

Actividades investigadoras enmarcadas en los Trabajos Fin de Grado del curso 2024-2025

Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

MINISTERIO
DE DEFENSA



El Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar (CUD-ENM) contribuye a la formación de los futuros oficiales de los Cuerpos General e Infantería de Marina de la Armada, que acceden sin titulación previa. Para finalizar sus estudios han de presentar Trabajos Fin de Grado (TFG), cuyos resúmenes se presentan en este volumen. Los trabajos, dirigidos por profesores del CUD-ENM, son fruto de investigaciones que pueden ser interesantes no solo para las Fuerzas Armadas, sino también para la sociedad en general. Con este fin se edita esta obra que recoge un resumen breve de los objetivos de cada TFG así como su metodología, resultados y una explicación gráfica.

Actividades investigadoras enmarcadas en los Trabajos Fin de Grado del curso 2024-2025

Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar



MINISTERIO
DE DEFENSA

Catálogo de Publicaciones de Defensa
publicaciones.defensa.gob.es

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado
cpage.mpr.gob.es

Edición científica: Xavier Núñez Nieto

Edita:

MINISTERIO DE DEFENSA
SUBSECRETARÍA DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

Paseo de la Castellana 109, 28046 Madrid

© Autores y editor, 2025

NIPO 083-25-275-2 (edición impresa)
ISBN 978-84-1083-101-8 (edición impresa)

NIPO 083-25-276-8 (edición el línea)

Depósito legal M 27698-2025
Fecha de edición: febrero de 2026
Maqueta e imprime: Imprenta Ministerio de Defensa

Las opiniones emitidas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor de la misma.
Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del copyright ©.

En esta edición se ha utilizado papel procedente de bosques gestionados de forma sostenible y fuentes controladas.

Esta publicación se distribuye bajo licencia CC BY-NC-ND 4.0 que permite compartir el material en cualquier medio o formato con la condición de reconocer adecuadamente la procedencia «Edita: Ministerio de Defensa. Secretaría General Técnica». No se puede modificar. No se puede utilizar con fines comerciales.

publicaciones.defensa.gob.es
cpage.mpr.gob.es

Prólogo



El Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar (CUD-ENM) es un centro universitario público del Ministerio de Defensa, adscrito a la Universidad de Vigo, que comenzó su actividad en el curso académico 2010-2011, en virtud de los dispuesto en el Real Decreto 1723/2008, de 24 de octubre, por el que se crea el sistema de centros universitarios de la defensa. Su objetivo prioritario es la impartición del título de grado en Ingeniería Mecánica (intensificación en Tecnologías Navales), título oficial de dicha universidad, a los futuros oficiales de la Armada de los Cuerpos General e Infantería de Marina que ingresan en la Fuerzas Armadas (FAS) sin titulación previa.

El plan de estudios del grado mencionado contempla la realización de un «Trabajo Fin de Grado» (TFG) dirigido por el profesorado del centro universitario, que, aunque se trata de una actividad académica, conlleva una parte de investigación en campos que pueden ser de interés no solo para las FAS, sino para la sociedad en general. Con el fin de dar difusión a estas actividades, se edita el presente volumen que recoge, para cada TFG realizado durante el curso académico 2024-2025, un resumen breve de sus objetivos, metodología empleada y resultados obtenidos, así como una explicación esquemática en forma gráfica. Debe destacarse que los trabajos presentados en este volumen han sido realizados por

la XI promoción del grado en Ingeniería Mecánica del CUD-ENM, constituyendo, por consiguiente, el undécimo volumen de esta serie que edita el centro. Por otra parte, hay que destacar que el premio al mejor trabajo de fin de grado del centro, distinción creada el pasado curso académico, ha sido otorgado este año a la AF Sara García-Cubillana López.

Los trabajos completos se encuentran accesibles en el siguiente repositorio del centro: http://calderon.cud.uvigo.es, al que se puede acceder libremente.

Información adicional sobre el CUD-ENM o su actividad, tanto académica como de investigación o administrativa, se encuentra accesible en la página web: https://cud.uvigo.es.

José Martín Davila

Director del CUD-ENM

Premio «Mejor Trabajo Fin de Grado»

Reunida la comisión designada al respecto, resultó galardonado con dicha distinción el trabajo que se indica a continuación, que obtuvo la máxima puntuación y fue reconocido con la calificación final de matrícula de honor.

El trabajo premiado:

Título: *Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual*.

Autora: Sara García-Cubillana López.

Directores: Xavier Núñez Nieto y Francisco Troncoso Pastoriza.

Además, cabe destacar los otros dos trabajos finalistas, que también consiguieron alcanzar la mención de honor debido a su puntuación y cuyos datos se refieren a continuación.

En segundo lugar:

Título: *Generación de datos sintéticos para entrenamiento de sistemas basados en aprendizaje automático supervisado*.

Autora: Marta Hidalgo Sánchez.

Directores: Belén Barragáns Martínez y Pablo Sendín Raña.

Finalmente, en tercera posición:

Título: *Análisis y desarrollo de un sistema de detección de drones mediante radar pasivo basado en señales de DVB-T*.

Autora: Lydia Martínez del Pino.

Directores: Rubén Nocelo López.

Los tres trabajos se pueden consultar abiertamente y al completo en el repositorio institucional del centro, junto con el resto de las memorias presentadas por el alumnado del curso en cuestión.

Índice de contenidos

Las memorias completas de los Trabajos Fin de Grado están disponibles en el repositorio institucional de este Centro Universitario de la Defensa y se pueden descargar a través del siguiente enlace:

http://calderon.cud.uvigo.es/handle/123456789/905

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Página

Prólogo 5

Premio «Mejor Trabajo Fin de Grado» 7

Trabajos Fin de Grado 21

Cuerpo General 21

Desarrollo de proyectos virtuales de automatización mediante la aplicación de Redes de Petri y lenguaje *Ladder* 22

Análisis de datos espaciotemporales: estudio y aplicación sobre conflictos armados registrados 24

Aplicación de modelos de lenguaje para análisis de encuestas 26

Red de sensores para la detección de drones aéreos en interiores 28

Optimización y simulación para la determinación óptima de dotación de refuerzo en buques de la Armada española 30

Estudio de las propiedades ignífugas en materiales pétreos 32

Diseño y programación de una herramienta de generación automática de matrices de riesgo para buques tipo LHD 34

Implementación de un modelo de riesgos operacionales mediante un sistema *Big Data* de datos MetOcean para su uso en operaciones navales 36

Análisis de un ciclo de refrigeración bajo diferentes condiciones operativas 38

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial en juegos de estrategia 40

Detección de blancos marítimos mediante radar pasivo basado en señales GNSS 42

Página

Diseño de un sistema de deposición controlada y recolección continua de fibras mediante fibrado electroestático 44

Análisis comparativo de la resistencia a la corrosión en acero con diferentes acabados superficiales 46

Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para la representación de datos AIS en tiempo real 48

Diseño y fabricación de una pizarra táctica retroiluminada para lanchas de instrucción 50

Evaluación de riesgos en locales de preparación y manipulación de alimentos y propuestas de mejora: ejemplo de actuación en el patrullero «Tabarca» 52

Análisis y evaluación del sistema de celdas Uber H3 en el procesamiento de datos AIS 54

Purificación de hidrógeno durante la fase de producción por reformado de glicerina 56

Desarrollo de un módulo base interactivo para la simulación de entornos inmersivos mediante realidad virtual 58

Optimización de un procedimiento de vigilancia marítima en un escenario de recursos limitados 60

El problema del viajante de comercio 62

Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual 64

Cuantificación y caracterización de aguas residuales generadas en buques de la Armada 66

Trayectorias de consumo eficiente: un modelo de optimización con variables binarias 68

Análisis comparativo del rendimiento y sostenibilidad en lanchas de instrucción mediante el empleo de HVO como combustible 70

Análisis experimental de los factores que influyen en la concentración de gas radón disuelto en agua de consumo. 72

Desarrollo de técnicas de *beamforming* en 3D para apuntamiento de satélites GNSS 74

Diseño de dron submarino autónomo para inteligencia y minado 76

Generación de datos sintéticos para entrenamiento de sistemas basados en aprendizaje automático supervisado 78

Eficacia de sistemas de depuración instalados en buques de la Armada para el tratamiento de aguas residuales generadas a bordo... 80

Página

Producción de *biochar* a partir de residuos: pirólisis asistida por microondas y carbonización hidrotermal 82

Análisis de ciclos de carga y descarga en sistemas PSA: evaluación de adsorbentes para la captura de CO_2 84

Evaluación del rendimiento energético de distintos fluidos en un intercambiador de microcanales 86

Diseño de una plataforma naval para la recarga de drones: disposición general de sistemas y balance energético 88

Análisis multicriterio de técnicas de almacenamiento de hidrógeno . 90

Desarrollo de un modelo de batería de ion-litio para estimar su vida útil utilizando un sistema de carga-descarga 92

Análisis energético del funcionamiento del sistema de absorción utilizado en frigoríficos de pequeña capacidad 94

Análisis y desarrollo de un sistema de detección de drones mediante radar pasivo basado en señales de DVB-T 96

Modelado de la inmisión del gas radón en espacios cerrados 98

Implementación de las reglas de ataque y compromiso sobre un escenario de combate táctico mediante realidad virtual..... 100

Diseño conceptual del casco para un futuro buque escuela de la Armada española 102

Análisis de los avances en materia de género en la ENM 104

Mejora de la eficiencia computacional de un sistema de predicción de tipo de buque utilizando parámetros de trayectorias y técnicas de IA 106

Desarrollo de una base de datos para el análisis del rendimiento académico en la ENM..... 108

Análisis espectral de blancos móviles en radar pulsado..... 110

¿Existe el veranillo de San Miguel? Análisis objetivo mediante el uso de herramientas estadísticas aplicadas al estudio del clima..... 112

Uso de microemulsiones para el decapado de pintura usadas en plataformas navales 114

Detección de adrizamiento mediante imágenes astrales de largo período de exposición..... 116

Análisis de la refrigeración de una instalación solar térmica de absorción directa 118

Página

Análisis del empleo de técnicas de acústica avanzada para la identificación y caracterización de pérdidas de espesor y poros en cascos metálicos de buques..... 120

Sincronización de dos transceptores de radio definida por *software* USRP X310 para técnicas de *beamforming* 122

Fabricación de filtros biocompatibles y biodegradables para el tratamiento de aguas residuales..... 124

Nuevos materiales para el almacenamiento de hidrógeno: síntesis, caracterización y rendimiento..... 126

Navegación astronómica sin posición de estima 128

Herramienta web de gestión de horarios en la ENM 130

Desarrollo y validación de un sistema de simulación y de enjambres de unidades de superficie autónomas aplicados a operaciones militares 132

Efecto de la calcinación en el proceso de captura de CO2 134

Desarrollo del casco de un vehículo submarino autónomo modular (MoAUV) 136

Página

Trabajos Fin de Grado Infantería de Marina 139

Diseño de un módulo de control de lastre para un vehículo submarino no tripulado..... 140

Evaluación de la revegetación de suelos quemados mediante la encapsulación de nutrientes 142

Diseño de experimentos en la realización de test de vida acelerados para pólvora y cartuchos 144

Modelización energética del cuartel Marqués de la Victoria utilizando herramientas de simulación dinámica 146

Diseño de un módulo de propulsión para un MoAUV 148

Cadenas de Markov en la Armada..... 150

Optimización de la síntesis hidrotermal de hidróxidos dobles laminares mediante un reactor HTC para el tratamiento de aguas . 152

Optimización del tratamiento de aguas residuales de buques mediante tecnologías avanzadas de postratamiento 154

Desarrollo de cuadros de información operativa táctica en operaciones de desembarco naval mediante SIAAMETOC y LaTex.... 156

Evaluación de la IA generativa como apoyo en el aprendizaje y en la docencia de programación 158

Formulación matemática de la transferencia de energía térmica por conducción en superficies circulares..... 160

Análisis numérico y analítico de la transferencia de calor por convección en dispositivos electrónicos..... 162

Modelado y análisis de un motor *Stirling* de baja temperatura 164

Aplicación de IA en el proceso de planeamiento de pequeñas unidades 166

ÍNDICE DE AUTORES

	Página
Autora: Elena Albaladejo Pozo	22
Autor: Miguel Álvarez Sanchís	24
Autor: Carlos Argos Rivero	26
Autor: Francisco de Asís Aznar de la Riera	28
Autor: Ovidiu Nicolae Bacita Bacita	30
Autor: Adriano Barrallo Marqués de Magallanes	32
Autor: Pablo Boleas Francisco	34
Autor: Carlos Campos Calero	36
Autor: Sergio M. Carnerero Moretón	38
Autor: Francisco Carrasco García-Almenta	40
Autor: Javier Guillermo Ceballos Montes	42
Autor: Andrés Chang Kim	44
Autor: Jesús Descalzo Díez	46
Autor: Pablo Díaz García	48
Autor: Pedro Fernández de Benito	50
Autora: Silvia Ferrer Moreno	52
Autor: Mario Florido López	54
Autor: Alejandro de la Fuente Molpeceres	56
Autor: Jorge Gallego García	58

Página

Autor: Rubén García Alonso 60
Autor: Alejandro García Sanz..... 62
Autora: Sara García-Cubillana López..... 64
Autora: Sofía Garro Martínez..... 66
Autor: Adriá Gavaldá González 68
Autor: Alejandro Gordillo Herranz..... 70
Autor: Alfredo Guerrero Muñoz 72
Autor: Antonio Guerrero Vázquez 74
Autor: Brais Hidalgo Mera 76
Autora: Marta Hidalgo Sánchez..... 78
Autor: Guillermo Huertas Roldán 80
Autora: María Justicia Ais..... 82
Autora: Andrea Lanzat Albadalejo 84
Autor: Ignacio Liaño Cuquerella..... 86
Autor: Fernando López Gómez-Millán 88
Autor: Adrián López Granados 90
Autor: Alberto Lorca Tobalina 92
Autor: Eduardo Isidro Martínez Boado 94
Autora: Lydia Martínez Del Pino 96
Autora: Ángela Merello Pérez 98
Autor: Rafael Mira Criado..... 100
Autora: Andrea Mustafá López..... 102
Autor: Ángel Otón Martínez..... 104
Autor: Francisco Javier Pavón Jarava 106
Autor: Cayetano Pérez Núñez 108
Autor: Alejandro Porres García 110
Autor: Carlos Ramiro Martín..... 112
Autora: Clara Rodríguez García 114
Autora: Celia Rodríguez Sánchez 116
Autora: Marta Romero Fueyo 118
Autor: Carlos Romero Ruiz 120
Autor: Ignacio Rossell Martínez-Fresneda 122

Página

Autor: Jorge Ruiz de Almirón Denia 124
Autor: Ignacio Solís Kelly..... 126
Autor: Pablo Suárez Suárez..... 128
Autor: Raúl Urbano Burrel..... 130
Autor: Manuel Ángel Varela García..... 132
Autor: Pedro Vélez Suárez..... 134
Autor: Rafael Viniegra de la Fuente 136
Autor: Miguel Alegre Sacristán..... 140
Autor: Francisco James Asensi Froud 142
Autor: Alfonso Benavides Nieto..... 144
Autor: Jesús Blázquez Solano 146
Autor: Ulyses Casais Fernández..... 148
Autor: Javier Cuartero Rodríguez 150
Autor: Álvaro Delgado Guevara 152
Autor: Santiago Domínguez Gómez 154
Autor: Mario Martínez Iglesias..... 156
Autor: Iago Novo Andrade 158
Autor: Víctor Pedrero Martín..... 160
Autor: Alejandro de Rivas del Río 162
Autor: Alonso Ruiz del Moral Azofra..... 164
Autor: Jorge Sánchez Martínez..... 166

Trabajos Fin de Grado

Cuerpo General

Desarrollo de proyectos virtuales de automatización mediante la aplicación de Redes de Petri y lenguaje *Ladder*

Autora: Elena Albaladejo Pozo

Directores: José González Prieto (jose.gonzalez@cud.uvigo.es)
Milagros Fernández Gavilanes (mfgavilanes@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado desarrolla proyectos virtuales de automatización naval mediante Redes de Petri y lenguaje *Ladder*, herramientas clave para modelar y programar sistemas industriales. Su objetivo es ofrecer una metodología práctica para enseñar automatización a estudiantes del grado en Ingeniería Mecánica de la Escuela Naval Militar. Primero, analiza métodos actuales, resaltando las Redes de Petri por su precisión matemática y *Ladder* por su sencillez industrial.

