y técnicas vigentes. Entre los hallazgos más relevantes, se identificó la ausencia de un protocolo integral y específico adaptado a las características estructurales y operativas de los remolcadores fluviales, lo que representa una debilidad tanto en la prevención de incidentes como en la respuesta ante emergencias. Asimismo, se evidenció la necesidad de reforzar la estructura para la instalación segura de bombas y monitores de agua, integrar sistemas de detección temprana y adoptar tecnologías de control de contaminación como skimmers y barreras flotantes. El aporte sustancial de esta investigación consistió en la formulación de un conjunto de lineamientos técnicos estructurados, factibles y adaptables a las condiciones locales, con base en normativas internacionales como OMI, SOLAS y MARPOL. Se concluyó que su implementación permitirá optimizar recursos, reducir costos operativos a largo plazo y elevar significativamente los estándares de seguridad y sostenibilidad ambiental en el transporte fluvial. La propuesta posiciona a la empresa como pionera en la región en innovación y cumplimiento ambiental en remolcadores de empuje.

Palabras clave: Control de Contaminación. Implementación. Lineamientos. Remolcador de Empuje. Sistemas de Lucha contra Incendios Externos.



UNIVERSIDAD DEL SOL

Creada por Ley N° 4263

Aprobada por el Consejo de Universidades por Resolución N° 10/2010

ABSTRACT

This research aimed to establish guidelines for the adaptation and integration of external fire-fighting systems and pollution control in push tugboats operating in the city of Asunción during the year 2025. The applied methodology followed a qualitative approach, with a descriptive and propositional level, and a cross-sectional design. Techniques included semi-structured interviews with technical and operational experts, as well as documentary analysis of current normative and technical sources. Among the most relevant findings was the absence of a comprehensive and specific protocol adapted to the structural and operational characteristics of river tugboats, representing a weakness in both incident prevention and emergency response. Furthermore, the need to reinforce the structure for the safe installation of pumps and water monitors, integrate early detection systems, and adopt pollution control technologies such as skimmers and floating barriers was evident. The main contribution of this study was the formulation of a set of structured, feasible, and locally adaptable technical guidelines based on international regulations such as IMO, SOLAS, and MARPOL. It was concluded that their implementation would optimize resources, reduce long-term operational costs, and significantly raise safety and environmental sustainability standards in inland waterway transport. The proposal positions the company as a regional pioneer in innovation and environmental compliance in push tugboat operations.

Keywords: Pollution Control. Implementation. Guidelines. Push Tugboat. External Fire-Fighting Systems.



UNIVERSIDAD DEL SOL

Creada por Ley N° 4263

Aprobada por el Consejo de Universidades por Resolución N° 10/2010

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la navegación fluvial ha cobrado una importancia estratégica en Paraguay debido al crecimiento del comercio regional y la necesidad de contar con medios de transporte eficientes y sostenibles. En este contexto, los remolcadores de empuje cumplen un rol más que importante a lo largo de la hidrovía Paraguay-Paraná. Sin embargo, pese a su protagonismo, estos buques suelen operar con limitaciones técnicas en cuanto a medidas de seguridad activa, particularmente en lo que refiere a sistemas de lucha contra incendios externos y control de contaminación ambiental. Esta situación plantea riesgos operativos y medioambientales que podrían evitarse mediante una adecuación tecnológica y estructural planificada.

La problemática identificada radica en la ausencia de lineamientos específicos para integrar dichos sistemas dentro de las características propias de los remolcadores de empuje que operan en el ámbito local. Las embarcaciones carecen, en su mayoría, de monitores de agua de largo alcance, bombas de alta capacidad independientes del sistema principal, o estructuras reforzadas para la instalación segura de equipos. Asimismo, las capacidades para contener y controlar derrames de hidrocarburos son limitadas, con equipamientos que no responden a estándares internacionales exigidos por convenios como SOLAS o MARPOL. Esta situación se agrava al considerar que los ríos por donde circulan estos convoyes atraviesan zonas de gran sensibilidad ecológica.

El presente estudio tiene como objetivo general establecer lineamientos orientados a la adecuación e integración de sistemas de lucha contra incendios externos y control de



UNIVERSIDAD DEL SOL

Creada por Ley N° 4263

Aprobada por el Consejo de Universidades por Resolución N° 10/2010

contaminación en remolcadores de empuje operativos en la ciudad de Asunción, durante el año 2025

La originalidad de esta investigación radica en el enfoque aplicado al contexto paraguayo, donde hasta el momento no se han desarrollado lineamientos específicos que permitan adaptar tecnologías internacionales a las embarcaciones de empuje que operan localmente. Si bien existen antecedentes normativos y técnicos en otras latitudes, la propuesta aquí presentada se construyó a partir de un análisis integral de la estructura y operativa fluvial nacional, lo que garantiza su pertinencia y aplicabilidad.