Se presentan tres proyectos prácticos: el primero automatiza un sistema de propulsión híbrido naval con módulos de control operacional, mantenimiento preventivo y gestión de alarmas. El segundo optimiza la operación logística de un muelle naval mediante carga automática, almacenamiento robótico y gestión energética autónoma. El tercer proyecto automatiza la seguridad operativa del buque con sistemas de detección y extinción de incendios, control de accesos y mantenimiento general.

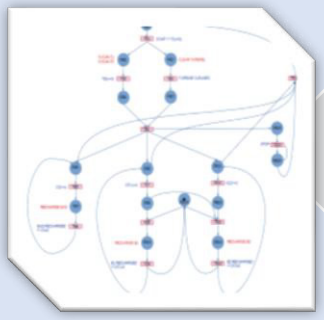
La metodología propuesta permite aprendizaje efectivo sin necesidad de *hardware* físico, reduce errores operativos, optimiza tiempos y fortalece competencias técnicas esenciales, mejorando la preparación profesional de futuros oficiales navales.

Palabras clave: Automatización, Redes de Petri, Lenguaje *Ladder*, Simulación, Tecnología naval.

Desarrollo de proyectos virtuales de automatización mediante la aplicación de Redes de Petri y Lenguaje

Autora: Elena Albaladejo Pozo
Directores: José González Prieto y Milagros Fernández Gavilanes

Proyectos virtuales de automatización naval usando Redes de Petri y lenguaje Ladder. Metodología práctica para la enseñanza en ingeniería mecánica naval.



- Sistema de propulsión híbrida
- Mantenimiento preventivo
- Alarmas y fallos

P1

AUTOMATIZACIÓN OPERATIVA Y PREVENTIVA DE UN SISTEMA DE PROPULSIÓN HÍBRIDO NAVAL

P2

AUTOMATIZACIÓN LOGÍSTICA Y ENERGÉTICA DE UN MUELLE DE CARGA

- Lancha con plataforma de carga automática
- Carga y almacenamiento
- Energía y recarga de baterías





- Detección y extinción de incendios
- Conteo de personas y control de puertas
- Sistema de mantenimiento

P3

AUTOMATIZACIÓN DE LA SEGURIDAD OPERATIVA Y MANTENIMIENTO GENERAL EN BUQUES NAVALES

Los resultados impulsan competencias técnicas y profesionales sin necesidad de hardware físico.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Análisis de datos espaciotemporales: estudio y aplicación sobre conflictos armados registrados

Autor: Miguel Álvarez Sanchís

Directora: María Álvarez Hernández (*maria.alvarez@cud.uvigo.es)*

Resumen

El presente trabajo de fin de grado analiza datos espaciotemporales con el objetivo de estudiar los conflictos armados registrados en el tiempo. Para ello, se ha utilizado la base de datos especializada del *Uppsala Conflict Data Program* (UCDP), junto con herramientas estadísticas avanzadas implementadas en RStudio.

El estudio se divide en dos líneas principales: en primer lugar, la estimación de muertes en torno a puntos geoestratégicos, aplicando modelos de regresión para analizar la influencia de la ubicación y otras variables en la letalidad de los conflictos. En segundo lugar, se ha investigado la proporción de distintos tipos de muertes y conflictos en función de la distancia, determinando qué actores (bandos o civiles) y qué tipo de violencia (estatal, no estatal o unilateral) predominan en distintas zonas.

Los resultados obtenidos permiten identificar patrones espaciales y temporales en los conflictos, ofreciendo una perspectiva cuantitativa que complementa los análisis geopolíticos convencionales. Este enfoque aporta herramientas útiles para el estudio de la dinámica de los conflictos armados, con aplicaciones en la seguridad internacional y la toma de decisiones estratégicas.

Extensión mínima: doscientas palabras.

Palabras clave: Conflictos armados, Estadística, Geopolítica, UCDP, Puntos geoestratégicos.

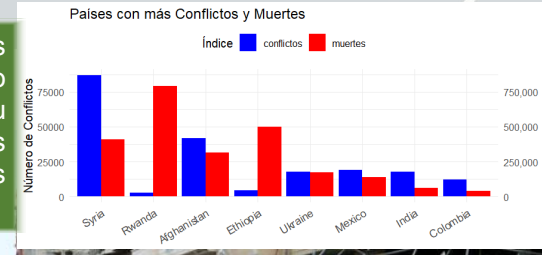
Análisis de datos espacio-temporales: estudio y aplicación sobre conflictos armados registrados

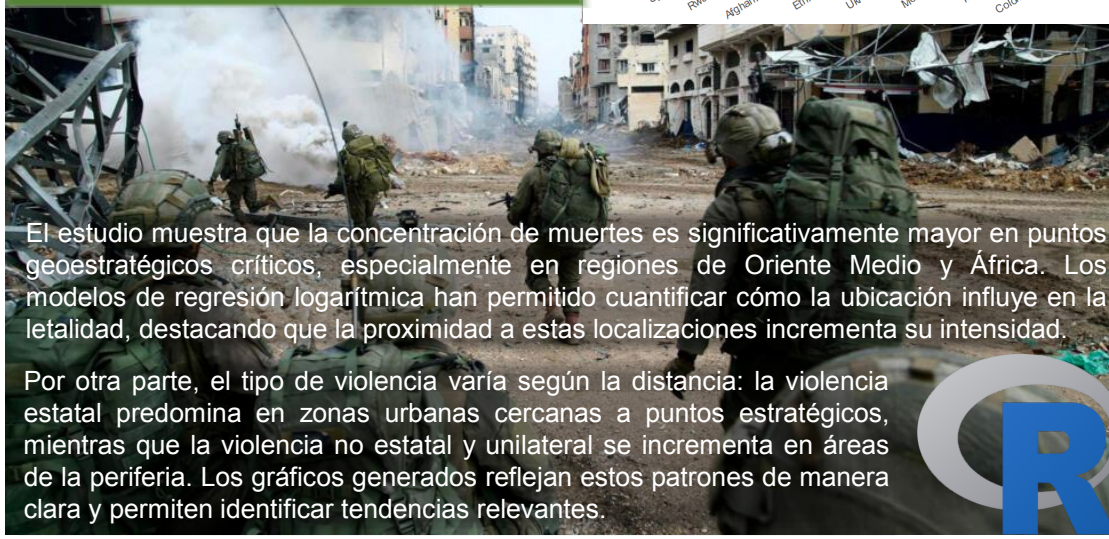
Autor: Miguel Álvarez Sanchís
Directora: María Álvarez Hernández

El análisis de datos espacio-temporales es una gran herramienta para comprender la dinámica de los conflictos. A lo largo de la historia, la violencia ha moldeado la evolución de sociedades y territorios, dejando un impacto duradero en la geopolítica contemporánea. Este estudio propone identificar patrones de violencia, centrándose en la letalidad de los conflictos y su variación espacial a lo largo del tiempo.



La finalidad es desarrollar modelos estadísticos que permitan estimar el impacto de los conflictos armados en función de su proximidad a puntos geoestratégicos. Además de analizar la distribución espacial de los tipos de violencia y su evolución temporal.





El estudio muestra que la concentración de muertes es significativamente mayor en puntos geoestratégicos críticos, especialmente en regiones de Oriente Medio y África. Los modelos de regresión logarítmica han permitido cuantificar cómo la ubicación influye en la letalidad, destacando que la proximidad a estas localizaciones incrementa su intensidad.

Por otra parte, el tipo de violencia varía según la distancia: la violencia estatal predomina en zonas urbanas cercanas a puntos estratégicos, mientras que la violencia no estatal y unilateral se incrementa en áreas de la periferia. Los gráficos generados reflejan estos patrones de manera clara y permiten identificar tendencias relevantes.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Aplicación de modelos de lenguaje para análisis de encuestas

Autor: Carlos Argos Rivero

Directora: Milagros Fernández Gavilanes (mfgavilanes@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado tiene como objetivo el diseño e implementación de un sistema automático capaz de procesar y analizar encuestas en papel, con el fin de reducir la carga de trabajo de los encuestadores mediante la automatización del tratamiento y presentación de sus resultados. Para ello, se han empleado modelos extensos de lenguaje, de código abierto, como herramienta para el análisis e interpretación de datos textuales.

El proyecto desarrollado abarca todo el flujo de trabajo, desde la digitalización de encuestas mediante OCR hasta la elaboración de informes estructurados en formato PDF, incluyendo tablas, gráficas y redacción automatizada de conclusiones, mediante la integración de herramientas de Python como Matplotlib o ReportLab. El sistema se ha diseñado para ejecutarse de manera *offline*, utilizando únicamente *software* libre y modelos accesibles como Llama3 y DeepSeek, adaptados a las limitaciones de *hardware* disponibles.

Los resultados obtenidos muestran un funcionamiento eficaz en la extracción y análisis de datos textuales, así como en la creación de informes finales. Sin embargo, los modelos de lenguaje empleados no han resultado válidos para el reconocimiento de respuestas seleccionadas inicialmente por el encuestado, por lo que se han desarrollado soluciones adicionales. El sistema cumple con éxito su objetivo principal, quedando preparado para incorporar mejoras futuras.

Palabras clave: Procesamiento de texto, LLM, PLN, Encuesta, Análisis de resultados.

Aplicación de modelos de lenguaje para análisis de encuestas

Autor: Carlos Argos Rivero
Directora: Milagros Fernández Gavilanes

OBJETIVO

Crear un sistema que reciba encuestas escaneadas en PDF y sea capaz de extraer las respuestas seleccionadas por el usuario y analizarlas, generar las gráficas correspondientes y redactar informes. En este trabajo se estudia la viabilidad de la utilización de modelos LLM de código abierto para la realización automática de procesos llevados a cabo generalmente de forma manual.



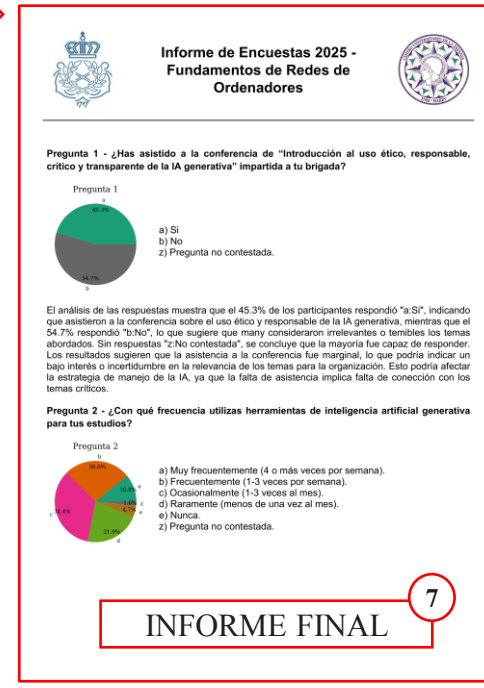












CONCLUSIONES

El sistema es capaz de desarrollar la mayoría de las tareas de manera eficiente generando informes en PDF con los resultados, gráficas y conclusiones bien integrados.

De los modelos estudiados, DeepSeek ha sido el que ha logrado mejores resultados a la hora de razonar los análisis de las respuestas y las conclusiones de encuestas.

Red de sensores para la detección de drones aéreos en interiores

Autor: Francisco de Asís Aznar de la Riera

Directores: Norberto Fernández García (norberto@cud.uvigo.es)
Milagros Fernández Gavilanes (mfgavilanes@cud.uvigo.es)

Resumen

El auge de los drones en conflictos modernos ha puesto de manifiesto la necesidad de desarrollar sistemas de detección eficientes en entornos urbanos. En este contexto, este trabajo presenta el diseño e implementación de una red de sensores capaz de detectar la presencia de un dron en interiores basándose en el análisis de su firma acústica. La propuesta se basa en el despliegue de microcontroladores Raspberry Pi con micrófonos conectados a un sistema central, donde los datos acústicos son analizados en tiempo real mediante filtrado de frecuencia y umbrales de detección previamente calibrados. Para establecer la técnica de detección, se realizó un análisis detallado del sonido del dron. Aplicando un filtro paso-banda y estableciendo un umbral basado en la energía acústica en decibelios, se logró discriminar la presencia del dron en entornos ruidosos. Las pruebas realizadas validaron la eficacia del sistema y se confirmó su capacidad de detección con una fiabilidad considerable. Los resultados demuestran que la metodología desarrollada es viable y escalable. Si bien en este estudio solo se ha trabajado con un dron, el procedimiento permite su aplicación a otros modelos. Este sistema representa un primer paso hacia la implementación de redes de sensores para la defensa en escenarios urbanos, con posibles aplicaciones en seguridad y vigilancia.

Palabras clave: UAV, Dron, Detección, Red, Sensores, Micrófonos.

Red de sensores para la detección de drones aéreos en interiores

Autor: Francisco de Asís Aznar de la Riera
Directores: Norberto Fernández García y Milagros Fernández Gavilanes

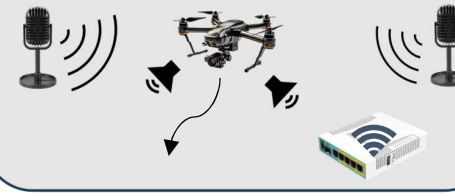
AMENAZA

Intrusión de UAV conocido en edificio estratégico



SOLUCIÓN

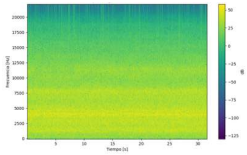
Red de sensores acústicos para su detección



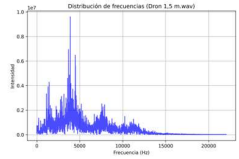
ANÁLISIS PREVIO DE FIRMA ACÚSTICA

Recopilación de audios del UAV a varias distancias

Generación de espectrogramas



Análisis frecuencial



Filtro paso-banda: frecuencias 3000-6000 Hz

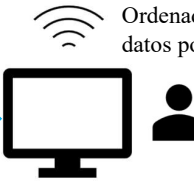
Extracción de energía en banda de interés

- Aplicación de filtro al audio
- Extracción de energía mediante STFT
- Media de energía en la banda de frecuencias seleccionada
- Media de todos los audios recopilados

Definición de umbrales de detección

Umbral inferior: $\bar{E} - k \cdot \sigma$
Umbral superior: $\bar{E} + k \cdot \sigma$

Ordenador recibe datos por WiFi



- Recepción de audio
- Aplicación filtro
- Media de energías

Dentro de límites umbrales

Alerta a operario

¡Dron detectado!

Fuera de límites umbrales

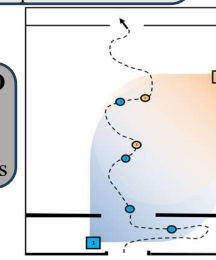
¡No hay dron!

PRUEBAS REALIZADAS

- Sensores alimentados con baterías
- Análisis de falsos positivos/negativos
- Incorporación distintos sensores
- Detección en tiempo real

ESCENARIO SIMULADO

- Red establecida
- UAV detectado
- Falsos positivos reducidos



Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Optimización y simulación para la determinación óptima de dotación de refuerzo en buques de la Armada española

Autor: Ovidiu Nicolae Bacita Bacita

Directores: Sergio Borrallo Tirado (borrallo@cud.uvigo.es)
Débora Cores Carrera (cores@cud.uvigo.es)

Resumen

La Armada española se enfrenta a la necesidad de ajustar la dotación en sus buques para asegurar el cumplimiento de sus misiones. Esta necesidad es especialmente evidente en los Buques de Acción Marítima (BAM), donde las bajas médicas, las rotaciones y los cambios operativos generan diferencias entre la dotación prevista y la realmente disponible.

Este TFG desarrolla un modelo de optimización y simulación basado en mínimos cuadrados con restricciones, usando el *software* MATLAB. A partir de datos históricos de disponibilidad, probabilidades de navegación y escenarios hipotéticos, se estima el número de efectivos de refuerzo necesarios para cumplir con las misiones sin sobrepasar los límites de personal óptimo en diversos escenarios operativos. La metodología se fundamenta en distintos casos de estudio, considerando tanto ausencias imprevistas como fluctuaciones en la actividad operativa. Los resultados permiten determinar el refuerzo aproximado para cada categoría, ajustando la tripulación a las necesidades reales de cada buque. Aunque la validación se ha realizado con datos específicos de los BAM, la aproximación es flexible y aplicable a otras unidades, ofreciendo un marco objetivo en la asignación de recursos.

Palabras clave: Optimización, Buques de Acción Marítima, Dotación, Gestión de personal, MATLAB.

Optimización y simulación para la determinación óptima de dotación de refuerzo en Buques de la Armada Española

Autor: Ovidiu Nicolae Bacita Bacita
Directores: Sergio Borrallo Tirado y Débora Cores Carrera



MOTIVACIÓN
Una dotación insuficiente compromete la misión, el rendimiento y la seguridad

Claves en la seguridad marítima española

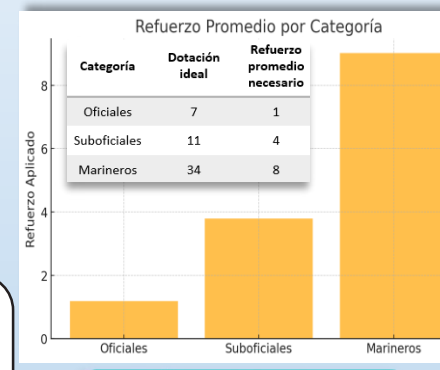
Problemas frecuentes de personal

OBJETIVO
Diseñar un modelo matemático que permita calcular de forma óptima el refuerzo necesario por categoría.

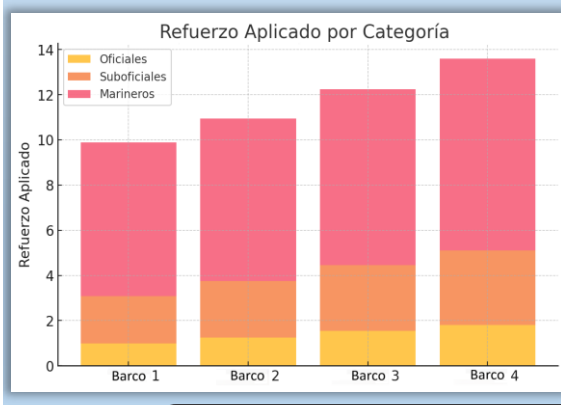
$$min_{x\in\mathbb{R}^n, x\geq 0} \| Cx - d \|^2$$

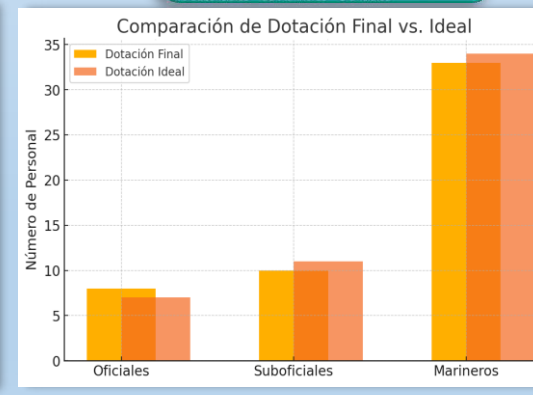
Se desarrolla un modelo con varios códigos basado en mínimos cuadrados con restricciones, capaz de estimar la dotación ideal necesaria en función de:

- Tipo de misión
- Probabilidad de navegación
- Limitaciones reales de personal disponible









CONCLUSIONES

- El modelo permite una planificación de la dotación de refuerzo.
- Herramienta para evitar situaciones críticas de falta o exceso de personal.
- Adaptable a otros buques si se dispone de datos.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Estudio de las propiedades ignífugas en materiales pétreos

Autor: Adriano Barrallo Marqués de Magallanes

Directores: Jorge Feijoo Conde (jfeijoo@cud.uvigo.es)
Miguel Ángel Álvarez Feijoo (alvarezfeijoo@cud.uvigo)

Resumen

El presente TFG tiene como objetivo analizar y evaluar tratamientos innovadores diseñados para mejorar la resistencia de los materiales pétreos frente al fuego y reducir su capacidad de absorción de agua. Este enfoque es crucial para proteger tanto estructuras históricas como modernas, previniendo daños severos causados por incendios y minimizando los efectos secundarios de los procesos de extinción.

El fuego provoca efectos destructivos en los minerales de las rocas, como el cuarzo y la calcita, debido a la expansión térmica que sufren a altas temperaturas. Este fenómeno genera fisuras, pérdida de cohesión y un deterioro estructural significativo, comprometiendo la estabilidad de las edificaciones.

En este trabajo, se evaluó el uso del campo eléctrico para inducir la precipitación de compuestos inorgánicos en los materiales pétreos, buscando reforzar su resistencia mecánica y mejorar su capacidad para soportar el fuego. Se analizaron propiedades clave como porosidad, resistencia mecánica y comportamiento térmico, antes y después de los tratamientos.

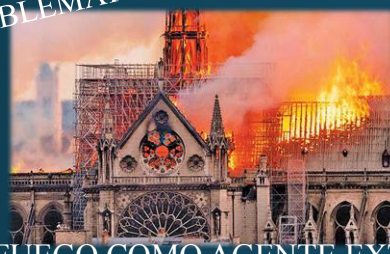
Los resultados obtenidos mediante análisis termogravimétricos muestran que la mayoría de los tratamientos, salvo el de oxalato de calcio, influyen en las propiedades térmicas de las rocas tratadas, promoviendo procesos endotérmicos que absorben parte de la energía del fuego.

Palabras clave: Agentes externos, Propiedades ignífugas, Materiales pétreos, Tratamiento electroquímico, Estrés térmico.

Estudio de las propiedades ignífugas en materiales pétreos

Autor: Adriano Barrallo Marqués de Magallanes
Directores: Jorge Feijoo Conde y Miguel Ángel Álvarez Feijoo

PROBLEMATICA



EL FUEGO COMO AGENTE EXTERNO DE ALTO IMPACTO A EDIFICACIONES

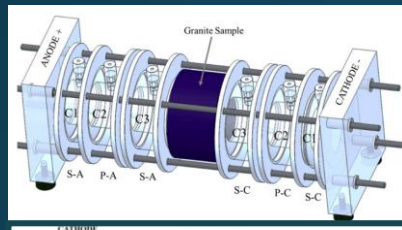
OBJETIVO

Mejora de comportamiento térmico, reducción de la porosidad e incremento de la resistencia mecánica

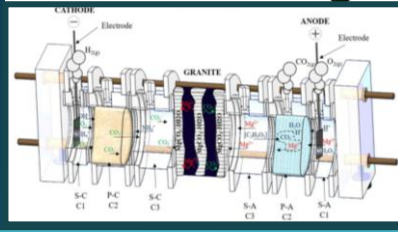
METODOLOGÍA

Tratamiento electrocinético para generación de barreras funcionales

MONTAJE



TRATAMIENTO



Parámetros a evaluar

PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS
- Porosidad accesible al Hg
- Transmisión de Ultrasonidos

IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS
- Microscopía Electrónica
- Difracción de rayos-X

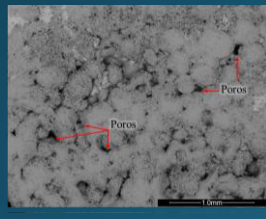
ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO TERMICO
- Análisis Termogravimétrico

Compuestos a Generar

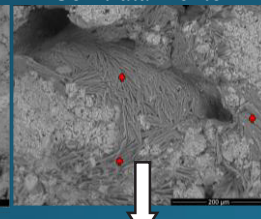
Formas hidratadas de carbonato de: Ca2+, Mg2+, $(PO_4)_{3-}$ y boratos de zinc, m $B_4O_7^{2-}$

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Sin tratamiento



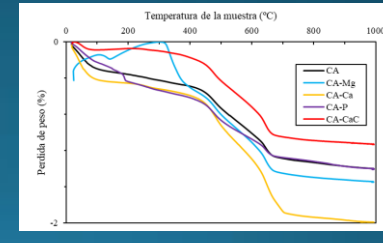
Con tratamiento



1. Precipitación exitosa de compuestos funcionales
2. Reducción de la porosidad

→ 3. Incremento de la resistencia mecánica

4. Mejor de la capacidad ignifuga



Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Diseño y programación de una herramienta de generación automática de matrices de riesgo para buques tipo LHD

Autor: Pablo Boleas Francisco

Directores: Jorge Eiras Barca (jeiras@cud.uvigo.es)
Alicia Vázquez Carpentier (avcarpentier@cud.uvigo.es)

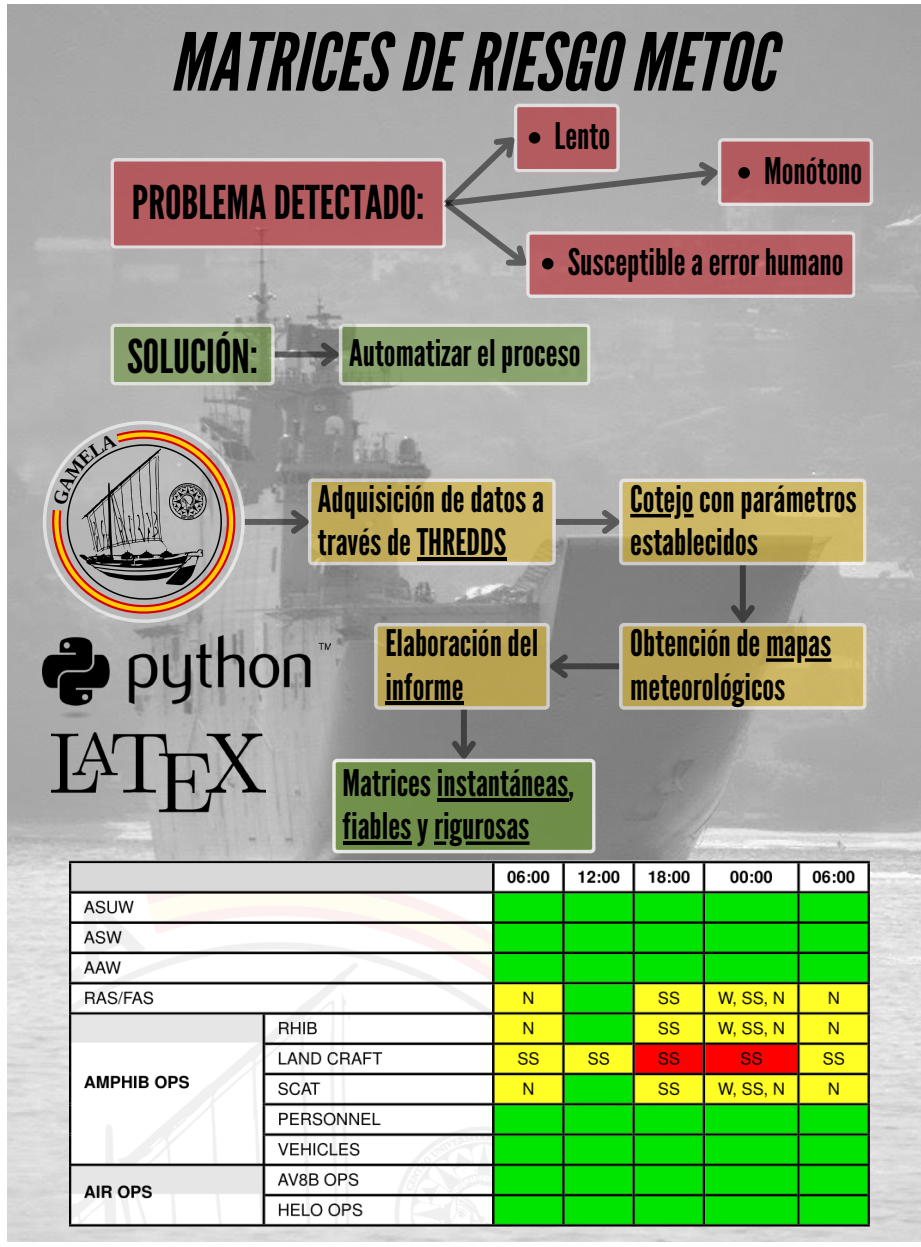
Resumen

Actualmente, la evaluación del riesgo meteorológico y oceanográfico (METOC) para operaciones en buques de la Armada se realiza manualmente, lo que requiere mucho tiempo y genera errores debidos a la subjetividad humana, afectando a la planificación operativa y seguridad de las misiones navales. Para resolver este problema, se ha desarrollado GAMELA (Generador Automático de Matrices para la Evaluación de Límites Ambientales), herramienta que automatiza la generación de matrices METOC utilizando modelos numéricos fiables y públicos (GFS, WaveWatch III y HYCOM), accesibles mediante servidores THREDDS. GAMELA proporciona predicciones precisas sobre variables críticas como viento, altura de ola, corrientes, visibilidad y precipitaciones, integrándose en el método habitual de trabajo en buques para ofrecer informes rápidos y exactos. Desarrollada en Python, GAMELA presenta una interfaz visual intuitiva con código de colores que facilita la evaluación inmediata del riesgo operativo en diferentes tipos de operaciones, incluyendo anfibias y aéreas, lo que genera matrices de riesgo de veinticuatro horas con previsiones y mapas meteorológicos detallados del ECMWF.

Palabras clave: Matriz de riesgo, Python, Riesgo METOC, Transformación digital en la Armada, LHD.

Diseño y programación de una herramienta de generación automática de matrices de riesgo para buques tipo LHD

Autor: Pablo Boleas Francisco
Directores: Jorge Eiras Barca y Alicia Vázquez Carpentier



		06:00	12:00	18:00	00:00	06:00
ASUW						
ASW						
AAW						
RAS/FAS		N		SS	W, SS, N	N
AMPHIB OPS	RHIB	N		SS	W, SS, N	N
	LAND CRAFT	SS	SS	SS	SS	SS
	SCAT	N		SS	W, SS, N	N
	PERSONNEL					
	VEHICLES					
AIR OPS	AV8B OPS					
	HELO OPS					

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Implementación de un modelo de riesgos operacionales mediante un sistema *Big Data* de datos MetOcean para su uso en operaciones navales

Autor: Carlos Campos Calero

Directores: Milagros Fernández Gavilanes (mfgavilanes@cud.uvigo.es)
Carlos Pérez Collazo (carlos.perez.collazo@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo de fin de grado destaca la importancia de la evaluación del riesgo operacional derivado de las condiciones METOC en la Armada. Por ello, haciendo uso de las nuevas tecnologías, se desarrolla un sistema de evaluación de riesgos operacionales navales basado en datos *MetOcean*, capaz de apoyar la toma de decisiones del mando mediante la generación de mapas visuales de impacto ambiental METOC.