Finalmente, la importancia del estudio se encuentra en su capacidad de contribuir a una navegación más segura, eficiente y ambientalmente responsable. Los lineamientos propuestos ofrecen una respuesta concreta a una necesidad operativa real y, al mismo tiempo, posicionan a la empresa naviera como pionera en prácticas sostenibles e innovadoras dentro del sector. Además, su implementación aportaría al cumplimiento normativo internacional, a la reducción de costos operativos por incidentes evitables, y al fortalecimiento de la reputación institucional ante organismos reguladores y clientes internacionales.

2.MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación utilizó un enfoque cualitativo, diseñado para explorar y describir las condiciones técnicas, normativas y operativas necesarias para la implementación de sistemas de lucha contra incendios externos y control de contaminación en remolcadores de empuje, en la ciudad de Asunción, durante el año 2025. Esta metodología permitió comprender la realidad de las



UNIVERSIDAD DEL SOL

Creada por Ley N° 4263

Aprobada por el Consejo de Universidades por Resolución N° 10/2010

operaciones fluviales desde la experiencia directa de actores clave, a fin de proponer lineamientos adaptados al contexto local. El enfoque cualitativo se caracteriza por estudiar fenómenos en su entorno natural, priorizando la interpretación de significados desde la perspectiva de los participantes (1). El estudio se apoyó en técnicas de recolección de datos no numéricos, como entrevistas y revisión documental, para captar con profundidad la complejidad de los factores implicados.

El nivel de investigación fue descriptivo-propositivo. La investigación descriptiva busca especificar características relevantes de un fenómeno, mientras que la propositiva permite generar soluciones o propuestas a partir de dicha descripción (2). En este caso, se describieron tanto las condiciones estructurales del remolcador como los requisitos técnicos y legales vigentes, lo que posibilitó formular lineamientos viables de implementación.

La unidad de análisis estuvo conformada por remolcadores de empuje operativos en la hidrovía Paraguay-Paraná, y el estudio se centró en expertos del ámbito técnico-operativo naval. La muestra se conformó por cuatro a seis especialistas seleccionados intencionalmente, incluyendo jefes de flota, ingenieros navales y responsables de seguridad operativa, quienes fueron entrevistados mediante una guía semiestructurada. Además, se realizó un análisis documental de normativas internacionales como SOLAS, MARPOL y OMI, junto con informes técnicos de proyectos afines.

La información recolectada fue tratada de forma confidencial, garantizando el anonimato de los participantes. Los datos se utilizaron exclusivamente con fines investigativos y fueron



UNIVERSIDAD DEL SOL

Creada por Ley N° 4263

Aprobada por el Consejo de Universidades por Resolución N° 10/2010

resguardados conforme a principios éticos y estándares de integridad académica. La validación se fortaleció mediante triangulación entre entrevistas y fuentes documentales, asegurando la coherencia y pertinencia de los hallazgos.

3.RESULTADOS

Los resultados del primer objetivo específico permitieron Identificar que los remolcadores de empuje contaban con sistemas integrales de lucha contra incendios que incluían sensores de humo, calor y CO₂, paneles de alarma, baterías de CO₂, extintores portátiles, bombas de agua principales y auxiliares, y motobombas portátiles. Sin embargo, se observaron diferencias en capacidades y niveles de modernización entre unidades. Los entrevistados coincidieron en la importancia de procedimientos como el zafarrancho de incendio y la comunicación con autoridades y embarcaciones cercanas. Entre los principales desafíos técnicos se destacaron la detección temprana, la respuesta automatizada eficaz, la capacitación continua del personal y la integración tecnológica. La revisión documental reforzó estos hallazgos, sugiriendo la incorporación de monitores remotos, sistemas *water spray* y controles desde el puente de mando, alineados con normativas internacionales, lo que confirmó la necesidad de estandarizar y actualizar los sistemas disponibles.