El sistema está alimentado por datos capturados en tiempo real mediante un sistema *Big Data* en el servidor POSEIDON del Centro Universitario de la Defensa. Se compone de un *backend*, una base de datos PostgreSQL para almacenar los datos *MetOcean* y un *frontend* como aplicación web interactiva. En ella, el usuario puede consultar el riesgo METOC asociado a una operación mediante la visualización de celdas hexagonales H3 codificadas por colores, cuya resolución se puede adaptarse dinámicamente.

El modelo desarrollado ha sido validado mediante simulaciones y comparado con herramientas oficiales como SIAAMETOC, demostrando su aplicabilidad en escenarios reales y su valor como herramienta de apoyo a la toma de decisiones. Este trabajo constituye una propuesta tecnológica innovadora que integra herramientas de visualización y automatización en la evaluación del riesgo en el entorno operativo naval.

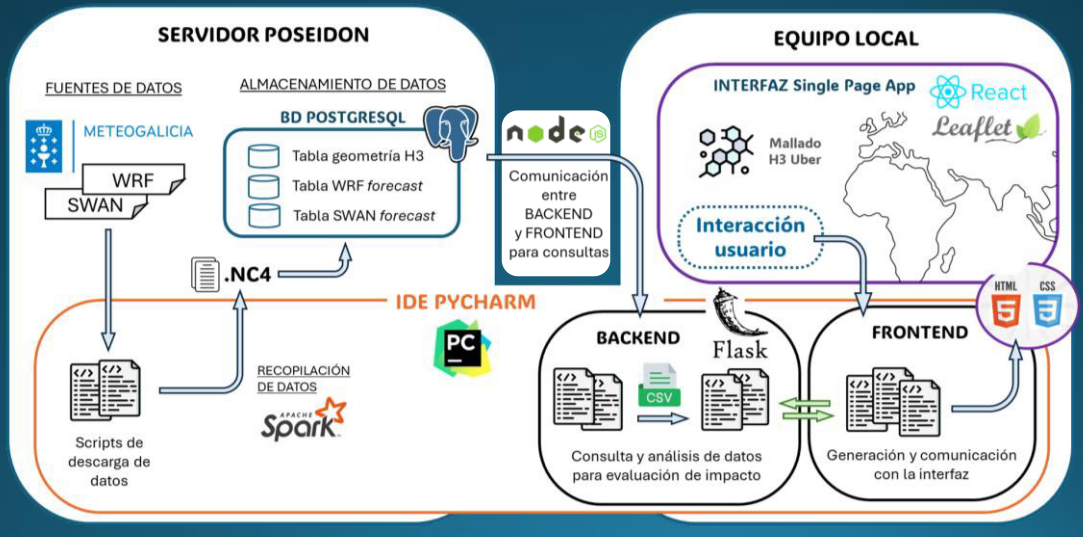
Palabras clave: Evaluación de riesgo, METOC, Mallado H3, POSEIDON, Predicción MetOcean.

Implementación de un modelo de riesgos operacionales mediante un sistema Big Data de datos MetOcean para su uso en operaciones navales

Autor: Carlos Campos Calero

Directores: Milagros Fernández Gavilanes y Carlos Pérez Collazo





Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Análisis de un ciclo de refrigeración bajo diferentes condiciones operativas

Autor: Sergio M. Carnerero Moretón

Directores: Antón Cacabelos Reyes (acacabelos@cud.uvigo.es)
Lara Febrero Garrido (lfebrero@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo de fin de grado tiene como objetivo principal el análisis y puesta a punto de una instalación de refrigeración, la cual se encuentra disponible en el laboratorio de máquinas térmicas y motores del Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar (CUD-ENM), con el fin de llevar a cabo una investigación sobre los distintos modos de operación, rendimientos y ciclos termodinámicos. A través de esta investigación, se pretende mejorar la comprensión de los procesos de refrigeración, proporcionando un marco de referencia que permita optimizar el estudio de los ciclos de refrigeración y su aplicación en el ámbito académico y técnico.

Durante el proceso, se han realizado mediciones de temperatura, caudales, tanto de aire como del refrigerante y presión del refrigerante, utilizando instrumentación especializada para obtener resultados precisos. Además, se ha llevado a cabo un estudio detallado del refrigerante R-134A.

Los resultados reflejan que el coeficiente de operación (COP) ha sido siempre superior a dos, lo que confirma una eficiencia aceptable dentro de los estándares industriales. Asimismo, los valores de rendimiento térmico en los intercambiadores de calor, especialmente en modo refrigeración, han demostrado ser óptimos, validando la funcionalidad y eficacia del sistema bajo distintas condiciones operativas.

Palabras clave: Ciclo de refrigeración, Bomba de calor, Eficiencia Energética, Refrigerante R-134a, COP.

Análisis de un ciclo de refrigeración bajo diferentes condiciones operativas

Autor: Sergio M. Carnerero Moretón
Directores: Antón Cacabelos Reyes y Lara Febrero Garrido

OBJETIVO PRINCIPAL

Estudio y análisis en diferentes entornos operativos de la instalación de refrigeración del Centro Universitario en la Escuela Naval Militar (CUD-ENM)



CRONOLOGÍA

Puesta en marcha de la instalación, y llenado de la misma (R-134A)

TOMA DE DATOS EXPERIMENTALES A PARTIR DE LAS DIFERENTES VELOCIDADES DE TRABAJO, Y DE LOS MODOS DE TRABAJO

REALIZACIÓN DE CÁLCULOS Y OBTENCIÓN DE CONCLUSIONES FINALES

MÉTODOS

Máquina de refrigeración

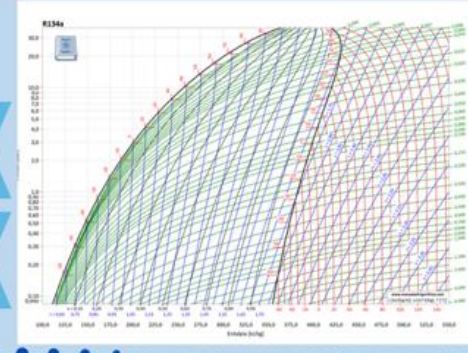
Capilar

Termostática

Bomba de calor

Diagramas de Mollier

Método LMTD



RESULTADOS

COP	Máquina de refrigeración	2,12
	Bomba de calor	2,26
LMTD	Máquina de refrigeración	1498,6
	Bomba de calor	679,31

$\left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right]$

CONCLUSIONES

Aprendizaje sobre conceptos termodinámicos

Máquina de Refrigeración > Bomba de Calor

R-134A Correcto para ser utilizado en la instalación

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial en juegos de estrategia

Autor: Francisco Carrasco García-Almenta

Directores: Milagros Fernández Gavilanes (mfgavilanes@cud.uvigo.es)
Norberto Fernández García (norberto@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado explora la aplicación de técnicas de inteligencia artificial en juegos de estrategia, con un enfoque en el desarrollo de una IA para el juego *Hundir la Flota*. Se parte de una implementación básica del juego y se introducen progresivamente mejoras en la estrategia de la IA, desde enfoques aleatorios hasta técnicas avanzadas de optimización.

En un inicio, la IA juega de forma completamente aleatoria. Más adelante, se incorporan estrategias heurísticas, como la búsqueda dirigida tras un impacto y patrones de disparo optimizados. Además, se estudian estrategias de colocación de barcos, que incluyen distribuciones optimizadas para aumentar la dificultad de detección. Para mejorar aún más el rendimiento de la IA, se implementan modelos basados en probabilidad y memoria, lo que permite que el agente recuerde información clave entre disparos y partidas. Finalmente, se introduce aprendizaje por refuerzo, entrenando un agente capaz de mejorar su desempeño a medida que juega más partidas, optimizando su toma de decisiones de manera autónoma. Los resultados se evalúan mediante simulaciones, comparando la efectividad de cada estrategia y analizando el impacto del aprendizaje automático en el rendimiento del juego. Este estudio demuestra el potencial de la inteligencia artificial en la optimización de estrategias dentro de juegos de estrategia.

Palabras clave: Inteligencia artificial, Estrategia, Táctica, Hundir la flota.

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial en juegos de estrategia

Autor: Francisco Carrasco García-Almenta

Directores: Milagros Fernández Gavilanes y Norberto Fernández García

Contexto y objetivos

Este trabajo tiene como objetivo estudiar el desempeño de una inteligencia artificial en el juego Hundir la Flota. Para ello, se desarrolla un agente al que se le van aplicando progresivamente estrategias cada vez más complejas: desde comportamientos completamente aleatorios, pasando por técnicas heurísticas y de optimización, hasta llegar a la implementación de algoritmos de aprendizaje por refuerzo (*Reinforcement learning*, RL). Esto permite observar cómo mejora su rendimiento a medida que gana experiencia y conocimiento del juego.

Fases de desarollo

1. Juego base

Implementación del juego Hundir la Flota con lógica de turnos y reglas clásicas. Juego humano vs máquina aleatoria.



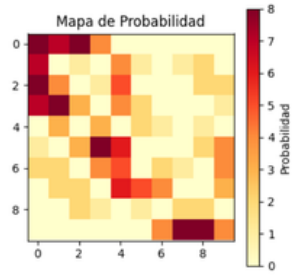
2. Estrategias heurísticas

Mejora de la IA con patrones de disparo, búsqueda dirigida y colocación optimizada. IA vs máquina aleatoria



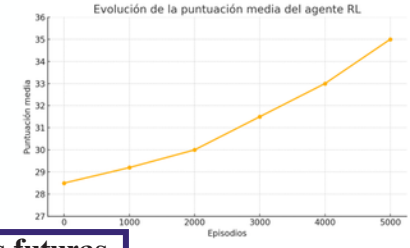
3. Optimización estratégica

Uso de memoria y probabilidad para reducir disparos ineficientes. IA ajusta sus decisiones según el contexto del juego.



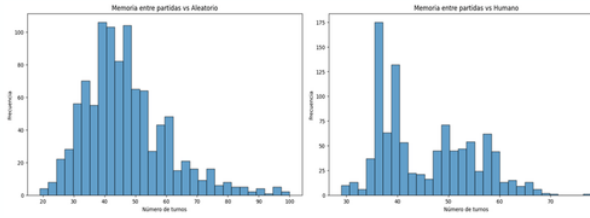
4. Aprendizaje por refuerzo (RL)

Aplicación de aprendizaje por refuerzo profundo (*Deep Q-Learning*, DQN) para que la IA aprenda a partir de la experiencia. Evaluación basada en recompensas y rendimiento en partidas simuladas.



Conclusiones y líneas futuras

Se observa una mejora clara con las estrategias heurísticas y de optimización. El aprendizaje por refuerzo muestra un progreso leve, aunque limitado por las condiciones del entorno. En próximos trabajos se podría aplicar técnicas más complejas de aprendizaje profundo o trasladar el enfoque a otros juegos con mayor complejidad estratégica.



Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Detección de blancos marítimos mediante radar pasivo basado en señales GNSS

Autor: Javier Guillermo Ceballos Montes

Directores: Rubén Nocelo López (rubennocelo@cud.uvigo.es)
José María Núñez Ortuño (jnunez@cud.uvigo.es)

Resumen

Un radar pasivo es un sistema de detección que, a diferencia de los radares convencionales, no emite señales propias, sino que aprovecha emisiones existentes en el entorno, procedentes de fuentes comúnmente conocidas como iluminadores de oportunidad. Este tipo de radar es especialmente útil en aplicaciones que requieren discreción, ya que no revela la posición del receptor. Entre los distintos iluminadores de oportunidad disponibles, como transmisiones de radio, televisión digital terrestre (DVB-T) o señales de telefonía móvil, las señales GNSS ofrecen ventajas destacables. Su amplia cobertura global, alta estabilidad temporal y disponibilidad continua las convierten en una alternativa atractiva para sistemas de radar pasivo, especialmente en entornos marítimos donde otras fuentes pueden ser menos fiables. En este proyecto, se empleó un sistema de radar pasivo basado en señales GNSS, utilizando un algoritmo en MATLAB para procesar las señales recibidas. Dicho algoritmo permite realizar la correlación cruzada entre la señal directa y la reflejada, estimar el desplazamiento *Doppler* y generar el correspondiente mapa distancia-*Doppler* para localizar objetivos. Los resultados experimentales, obtenidos tanto con señales sintéticas como con datos reales captados en la ría de Pontevedra, demostraron la eficacia del sistema. Se logró detectar con éxito un blanco de carácter civil y un barco militar, validando así la viabilidad del radar pasivo GNSS para la vigilancia y seguridad marítima.

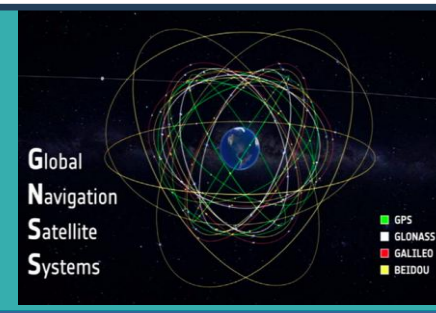
Palabras clave: Radar pasivo, Doppler, PRN, Iluminador de oportunidad, GNSS.

Detección de blancos marítimos mediante radar pasivo basado en señales GNSS

Autor: Javier Guillermo Ceballos Montes
Directores: Rubén Nocelo López y José María Núñez Ortuño

- Introducción -

Un radar pasivo detecta objetivos utilizando señales existentes en el entorno. El objetivo es evaluar la eficacia usando señales GNSS para la detección de objetivos marítimos.



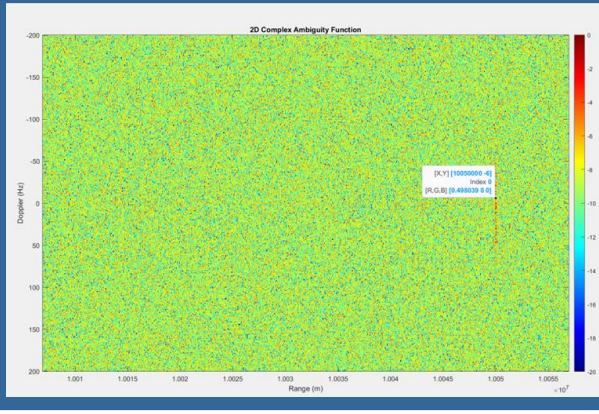


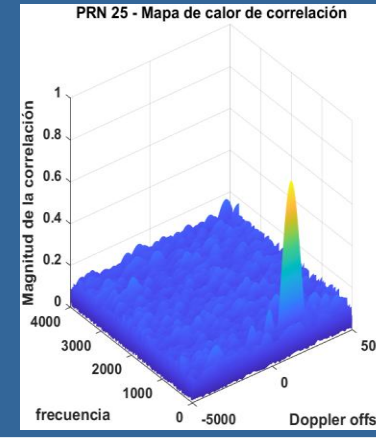


- Desarrollo -

Se realizaron experimentos tanto con señales sintéticas, como con objetivos reales captados en la Ría de Pontevedra.

El procesado de las señales se realizó en MATLAB, aplicando correlación cruzada y compensación Doppler y en fase.





- Conclusiones -

El sistema demostró ser eficaz en la detección de objetivos marítimos. Durante el trabajo se identificaron con éxito tanto barcos civiles como militares.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Diseño de un sistema de deposición controlada y recolección continua de fibras mediante fibrado electroestático

Autor: Andrés Chang Kim

Director: Jesús del Val García (jesusdv@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado se centra en el diseño y validación de un sistema de *electrospinning* con recolección continua y controlada de nanofibras mediante un colector rotatorio. El objetivo principal ha sido desarrollar un mecanismo funcional que mejore la homogeneidad en la deposición de fibras y facilite su escalabilidad, empleando soluciones mecánicas simples, materiales accesibles y componentes fácilmente integrables. El sistema diseñado incluye un cilindro colector de aluminio, accionado por un motorreductor de corriente continua, cuya velocidad se regula mediante modulación por ancho de pulso (PWM). El diseño incorpora también un sistema de guiado en los ejes X y Z para el posicionamiento de la aguja, y se ha tenido en cuenta tanto la seguridad eléctrica como la facilidad de ensamblaje y mantenimiento. Se ha construido un prototipo a escala, reutilizando materiales disponibles y con la colaboración del taller del centro, lo cual ha permitido validar la viabilidad de la propuesta. Además, se han realizado análisis estructurales mediante simulación con *Autodesk Inventor*, evaluando tensiones y desplazamientos en los componentes críticos. Los resultados indican que el diseño propuesto es mecánicamente robusto y adecuado para aplicaciones de laboratorio. Finalmente, se proponen futuras mejoras orientadas a la automatización, precisión del sistema y posibles adaptaciones a escala industrial.

Palabras clave: *Electrospinning*, Nanofibras, Colector rotatorio, Diseño experimental, Fabricación aditiva.

Diseño de un sistema de deposición controlada y recolección continua de fibras mediante fibrado electroestático

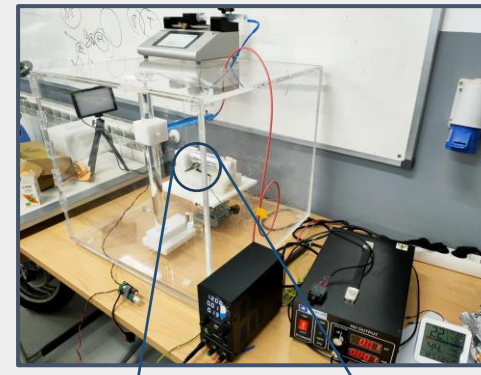
Autor: Andrés Chang Kim

Director: Jesús del Val García

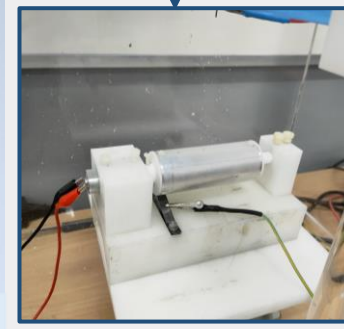
El *electrospinning*, permite fabricar nanofibras con aplicaciones biomédicas, textiles y de filtración.

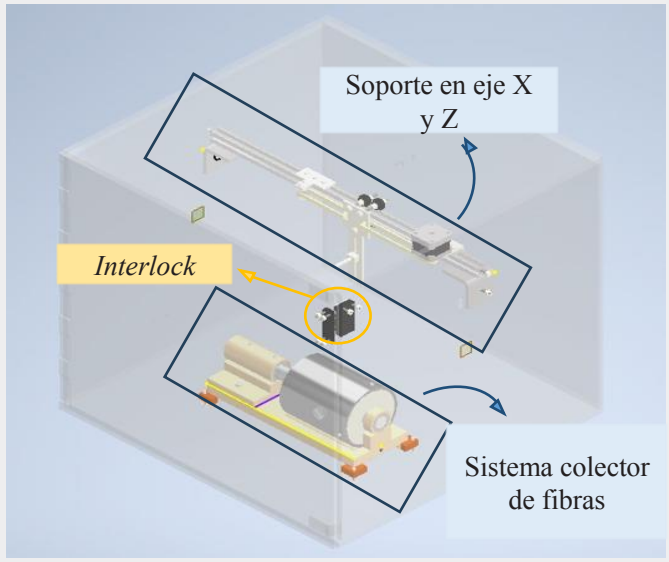
DISEÑO DEL SISTEMA

- ✓ colector cilíndrico rotatorio de aluminio
- ✓ sistema de posicionamiento X-Z para la aguja
- ✓ seguridad mediante sistema *interlock*









Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Análisis comparativo de la resistencia a la corrosión en acero con diferentes acabados superficiales

Autor: Jesús Descalzo Díez

Directores: Santiago Urréjola Madriñán (urrejola@cud.uvigo.es)
Jorge Eiras Barca (jeiras@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo de fin de grado analiza la resistencia a la corrosión de distintos acabados superficiales aplicados al acero, con el objetivo de evaluar su desempeño en entornos agresivos. Se estudiaron ocho tratamientos: fosfatado, pavonado TecnanBlueTM, pavonado en frío con ácido comercial, fosfatado con cataforesis, zincado en frío, pintado con aerosol, cobreado electrolítico y niquelado electrolítico. Para determinar su efectividad, las piezas fueron sometidas a pruebas en ambientes de estrés salino, simulando condiciones de exposición prolongada a agentes corrosivos. Los resultados obtenidos permitieron identificar que los tratamientos que ofrecen mayor protección son el pavonado TecnanblueTM y el pintado, mientras que los que presentan una degradación más acelerada son el fosfatado y el pavonado en frío con ácido comercial. Entre las conclusiones más relevantes, se destaca la influencia de la composición del recubrimiento en la durabilidad del material, así como la importancia del proceso de aplicación para garantizar una cobertura uniforme y efectiva. Este estudio proporciona información valiosa para sectores industriales y militares que buscan mejorar la resistencia de sus materiales frente a la corrosión. Además, sienta las bases para futuras investigaciones sobre combinaciones de recubrimientos y su desempeño en aplicaciones exigentes, como la industria naval y la fabricación de equipamiento de defensa.

Palabras clave: Acero, Corrosión, Tratamientos, Comparativa, Aplicación.

Análisis comparativo de la resistencia a la corrosión en acero con diferentes acabados superficiales

Autor: Jesús Descalzo Díez
Directores: Santiago Urréjola Madriñán y Jorge Eiras Barca

OBJETIVO

Estudio y análisis de la resistencia a la corrosión que ofrecen los acabados superficiales a piezas de acero

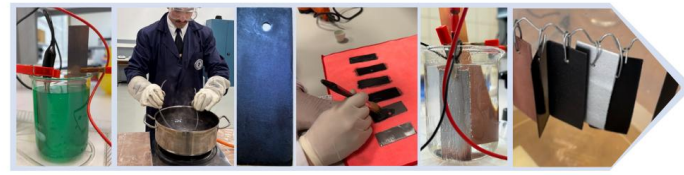
METODOLOGÍA

Se realizan los siguientes acabados para estudiar su resistencia en ambientes salinos principalmente y se analizará la oxidación que presentan:

- Fosfatado
- Pavonado Tecnanblue™
- Pintado con aerosol
- Fosfatado con cataforesis
- Cobreado electrolítico
- Zincado en frío
- Niquelado electrolítico

PARTE EXPERIMENTAL



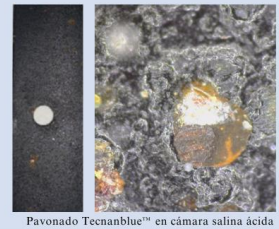


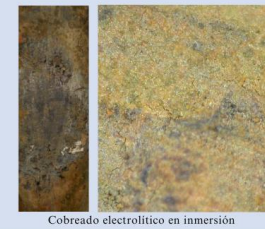
DESARROLLO DEL PROCESO

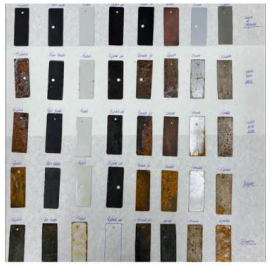
- Preparación de los ambientes:
  - Terraza pañol de buceo
  - Cámaras salinas: ácida y básica
  - Cámara de máquinas LLII
  - Inmersión
- Realización de los acabados:
- Monitorización de las piezas
- Retirada tras 3 semanas de exposición a los ambientes
- Toma de imágenes a microscopio
- Análisis de los resultados

ANÁLISIS A MICROSCOPIO


Fosfatado en la terraza del pañol de buceo


Pavonado Tecnanblue™ en cámara salina ácida


Cobreado electrolítico en inmersión



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta los factores evaluados en la tabla inferior, se seleccionan como métodos más eficientes y que mejores resultados ofrecen los siguientes:

1. **Pavonado Tecnanblue™**: Excelente acabado y resistencia en todos los medios a los que ha sido expuesto mostrando muy poca oxidación en los más demandantes.
2. **Zincado en frío**: Gran resistencia a la corrosión, facilidad de aplicación y buena estética de acabado
3. **Pintado**: Ofrece una buena protección y versatilidad cromática

					Ensayo resistencia a la corrosión					
	Facilidad proceso	Acabado	Coste	Tiempo	Cámara máquinas	Intemperie	Cámara salina ácida	Cámara salina básica	Inmersión	Σ
Fosfatado	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3
Pavonado Tecnanblue™	3	3	0	3	3	3	3	3	2	23
Pintado	1	3	1	1	3	3	3	2	3	20
Fosfatado con cataforesis	0	0	0	1	1	2	2	3	-	9
Pavonado en frío	2	1	1	2	0	0	0	0	0	7
Cobreado	2	1	3	2	2	1	1	1	1	13
Zincado	3	2	3	3	2	2	2	2	2	21
Niquelado	0	2	2	0	1	1	1	1	1	9

CONCLUSIONES

- Mejor desempeño en:
  - Facilidad del proceso: pavonado Tecnanblue™ y zincado en frío
  - Estética del acabado: pavonado Tecnanblue™ y pintado
  - Costes: cobreado y zincado en frío
  - Tiempo empleado: pavonado Tecnanblue™ y zincado en frío
  - Resistencia a la corrosión: pavonado Tecnanblue™ y pintado
- Selección final: pavonado Tecnanblue™
- Por lo tanto, se requiere de implementación del estudio en materia de nanopartículas como métodos de protección contra la corrosión

Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para la representación de datos AIS en tiempo real

Autor: Pablo Díaz García

Director: Miguel Rodelgo Lacruz (mrodelgo@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo se centra en el desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para dispositivos Android, que represente en tiempo real los datos AIS recibidos de embarcaciones cercanas. La aplicación amplía los avances logrados en una fase anterior del proyecto, en la que se alcanzaron resultados funcionales, aunque con ciertas limitaciones. En esta segunda fase, se ha trabajado en la integración de datos AIS reales mediante una antena VHF y un receptor SDR, así como la mejora de la precisión de los marcadores de realidad aumentada.

Para lograr este objetivo, se ha llevado a cabo un estudio detallado del sistema AIS, analizando sus tipos de mensajes, el formato NMEA y las posibilidades de representación de realidad aumentada. La aplicación, desarrollada con Unity y ARCore, recibe los datos del receptor SDR, los decodifica y los integra como marcadores virtuales posicionados según las coordenadas geoespaciales de las embarcaciones.

Los resultados confirman el potencial de esta herramienta para reforzar la seguridad marítima y portuaria, permitiendo una monitorización visual en tiempo real. Además, el proyecto sienta las bases para futuras mejoras y aplicaciones en el ámbito naval, tanto civil como militar.

Palabras clave: Realidad aumentada, AIS, Unity, NMEA, Seguridad marítima.

Desarrollo de una aplicación de Realidad Aumentada para representación de datos AIS en tiempo real

Autor: Pablo Díaz García
Director: Miguel Rodelgo Lacruz

Objetivo principal

Desarrollar una aplicación de Realidad Aumentada para representación de datos AIS en tiempo real

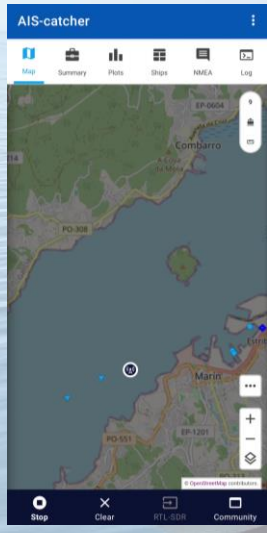
Unity

Desarrollo a través Unity



Haciendo uso de tecnologías, como una antena VHF, un receptor SDR y un dispositivo Android

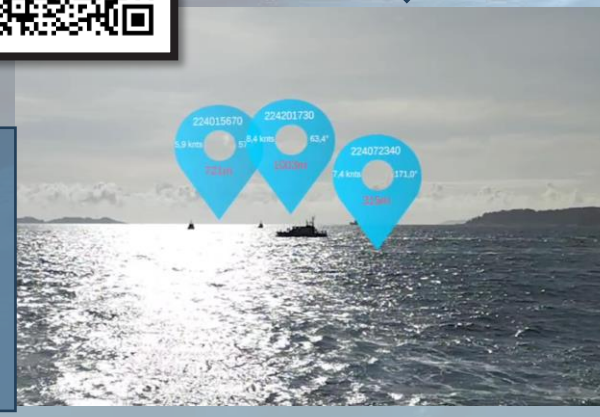
Recopilación de datos



Los datos AIS de embarcaciones cercanas se reciben mediante la aplicación AIS cátcher, que los transmite a la aplicación

Resultados

La aplicación decodifica los mensajes AIS recibidos y genera marcadores de realidad aumentada sobre la posición de cada embarcación.



Los marcadores cumplen su objetivo principal, posicionándose sobre las embarcaciones y mostrando información relevante en tiempo real. No obstante, se observan ciertos errores de precisión en su colocación, especialmente en el eje vertical y en el alineamiento horizontal.

Grado en Ingeniería Mecánica, 2024/2025

Diseño y fabricación de una pizarra táctica retroiluminada para lanchas de instrucción

Autor: Pedro Fernández de Benito

Directora: Araceli Regueiro Pereira (regueiro@cud.uvigo.es)

Resumen

El adiestramiento práctico a bordo constituye uno de los pilares fundamentales de la formación en la Escuela Naval Militar. En ese marco, este trabajo de fin de grado aborda el diseño, fabricación e instalación de una pizarra táctica retroiluminada en las lanchas de instrucción A-120, concebida como herramienta de apoyo visual durante la navegación y los ejercicios tácticos. La solución desarrollada integra tecnologías de diseño CAD con procesos de fabricación digital, combinando el corte láser de polipropileno multicapa para el marco con la impresión 3D de soportes personalizados en PLA. El sistema, concebido para una instalación no invasiva, se adapta a las restricciones estructurales del buque mediante abrazaderas que evitan modificaciones permanentes. La retroiluminación LED —conmutables entre luz blanca y roja— permite su uso en condiciones nocturnas sin comprometer la visión de la dotación. El trabajo incluye, además, análisis estructural por simulación, validación funcional mediante pruebas reales a bordo y evaluación mediante encuesta al personal embarcado. Más allá del desarrollo técnico, el proyecto busca enriquecer la experiencia formativa de las futuras promociones, empleando recursos propios del Centro Universitario de la Defensa. La pizarra se configura, así, como un instrumento didáctico y operativo que refuerza la profesionalización, la autonomía y la cultura de innovación en la formación naval.

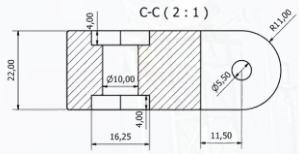
Palabras clave: Instrucción naval, Fabricación aditiva, Diseño CAD, Corte láser, Iluminación LED.