Los resultados del segundo objetivo específico evidenciaron la existencia de sistemas progresivamente estructurados para la prevención y control de la contaminación en remolcadores de empuje. Las entrevistas confirmaron el uso generalizado de tanques de decantación, separadores de aguas oleosas, barreras de contención y kits de respuesta rápida, con variaciones según el nivel



UNIVERSIDAD DEL SOL

Creada por Ley N° 4263

Aprobada por el Consejo de Universidades por Resolución N° 10/2010

de tecnificación y capacidad operativa. Se constató la aplicación de protocolos normativos como el SOPEP y procedimientos internos que guiaban la gestión de residuos líquidos, respaldados por planes de emergencia y simulacros regulares. El nivel de cumplimiento variaba, pero todos coincidieron en la necesidad de actualización tecnológica y formación continua. La revisión documental complementó estos hallazgos, destacando mecanismos como barreras flotantes, *skimmers*, absorbentes y tanques de almacenamiento como tecnologías eficaces. Se concluyó que la combinación de preparación técnica, equipos adecuados y procedimientos normalizados fortalecía la respuesta ante derrames y garantizaba la protección ambiental.

Los resultados del tercer objetivo específico permitieron Identificar las condiciones esenciales para una implementación efectiva, sostenible y aplicable de los sistemas de control de incendios y contaminación en remolcadores de empuje. Las entrevistas revelaron que la estructura de los remolcadores permitía incorporar nuevas tecnologías sin modificaciones significativas, siempre que se realizaran evaluaciones técnicas previas. Se consideró indispensable la capacitación continua del personal, el cumplimiento normativo, el mantenimiento periódico, la integración con otros sistemas de seguridad y el monitoreo ambiental constante. También se constató la existencia de acompañamiento técnico e institucional por parte de organismos nacionales e internacionales, que facilitaban la formación, supervisión y mejora continua. Por último, se identificó que la motivación empresarial para invertir en estos sistemas provenía tanto de la conciencia sobre la protección de la vida humana como del valor estratégico que aportaba en términos de imagen, cumplimiento regulatorio, sostenibilidad operativa y ventaja competitiva.



UNIVERSIDAD DEL SOL

Creada por Ley N° 4263

Aprobada por el Consejo de Universidades por Resolución N° 10/2010

En el marco del cuarto objetivo específico, se establecieron lineamientos técnicos orientados a la integración de sistemas de lucha contra incendios externos y control de contaminación, adaptados a las condiciones estructurales y operativas de los remolcadores de empuje. Se definió la instalación de bombas de alta capacidad, monitores remotos, sistemas *water spray* y capacitación continua como ejes para reforzar la seguridad ante siniestros. En materia ambiental, se propuso la dotación de barreras flotantes, *skimmers*, dispersantes, absorbentes y tanques de decantación, con especificaciones técnicas alineadas a MARPOL y OMI. Asimismo, se plantearon medidas de integración estructural, como refuerzos en zonas críticas y actualización documental del SOPEP y el SGS. Estas propuestas buscaron garantizar operatividad, sostenibilidad y cumplimiento normativo, mejorando la preparación ante emergencias y posicionando a las embarcaciones como unidades fluviales seguras, eficientes y ambientalmente responsables dentro de la hidrovía Paraguay-Paraná.

Finalmente, el objetivo general del estudio permitió establecer lineamientos técnicos y operativos para adecuar e integrar sistemas de lucha contra incendios externos y control de contaminación en remolcadores de empuje en Asunción. Se identificaron condiciones estructurales favorables para su implementación, así como la necesidad de cumplir con normativas internacionales y fortalecer la capacitación del personal. Se propusieron soluciones viables como bombas, monitores, *skimmers*, barreras y sistemas de almacenamiento, integrados al plan operativo y documental. Los lineamientos diseñados garantizaron una aplicación efectiva, segura y sostenible en el contexto fluvial, elevando los estándares de seguridad y protección ambiental de la navegación en el país.



UNIVERSIDAD DEL SOL

Creada por Ley N° 4263

Aprobada por el Consejo de Universidades por Resolución N° 10/2010

4.CONCLUSIONES

Los resultados del primer objetivo específico permiten Identificar que los remolcadores de empuje cuentan con sistemas integrales de lucha contra incendios que incluyen sensores de humo, calor y CO₂, paneles de alarma, baterías de CO₂, extintores portátiles, bombas de agua principales y auxiliares, y motobombas portátiles. Sin embargo, se observan diferencias en capacidades y niveles de modernización entre unidades. Los entrevistados coinciden en la importancia de procedimientos como el zafarrancho de incendio y la comunicación con autoridades y embarcaciones cercanas. Entre los principales desafíos técnicos se destacan la detección temprana, la respuesta automatizada eficaz, la capacitación continua del personal y la integración tecnológica. La revisión documental refuerza estos hallazgos, sugiere la incorporación de monitores remotos, sistemas *water spray* y controles desde el puente de mando, alineados con normativas internacionales, lo que confirma la necesidad de estandarizar y actualizar los sistemas disponibles.