Diseño y fabricación de una pizarra táctica retroiluminada para lanchas de instrucción

Autor: Pedro Fernández de Benito

Directora: Araceli Regueiro Pereira

METODOLOGÍA



DISEÑO CAD

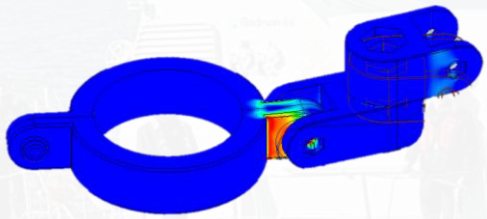


IMPRESIÓN 3D



CORTE LÁSER

ANÁLISIS DE TENSIONES



APORTACIONES

PRESENTACIÓN TÁCTICA ACCESIBLE

EMPLEO DIURNO Y NOCTURNO

ADAPTABILIDAD Y ERGONOMÍA

MONTAJE FINAL





Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Evaluación de riesgos en locales de preparación y manipulación de alimentos y propuestas de mejora: ejemplo de actuación en el patrullero «Tabarca»

Autora: Silvia Ferrer Moreno

Directores: Pedro Jesús Carrasco Pena (pedrocarrasco@cud.uvigo.es)
Francisco Javier Rodríguez Rodríguez (fjavierrodriguez@cud.uvigo.es)

Resumen

La Ley 31/1995 sobre Prevención de Riesgos Laborales es la trasposición de la Directiva UE 89/391/CEE, sobre la aplicación de medidas para garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores en el entorno laboral. Los buques de guerra constituyen un entorno altamente demandante para la realización de ciertas actividades. No solo por la complejidad del medio en el que operan, pues la mar es un entorno que alberga numerosos peligros, sino por la dureza de la vida a bordo. Un análisis de los riesgos en este ámbito es interesante para preservar el bienestar de los trabajadores. Por este motivo, el presente trabajo de fin de grado pretende llevar a cabo una evaluación de los riesgos encontrados en los locales relacionados con el fin mencionado anteriormente, empleando un método ofrecido por el Instituto de Seguridad y Salud en el Trabajo para las PYMES, y mediante el cual se pretende identificar los riesgos existentes en estos lugares de trabajo. Más adelante, con la herramienta OIRA, adaptada, se comprobará su validez en nuestro ámbito de estudio. Para poder proyectar este estudio sobre un buque real, se tomará como el patrullero Tabarca como buque base, junto con otras plataformas de generaciones posteriores para ver cómo ha sido la evolución en la gestión de estos riesgos con el paso de los años.

Palabras clave: PRL, Evaluación, Riesgos, Buques de guerra, Locales de manipulación de alimentos.

Evaluación de riesgos en locales de preparación y manipulación de alimentos y propuestas de mejora: ejemplo de actuación en el patrullero "Tabarca"

Autora: Silvia Ferrer Moreno
Directores: Pedro Jesús Carrasco Pena y Francisco Javier Rodríguez Rodríguez







INICIAL
Lista inicial

ESPECÍFICA
Evaluación PYMES

insst
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

PLATAFORMAS



OIRA

INNOVACIÓN

Herramienta OIRA







Medidas de prevención



CONCLUSIONES

- Validez INSST entornos específicos
- Utilidad OIRA
- Deficiencias comunes
- Gestión PRL Armada

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Análisis y evaluación del sistema de celdas Uber H3 en el procesamiento de datos AIS

Autor: Mario Florido López

Director: Miguel Rodelgo Lacruz (mrodelgo@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo analiza las prestaciones del sistema de indexación geoespacial Uber H3 en el procesamiento de datos geoespaciales generados por el *Automatic Identification System* (AIS), en un contexto donde el tráfico marítimo global exige soluciones capaces de manejar grandes volúmenes de información con precisión y eficiencia. Uber H3 organiza datos mediante particiones jerárquicas en celdas discretas para búsquedas rápidas y escalables, al ofrecer una estructura de geometría regular, se perfila como una alternativa frente a los sistemas tradicionales de indexación, permitiendo reducir distorsiones y mejorar el rendimiento de las operaciones de análisis. A través de simulaciones computacionales y aproximaciones analíticas, se evalúan aspectos clave como el error de posicionamiento inducido por la discretización en celdas, la cobertura espacial en áreas de interés y la representación de trayectorias AIS, todo ello considerando la relación entre granularidad y carga computacional. Los resultados permiten no solo constatar las capacidades del sistema en términos de escalabilidad y precisión, sino también identificar sus limitaciones y el impacto de estas en la interpretación y gestión de los datos. En conjunto, el estudio aporta una valoración crítica sobre la viabilidad operativa de H3 en aplicaciones marítimas, proponiendo nuevas vías para optimizar la organización y el análisis de información geoespacial en entornos dinámicos y de alta demanda.

Palabras clave: Biochar, Residuo, Valorización, Carbono, Carbonización hidrotermal.

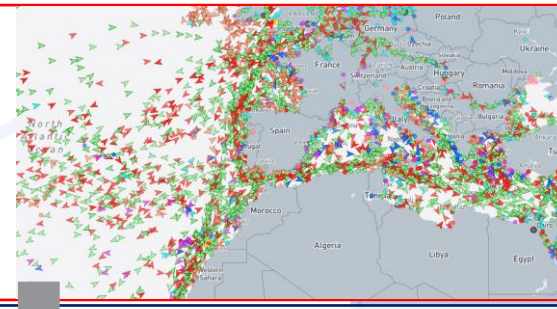
Análisis y evaluación del sistema de celdas Uber H3 en el procesamiento de los datos AIS

Autor: Mario Florido López
Director: Miguel Rodelgo Lacruz

PROBLEMA

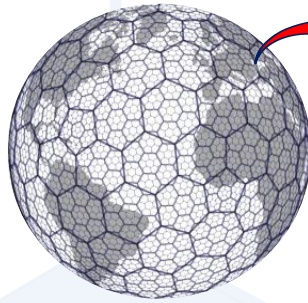
GRAN VOLUMEN DE DATOS 2D

El tráfico marítimo genera millones de datos AIS en tiempo real, dificultando su análisis y almacenamiento



SOLUCIÓN

INDEXACIÓN ESPACIAL UBER H3



2D
42º 23′ 56.18″ N
008º 42′ 17.62″ W

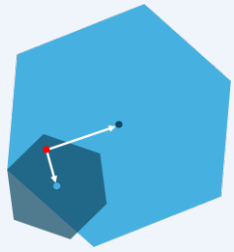
=

1D
8d3920c55d8247f

VENTAJAS
Menor carga computacional
Fácil indexado
Capacidad de elegir precisión

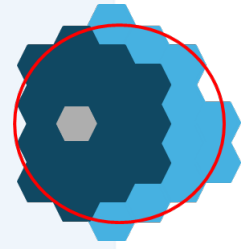
ERRORES

ÁREA



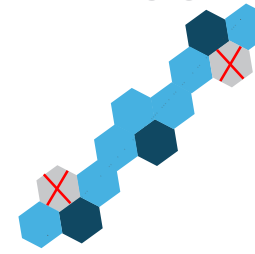
Asigna posición al centro independientemente de su ubicación en la celda

POSICIÓN



La representación de áreas de interés puede ser imprecisa

TRAYECTORIA



El movimiento discretizado entre celdas conlleva error en distancia y rumbo

RESULTADOS

0,123 km de error

98,99% área cubierta

10,49 % distancia
11,67 % rumbo

PARA RESOLUCIÓN 9

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Purificación de hidrógeno durante la fase de producción por reformado de glicerina

Autor: Alejandro de la Fuente Molpeceres

Director: Jorge Feijoo Conde (jfeijoo@cud.uvigo.es)

Resumen

La creciente demanda energética ha posicionado a los combustibles fósiles como la principal fuente de energía, tanto para la generación eléctrica como para la propulsión vehicular. Si bien estas fuentes energéticas han demostrado ser altamente eficientes y confiables, su explotación intensiva ha generado una creciente preocupación por los impactos ambientales, como el cambio climático y la contaminación atmosférica.

En este contexto, la investigación en nuevas tecnologías energéticas se ha intensificado, buscando alternativas más limpias y sostenibles. El hidrógeno, por sus propiedades energéticas y su potencial para generar electricidad sin emisiones directas de gases de efecto invernadero, se ha convertido en uno de los vectores energéticos más prometedores.

Este TFG se centra en evaluar la capacidad de purificación de dos catalizadores (ferroceno y níquel) en la producción de hidrógeno mediante el reformado de glicerina, utilizando para ello un reactor tubular de lecho fijo. A través de una serie de ensayos experimentales, probando tres tipos de soportes (alúmina, zeolita y dolomía), se evaluó la capacidad del sistema para eliminar los gases que impurifican el proceso. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el uso del Ni como catalizador sobre un soporte de dolomía permite alcanzar porcentajes de purificación superiores al 90 %.

Palabras clave: Hidrogeno, Ferroceno, Reformado de glicerina, Purificación y Níquel.

Purificación de hidrógeno durante la fase de producción por reformado de glicerina

Autor: Alejandro de la Fuente Molpeceres
Director: Jorge Feijoo Conde

1. Purificación mediante la adsorción de C para la síntesis de nanotubos

2. Purificación mediante el uso de Ni como catalizador

MATERIALES UTILIZADOS

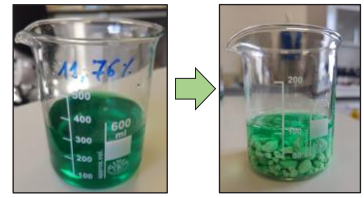
Soportes catalíticos



1. *Alúmina*
2. *Dolomía*
3. *Zeolita*

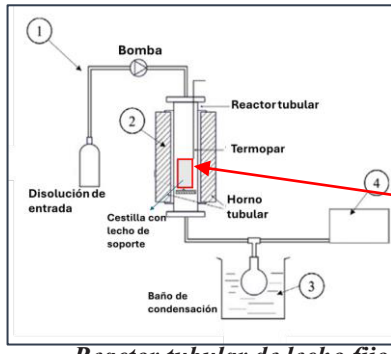


Experimento 1
Catalizador de **ferroceno** en disolución de tolueno / glicerina



Experimento 2
Catalizador de **Níquel** para impregnación de soportes

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL



Reactor tubular de lecho fijo

Parámetros operacionales
- Tª : 850 ºC
- Q alimentación disolución : 0,855 ml/s
- Altura lecho catalítico : 4 cm

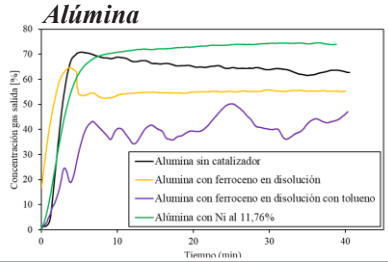
$$C_3H_8O_3 + 3\,H_2O \leftrightarrow 3\,CO_2 + 7\,H_{2(g)}$$

Ensayos realizados
- 4 Disolución Glicerina + Ferroceno
- 4 Disolución Tolueno + Ferroceno
- 5 Níquel impregnado

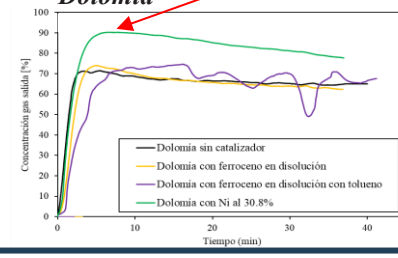
RESULTADOS

91% de pureza obtenida

Alúmina



Dolomía



CONCLUSIONES

$$\eta_{purificación\ Dolomía} > \eta_{purificación\ Alúmina}$$

Ni mejora producción de H_2, mientras que ferroceno solo es útil con la dolomía

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Desarrollo de un módulo base interactivo para la simulación de entornos inmersivos mediante realidad virtual

Autor: Jorge Gallego García

Directores: Xavier Núñez Nieto (xnnieto@cud.uvigo.es)
Francisco Troncoso Pastoriza (ftroncoso@cud.uvigo.es)

Resumen

La realidad virtual ha avanzado considerablemente en los últimos años, posicionándose como una herramienta clave en áreas como la educación, el entretenimiento y la simulación profesional. Este crecimiento ha despertado el interés de las Fuerzas Armadas, que buscan aprovechar sus ventajas para entrenamientos más seguros y realistas. Para lograr experiencias inmersivas, es fundamental una integración eficiente de dispositivos y periféricos, como sensores, sistemas hápticos y plataformas de movilidad, que permitan una interacción más natural y envolvente con el entorno virtual.

En este contexto, el presente trabajo desarrolla un módulo base de interacción en RV que permite a los usuarios interactuar con el mundo virtual de manera intuitiva, sin requerir conocimientos técnicos avanzados. El proyecto se centra en la integración de múltiples dispositivos con el fin de maximizar la interactividad y mejorar la experiencia del usuario. A través del diseño y la programación gráfica de distintos escenarios, se sientan las bases para aplicaciones futuras en ámbitos como la formación académica y profesional, el entretenimiento interactivo y la simulación avanzada para entornos laborales especializados.

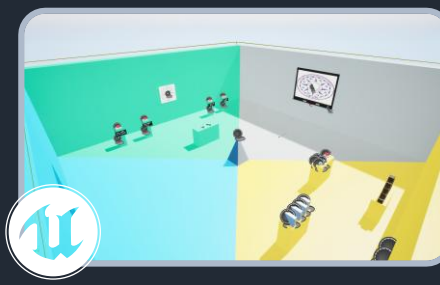
Palabras clave: Interacción virtual, *Blueprints*, Inmersividad, Dispositivos hápticos, Conectividad de periféricos.

Desarrollo de un módulo base interactivo para la simulación de entornos inmersivos mediante realidad virtual

Autor: Jorge Gallego García
Directores: Xavier Núñez Nieto y Francisco Troncoso Pastoriza

DISEÑO DEL ESCENARIO

El escenario se compone de cuatro zonas funcionales diferenciadas. Incluye una pirámide central como punto de visualización de objetos. Caracterizado por un estilo visual simple. Desarrollado en Unreal Engine 5.







UNREAL ENGINE

PROGRAMACIÓN

El comportamiento interactivo del entorno se ha programado mediante Blueprints en Unreal Engine 5, permitiendo definir acciones como colisiones, manipulaciones y respuestas hápticas.

INTEGRACIÓN DE PERIFÉRICOS

Se integraron periféricos mediante plugins específicos, permitiendo una comunicación fluida con el entorno virtual y aumentando el nivel de inmersión e interactividad.





REALIDAD VIRTUAL

En las simulaciones se experimenta de forma intuitiva el comportamiento programado del entorno, así como las funcionalidades asociadas a cada dispositivo.



Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Optimización de un procedimiento de vigilancia marítima en un escenario de recursos limitados

Autor: Rubén García Alonso

Directores: Sergio Borrallo Tirado (borrallo@cud.uvigo.es)
Débora Cores Carrera (cores@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado presenta una herramienta de optimización matemática diseñada para mejorar la eficiencia de los procedimientos de vigilancia marítima en contextos con recursos operativos limitados. El modelo se implementa en MATLAB y se fundamenta en programación no lineal con restricciones, utilizando el algoritmo fmincon para resolver el problema. La función objetivo es cuadrática, penalizando distribuciones ineficientes del tiempo extra de patrullaje entre áreas, y considerando parámetros como la probabilidad de sucesos de interés, la capacidad de detección de la plataforma, la importancia asignada por la autoridad y las condiciones meteorológicas. El modelo incluye restricciones de igualdad e inecuaciones que garantizan soluciones viables y coherentes. La herramienta incorpora interfaces gráficas que permiten la introducción de datos de forma intuitiva, así como la visualización automática de los resultados mediante gráficos de barras y mapas georreferenciados. Se han desarrollado pruebas en múltiples escenarios operativos, demostrando que el modelo es robusto, estable y escalable. Además, el código detecta entradas erróneas, valida condiciones mínimas y genera archivos de resultados organizados. Esta solución es aplicable a cualquier situación donde sea necesario optimizar la asignación de recursos bajo restricciones, y constituye una base sólida para futuras ampliaciones con técnicas de inteligencia artificial o datos en tiempo real.

Palabras clave: Optimización, Programación no lineal, Fmincon, Eficiencia operativa, Modelo matemático.

Optimización de un procedimiento de vigilancia marítima en un escenario de recursos limitados

Autor: Rubén García Alonso
Directores: Sergio Borrallo Tirado y Débora Cores Carrera

DESAFÍO

Optimizar la vigilancia marítima considerando restricciones operativas y **recursos limitados**

Maximizar la cobertura atendiendo a factores

SOLUCIÓN

Modelo matemático de optimización respetando restricciones logísticas y operativas

Herramientas de programación numérica

METODOLOGÍA

- Diseñar código en MATLAB capaz encontrar solución óptima
- Modelo de optimización no lineal con restricciones
- *fmincon* de MATLAB
- Norma cuadrática ℓ_2^2 de optimización
- Analizar robustez y escalabilidad

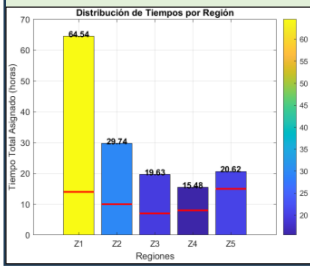
$$\min_x f(x) \; tal\; que \begin{cases} c(x) \le 0 \\ ceq(x) = 0 \\ A \cdot x \le b \\ Aeq \cdot x = beq \\ lb \le x \le ub \end{cases}$$

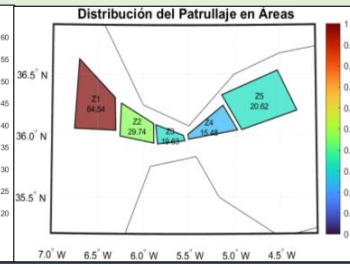
RESULTADO

- ✓ Herramienta capaz de calcular y distribuir tiempos de vigilancia en función de múltiples variables
- ✓ Resultados adaptables y aplicables con datos operativos reales

$$min_x f(x) = \sum_{i=1}^{n} (xi \cdot (3 - pi) \cdot Fm)^2$$

$$\| x \|_2^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i^2$$





RECURSOS LIMITADOS

- Número de patrulleros
- Autonomía de la plataforma
- Dotación disponible
- Capacidad del buque
- Factor meteorológico



Herramienta pionera en la Armada

Guardado automático de resultados

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

El problema del viajante de comercio

Autor: Alejandro García Sanz

Director: Rodrigo Mariño Villar (Rodrigo.marino@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo de fin de grado aborda el Problema del Viajante de Comercio (TSP), un desafío clásico de optimización combinatoria con amplias aplicaciones en logística, industria, inteligencia artificial o incluso el ámbito militar. Se formula el problema desde una perspectiva matemática y computacional, destacando su clasificación como problema *NP-hard*, lo que implica que su resolución exacta se vuelve inabordable conforme crece el número de nodos. El trabajo analiza en profundidad métodos exactos como la fuerza bruta y la programación dinámica, aproximaciones como el algoritmo de Christófides y métodos heurísticos cómo el método de inserción más cercana. También se mencionan métodos metaheurísticos, como el recocido simulado o la colonia de hormigas. Se presta especial atención a la aplicabilidad práctica de algunos de estos algoritmos, evaluando su rendimiento en escenarios reales con apoyo de la herramienta SageMath. Como caso práctico, se modela una misión de patrulla aérea en la zona del golfo de Cádiz y mar de Alborán, aplicando diferentes técnicas para minimizar la distancia recorrida. Este estudio busca proporcionar una visión clara sobre la efectividad de cada enfoque, sirviendo como guía para futuras implementaciones del TSP en contextos operativos más complejos, incluyendo el entorno de las Fuerzas Armadas.

Palabras clave: Optimización, Grafo, Circuito hamiltoniano, Complejidad computacional, *NP-hard*.

El problema del viajante de comercio

Autor : Alejandro García Sanz
Director: Rodrigo Mariño Villar

Realización de la ruta con un consumo mínimo de los recursos. + Pasar una única vez por una serie de puntos y regresar al origen.



EL NÚMERO DE SOLUCIONES, CRECE DE FORMA EXPONENCIAL RESPECTO AL NÚMERO DE NODOS.

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$
$$u_i \in \mathbb{Z}$$
$$\sum_{i=1,i\neq j}^{n} x_{ij} = 1 \quad \forall j$$
$$\sum_{j=1,j\neq i}^{n} x_{ij} = 1 \quad \forall i$$
$$u_i - u_j + n x_{ij} \leq n-1 \quad 2 \leq i \neq j \leq n$$
$$0 \leq u_i \leq n-1 \quad 2 \leq i \leq n$$

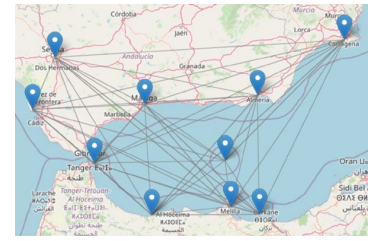
ECUACIONES. FORMULACIÓN MATEMÁTICA DEL PROBLEMA.

PATRULLA AÉREA AV-B8.



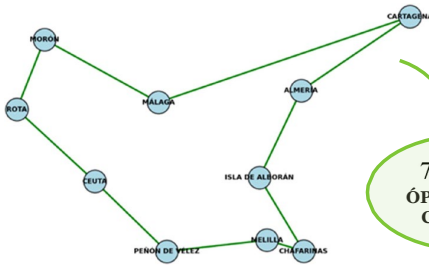
PLANTEAMIENTO DE RECORRIDOS:

SageMath.



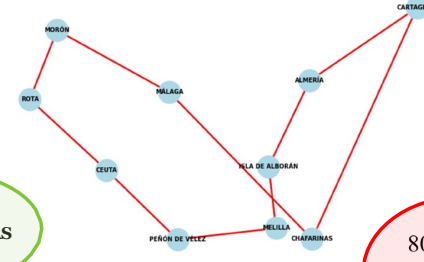
GRAFO CON TODAS LAS ARISTAS VISIBLES QUE LO INTERCONECTAN.

MÉTODOS EXACTOS



728,61MN
ÓPTIMO Y MÁS COMPLEJO.

MÉTODOS HEURÍSTICOS



809,03MN
SUBÓPTIMO Y MÁS RÁPIDO.

¿SOLUCIÓN ÓPTIMA O COMPLEJIDAD RAZONABLE?

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual

Autora: Sara García-Cubillana López

Directores: Xavier Núñez Nieto (xnnieto@cud.uvigo.es)
Francisco Troncoso Pastoriza (ftroncoso@cud.uvigo.es)

Resumen

En la actualidad, las tecnologías inmersivas permiten recrear entornos virtuales con alto grado de realismo, aportando valor en numerosos sectores. En el ámbito militar, la realidad mixta destaca por potenciar la formación mediante experiencias visuales envolventes y detalladas. En este contexto, el presente trabajo se centrará en el modelado gráfico de un dron aéreo de combate, optimizado para su exploración en un entorno de realidad mixta. Se llevará a cabo el diseño digital del vehículo a partir de referencias visuales y datos técnicos, modelando con precisión tanto la estructura externa como los componentes internos. Una vez completado el ensamblaje tridimensional, el modelo se exportará al motor Unreal Engine 5, donde se implementarán funcionalidades interactivas mediante programación visual. Se desarrollarán modos de visualización que permitirán al usuario examinar tanto el conjunto completo como cada una de sus partes por separado, incluyendo animaciones de despiece y un menú interactivo para navegación. El resultado final será una experiencia inmersiva que facilitará la comprensión estructural y operativa del dron, mostrando el potencial de la realidad mixta como herramienta de aprendizaje, formación técnica y apoyo al adiestramiento militar.

Palabras clave: UCAV, Modelado 3D, *Blueprints*, Realidad mixta, Visualización inmersiva.

Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual

Autora: Sara García-Cubillana López
Directores: Xavier Núñez Nieto y Francisco Troncoso Pastoriza

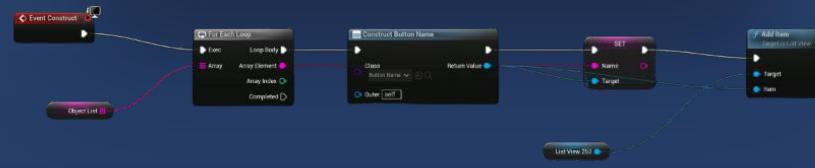
MODELADO CAD

Diseño detallado de un UCAV en 3D, con geometría precisa y ensamblaje completo en **Inventor,** cada componente está preparado para integrarse en simulaciones interactivas y entornos virtuales



PROGRAMACIÓN CON BLUEPRINTS

Programación visual en **Unreal Engine** para dar vida al modelo: animaciones, explosionados y respuesta interactiva en tiempo real, sin necesidad de código tradicional



REALIDAD MIXTA





Visualización inmersiva con gafas **Meta Quest 3,** el modelo se proyecta en el entorno real a escala real, permitiendo exploración libre del modelo



Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Cuantificación y caracterización de aguas residuales generadas en buques de la Armada

Autora: Sofía Garro Martínez

Directoras: Leticia Pérez Rial (leticia@cud.uvigo.es)
Lorena González Gil Lorena.gonzalez@cud.uvigo.es)

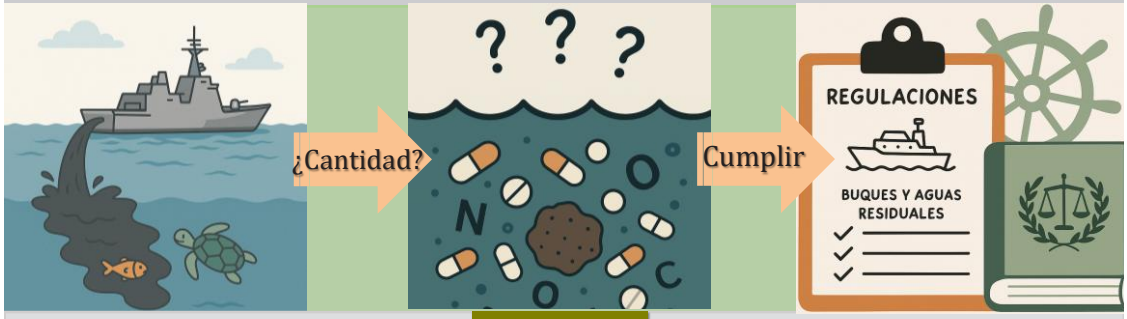
Resumen

Este trabajo de fin de grado aborda la cuantificación y caracterización de las aguas residuales generadas en diferentes buques de la Armada española. Mediante el análisis experimental de muestras recogidas en siete unidades representativas, se evaluaron parámetros fisicoquímicos clave (pH, turbidez, sólidos, DQO, nitrógeno y fósforo) y contaminantes emergentes (ibuprofeno, naproxeno y diclofenaco), permitiendo conocer la carga contaminante previa al tratamiento. Además, se estimaron los caudales generados a bordo mediante modelos teóricos, dada la falta de datos reales de medición. Los resultados evidencian que las aguas residuales navales presentan una carga contaminante similar o superior a la de buques civiles y sistemas urbanos, destacando especialmente los elevados niveles de nutrientes y materia orgánica. También se observó una gran variabilidad entre buques, condicionada por su tipología, dotación y sistema de recogida. A partir de estos hallazgos, se proponen líneas de mejora en el diseño, mantenimiento y monitorización de los sistemas TAR a bordo, contribuyendo a una gestión más eficiente y sostenible de los efluentes generados en el entorno naval. Este estudio representa una primera aproximación integral a la realidad operativa de la flota y sienta las bases para futuras investigaciones en materia de tratamiento de aguas residuales en buques militares.

Palabras clave: Aguas residuales, Buques militares, Contaminantes emergentes, Tratamiento a bordo, Caracterización fisicoquímica.

Cuantificación y caracterización de aguas residuales generadas en buques de la Armada

Autora: Sofía Garro Martínez
Directoras: Leticia Pérez Rial y Lorena González Gil



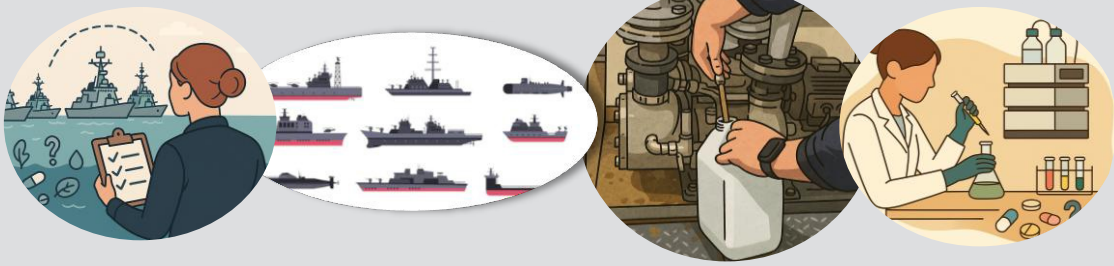
DESARROLLO

1. Recopilación de información

2. Selección de buques

3. Toma de muestras

4. Análisis en el laboratorio



RESULTADOS

Alta carga contaminante: superior a valores de aguas residuales urbanas y buques civiles

Contaminantes emergentes detectados: concentraciones variables según el buque

Diferencias entre buques: la carga contaminante generada depende de dotación, actividad sanitaria y sistema recogida de aguas

CONCLUSIÓN

- Investigación contaminantes emergentes
- Adopción de tecnologías eficientes
- Adaptar sistemas TAR a cada buque
- Conveniente instalación caudalímetros digitales a bordo

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Trayectorias de consumo eficiente: un modelo de optimización con variables binarias

Autor: Adriá Gavaldá González

Directora: Débora Cores Carrera (cores@cud.uvigo.es)

Resumen

A lo largo de la historia, la navegación ha sido un elemento clave en el desarrollo económico y estratégico de las naciones. Con el avance de la tecnología y la creciente preocupación por la eficiencia y el consumo energético en el transporte marítimo, se hace necesario el uso de herramientas que permitan optimizar trayectorias en función de múltiples restricciones.

En este contexto, el presente trabajo de fin de grado propone el desarrollo de un modelo de optimización de rutas marítimas mediante programación binaria en MATLAB, capaz de determinar la trayectoria mínima entre dos puntos sobre una malla espacial discretizada. Además, se contempla la posibilidad de introducir obstáculos dinámicos, simulando condiciones reales como zonas restringidas o áreas no navegables.

El algoritmo implementado, basado en la función *intlinprog*, ha sido validado a través de diferentes casos de estudio, entre ellos la conexión entre los puertos de Cádiz y Recife o entre A Coruña y Nueva York, mostrando cómo el sistema adapta la ruta en función del entorno. El resultado es una herramienta versátil que combina conceptos de optimización matemática, navegación marítima y simulación, con aplicaciones en logística, planificación táctica y eficiencia energética naval.

Palabras clave: Programación binaria, Rutas marítimas, Optimización, Obstáculo, Ortodrómica.