Los resultados del segundo objetivo específico evidencian la existencia de sistemas progresivamente estructurados para la prevención y control de la contaminación en remolcadores de empuje. Las entrevistas confirman el uso generalizado de tanques de decantación, separadores de aguas oleosas, barreras de contención y kits de respuesta rápida, con variaciones según el nivel de tecnificación y capacidad operativa. Se constata la aplicación de protocolos normativos como el SOPEP y procedimientos internos que guían la gestión de residuos líquidos, respaldados por planes de emergencia y simulacros regulares. El nivel de cumplimiento varía, pero todos coinciden en la necesidad de actualización tecnológica y formación continua. La revisión documental



UNIVERSIDAD DEL SOL

Creada por Ley N° 4263

Aprobada por el Consejo de Universidades por Resolución N° 10/2010

complementa estos hallazgos, destacando mecanismos como barreras flotantes, *skimmers*, absorbentes y tanques de almacenamiento como tecnologías eficaces. Se concluye que la combinación de preparación técnica, equipos adecuados y procedimientos normalizados fortalece la respuesta ante derrames y garantiza la protección ambiental.

Los resultados del tercer objetivo específico permiten Identificar las condiciones esenciales para una implementación efectiva, sostenible y aplicable de los sistemas de control de incendios y contaminación en remolcadores de empuje. Las entrevistas revelan que la estructura de los remolcadores permite incorporar nuevas tecnologías sin modificaciones significativas, siempre que se realicen evaluaciones técnicas previas. Se considera indispensable la capacitación continua del personal, el cumplimiento normativo, el mantenimiento periódico, la integración con otros sistemas de seguridad y el monitoreo ambiental constante. También se constata la existencia de acompañamiento técnico e institucional por parte de organismos nacionales e internacionales, que facilitan la formación, supervisión y mejora continua. Por último, se identifica que la motivación empresarial para invertir en estos sistemas proviene tanto de la conciencia sobre la protección de la vida humana como del valor estratégico que aporta en términos de imagen, cumplimiento regulatorio, sostenibilidad operativa y ventaja competitiva.

En el marco del cuarto objetivo específico, se establecen lineamientos técnicos orientados a la integración de sistemas de lucha contra incendios externos y control de contaminación, adaptados a las condiciones estructurales y operativas de los remolcadores de empuje. Se define la instalación de bombas de alta capacidad, monitores remotos, sistemas *water spray* y capacitación continua como ejes para reforzar la seguridad ante siniestros. En materia ambiental,



UNIVERSIDAD DEL SOL

Creada por Ley N° 4263

Aprobada por el Consejo de Universidades por Resolución N° 10/2010

se propone la dotación de barreras flotantes, *skimmers*, dispersantes, absorbentes y tanques de decantación, con especificaciones técnicas alineadas a MARPOL y OMI. Asimismo, se plantean medidas de integración estructural, como refuerzos en zonas críticas y actualización documental del SOPEP y el SGS. Estas propuestas buscan garantizar operatividad, sostenibilidad y cumplimiento normativo, mejoran la preparación ante emergencias y posicionan a las embarcaciones como unidades fluviales seguras, eficientes y ambientalmente responsables dentro de la hidrovía Paraguay-Paraná.

Finalmente, el objetivo general del estudio permite Establecer lineamientos técnicos y operativos para adecuar e integrar sistemas de lucha contra incendios externos y control de contaminación en remolcadores de empuje en Asunción. Se identifican condiciones estructurales favorables para su implementación, así como la necesidad de cumplir con normativas internacionales y fortalecer la capacitación del personal. Se proponen soluciones viables como bombas, monitores, *skimmers*, barreras y sistemas de almacenamiento, integrados al plan operativo y documental. Los lineamientos diseñados garantizan una aplicación efectiva, segura y sostenible en el contexto fluvial, elevando los estándares de seguridad y protección ambiental de la navegación en el país.

5.BIBLIOGRAFÍA



UNIVERSIDAD DEL SOL

Creada por Ley N° 4263

Aprobada por el Consejo de Universidades por Resolución N° 10/2010

- 1- Creswell JW, Creswell JD. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. 5th ed. SAGE Publications; 2018.
- 2- Sampieri RH, Collado CF, Lucio PB. *Metodología de la investigación*. 6ta ed. McGraw-Hill; 2014.