Trayectorias de consumo eficiente: Un modelo de optimización con variables binarias

Autor: Adriá Gavaldá González
Directora : Débora Cores Carrera



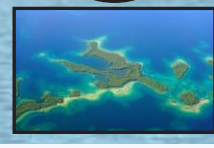
Objetivo
Mediante el software de MATLAB, generar un programa que minimice la distancia con restricciones binarias: 0 o 1

El transporte marítimo representa el 80% del comercio mundial. Además, es el responsable del 3% de las emisiones de CO2

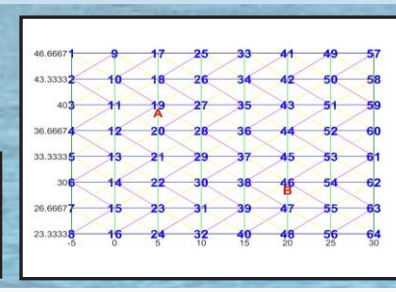
¿Como?: Discretizaremos el espacio marítimo donde se incluirán obstáculos que el programa deberá sortear





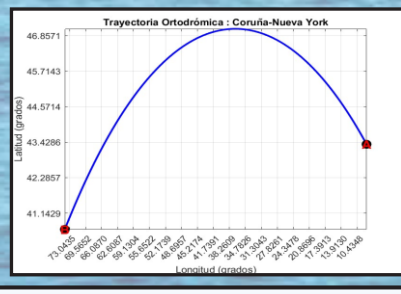




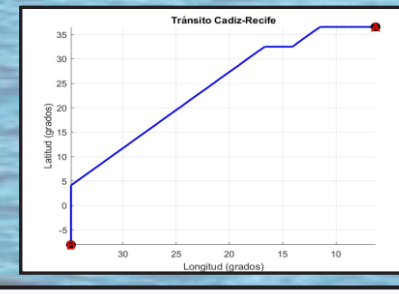


EJEMPLOS

Sin obstáculos



Con obstáculos



CONCLUSIÓN: El programa, mediante la función "*intlinprog*", se adapta eficazmente a trayectos cortos y largos, incluso en presencia de obstáculos, ajustando automáticamente la trayectoria. Ofrece una solución versátil y precisa para la planificación de rutas en distintos escenarios, garantizando siempre la distancia mínima.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Análisis comparativo del rendimiento y sostenibilidad en lanchas de instrucción mediante el empleo de HVO como combustible

Autor: Alejandro Gordillo Herranz

Directores: Lara Febrero Garrido (lfebrero@cud.uvigo.es)
Antón Cacabelos Reyes (acacabelos@cud.uvigo.es)

Resumen

Este TFG surge de la creciente necesidad de reducir el impacto ambiental del transporte marítimo, especialmente en el contexto de la descarbonización del sector naval. Motivado por los objetivos de sostenibilidad, y, en particular, por el compromiso de las Fuerzas Armadas con la reducción de su huella de carbono, el estudio plantea una alternativa al uso de combustibles fósiles convencionales en buques de instrucción. En este marco, se evalúa el HVO como posible sustituto del gasóleo tradicional utilizado en las lanchas de instrucción de la Escuela Naval Militar. La metodología llevada a cabo consiste en un análisis comparativo del comportamiento de ambos combustibles en condiciones reales de navegación. Se utilizan dos lanchas gemelas, una con HVO y otra con gasóleo B, monitorizando su consumo durante las salidas a la mar de los alumnos y midiendo las emisiones mediante un analizador de gases portátil. Además, se evalúan aspectos logísticos como la producción, suministro y coste del HVO. La conclusión principal del estudio es que el HVO puede sustituir al gasóleo convencional sin comprometer el rendimiento ni requerir modificaciones técnicas, suponiendo una mejora medioambiental, ya que también queda comprobado que reduce emisiones contaminantes como CO_2 y NO.

Palabras clave: HVO, Descarbonización, Biodiésel, Lancha de instrucción, Sostenibilidad.

Análisis comparativo del rendimiento y sostenibilidad en lanchas de instrucción mediante el empleo de HVO como combustible

Autor: Alejandro Gordillo Herranz
Directores: Lara Febrero Garrido y Antón Cacabelos Reyes

OBJETIVO ¿Es el HVO un sustituto viable del diésel actual en las Lanchas de Instrucción?

DESARROLLO

Análisis comparativo

- Consumo de combustible de cada embarcación
- Estudio de emisiones de gases de escape
- Análisis de la logística



HVO
Hydrotreated Vegetable Oil



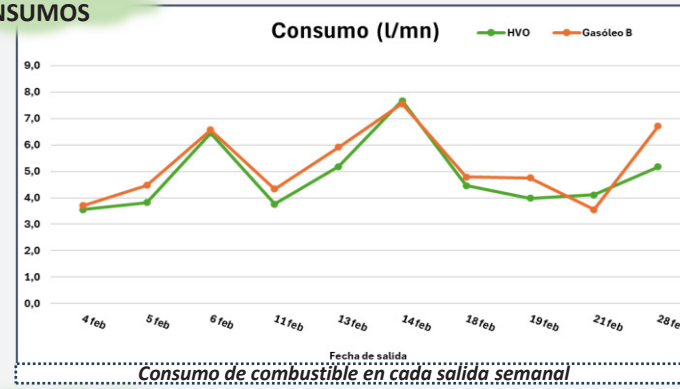
Lanchas de instrucción

RESULTADOS

CONSUMOS

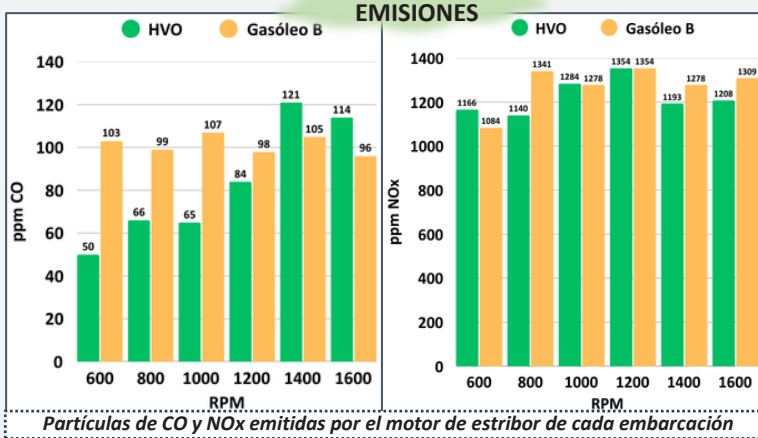
Revoluciones por minuto (rpm)	Consumo en litros por hora (l/h)
600	11,62
800	19,54
1000	30,08
1200	46,04
1400	68,85
1600	93,42

Relación consumo-velocidad motor de estribor GM Barrutia



Consumo de combustible en cada salida semanal

EMISIONES



Partículas de CO y NOx emitidas por el motor de estribor de cada embarcación

CONCLUSIONES

- ✓ El HVO reduce considerablemente las emisiones de GEI.
- ✓ Su aplicación es compatible con la logística de la ENM.
- ✓ Demuestra ser una alternativa viable para las Lanchas de Instrucción.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Análisis experimental de los factores que influyen en la concentración de gas radón disuelto en agua de consumo.

Autor: Alfredo Guerrero Muñoz

Directores: Santiago Rafael Urréjola Madriñán urrejola@cud.uvigo.es)
Arturo González Gil (arturogg@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo de fin de grado tuvo como objetivo evaluar la concentración de radón en fuentes y manantiales de la península del Morrazo, analizando la influencia de factores geológicos, hidrogeológicos y fisicoquímicos. En primer lugar, se llevó a cabo una revisión sobre la literatura en fuentes académicas, de la que se extrajo que la concentración de radón en el agua resulta de la combinación de los parámetros estudiados sugiriendo que el resultado final será variable dependiendo de cómo interactúen entre sí dichas condiciones y parámetros. Para realizar el estudio, se realizaron muestreos en veintiocho fuentes, midiendo la concentración de radón mediante el equipo RTM 1688-2 de SARAD, junto con parámetros complementarios como pH, temperatura del agua, caudal, turbidez y concentración de fosfatos. Posteriormente, de estas dos fuentes, se seleccionaron dos, en las que se timaron muestras repetitivas a diferentes horas del día durante un periodo de tiempo, estudiando, además de los parámetros mencionados, la variación de la meteorología. Los resultados mostraron variabilidad significativa, con concentraciones sin sobrepasar el límite normativo de 500 Bq/l. Se confirmó que la litología, el grado de fracturación y la profundidad del acuífero son factores importantes, pero no determinantes en este estudio; mientras que el pH y la temperatura podrían modular la movilidad del uranio y el radón.

Palabras clave: Radón, Fuentes, Factores fisicoquímicos, Factores meteorológicos, Factores geológicos.

Análisis experimental de los factores que influyen en la concentración de gas radón disuelto en agua de consumo

Autor: Alfredo Guerrero Muñoz
Directores: Santiago Rafael Urréjola Madriñán y Arturo González Gil

INTRODUCCIÓN

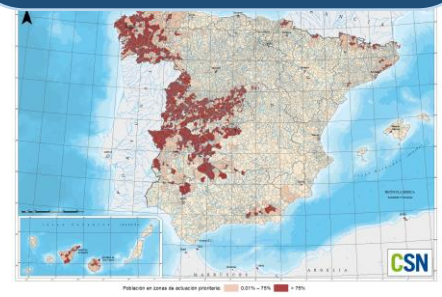
- → RADÓN 2º CAUSA CÁNCER DE PULMÓN
- → CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE GALICIA FAVORECEN CONCENTRACIÓN DE RADÓN
- → POBLACIÓN CONSUME AGUA DE MANANTIAL
- → POCOS ESTUDIOS DE RADÓN EN AGUA

OBJETIVOS

- → REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
- → AMPLIAR INFORMACIÓN EN PENÍNSULA DE MORRAZO
- → EVALUAR FACTORES QUE AFECTAN AL RADÓN EN EL AGUA

ESTADO DEL ARTE

- → NORMATIVA VIGENTE
- → ESTUDIOS PREVIOS
- → FACTORES QUE AFECTAN Y CORRELACIONES
- → MÉTODOS EMPLEADOS





- → Ph
- →TURBIDEZ
- →FOSFATOS
- →Tº AGUA
- →CONDICIONES METEO
- →GEOLOGÍA

DESARROLLO

- → MUESTREO DE 28 FUENTES
- → MUESTREO ESPECÍFICO
- → ANÁLISIS DE RADÓN EN MUESTRAS
- → ANÁLISIS DE PARÁMETROS

FONTE DO ARRABALDE

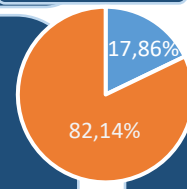
FONTE DO IGREXARIO

RTM 1688-2



RESULTADOS

- → 82% DE FUENTES SUPERAN LOS 100 Bq/l.
- → CORRELACIONES CON TEMPERATURA, PRECIPITACIONES Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA
- → GEOLOGÍA NO DETERMINANTE



CONCLUSIONES

- → RIESGO RADIOLÓGICO REFUTADO
- → A MENOR TEMPERATURA DEL AGUA, MEJOR SOLUBILIDAD DEL RADÓN.
- → PRESENCIA DE FOSFATOS PUEDE MODULAR EL RADÓN
- → CORRELACIÓN POSITIVA CON PRECIPITACIONES ACUMULADAS (6h)

Desarrollo de técnicas de *beamforming* en 3D para apuntamiento de satélites GNSS

Autor: Antonio Guerrero Vázquez

Directores: Rubén Nocelo López (rubennocelo@cud.uvigo.es)
José María Núñez Ortuño (jnunez@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado estudia la aplicación de técnicas de *beamforming* para mejorar la recepción y localización de señales GNSS mediante el uso de arrays de antenas. Se ha analizado cómo la geometría del array y la separación entre elementos afectan al rendimiento del sistema, con el objetivo de optimizar la precisión en la estimación de la dirección de llegada de las señales satelitales y minimizar la presencia de interferencias.

Para ello, se ha diseñado un sistema basado en *Software Defined Radio* (SDR) y procesamiento digital de señales, empleando herramientas como GNU Radio y MATLAB para la captura y análisis de datos. Se han implementado diferentes configuraciones de arrays, como *Uniform Linear Array* (ULA) y *Uniform Circular Array* (UCA), evaluando sus ventajas e inconvenientes.

A partir de pruebas experimentales, se ha validado la efectividad del sistema, comparando los resultados obtenidos con resultados teóricos. Finalmente, se presentan conclusiones sobre la eficacia del método propuesto y se sugieren posibles mejoras para optimizar su aplicación en entornos reales.

Palabras clave: *Beamforming*, GNSS, Arrays de antenas, Apuntamiento 3D, Procesamiento de señales.

Desarrollo de técnicas de beamforming en 3D para apuntamiento de satélites GNSS

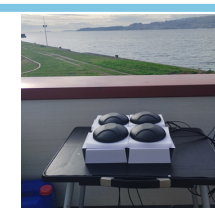
Autor: Antonio Guerrero Vázquez
Directores: Rubén Nocelo López y José María Núñez Ortuño

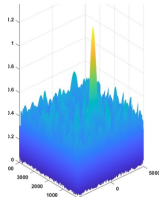
INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Este proyecto tiene como objetivo la implementación de técnicas de beamforming en 3D para la hallar en azimut y elevación la posición de satélites GNSS

ARRAY DE ANTENAS UTILIZADO

- Antenas Taoglas Spartan MA600
- 3 en 1 (WIFI, Telefonía y GNSS)
- Distancia entre elementos 0.84λ



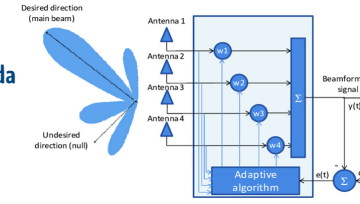


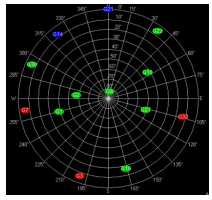
IDENTIFICACIÓN POR PRN Y CORRECCIÓN EN FASE Y DOPPLER

Se recibe la señal, se identifica el satélite por su PRN y se corrige en fase y Doppler.

APLICACIÓN DE BEAMFORMING

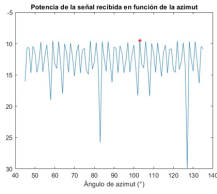
Se combinan las señales corregidas de cada antena para determinar la ubicación del satélite en azimut y elevación.

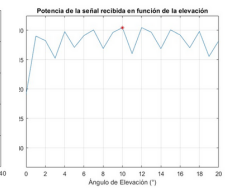


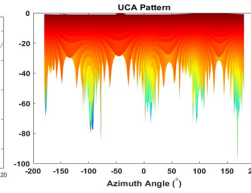


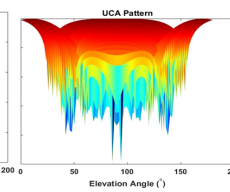
DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y MEJORAS IMPLEMENTADAS

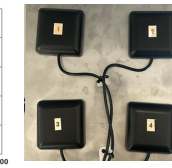
Los resultados se validan con simulaciones teóricas y datos reales de U-center y se utiliza un array con separación λ/2, para tratar de mejorar dichos resultados.











CONCLUSIONES

- El beamforming en 3D es viable experimentalmente.
- La separación entre elementos del array afecta la precisión.
- La configuración con λ/2 mejora los resultados.

LÍNEAS FUTURAS

- Aumentar elementos para mayor directividad.
- Explorar nuevas geometrías.
- Integrar algoritmos en tiempo real.

Diseño de dron submarino autónomo para inteligencia y minado

Autor: Brais Hidalgo Mera

Directores: Pedro Carrasco Pena *(pedrocarrasco@cud.uvigo.es)*
Gerardo González-Cela Echevarría (gerarcela@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente TFG consiste en el estudio conceptual de un AUV modular con autonomía ilimitada, diseñado para ampliar las capacidades de la Armada en operaciones encubiertas en aguas de litoral enemigas.

A lo largo de este trabajo, se han estudiado, calculado y resuelto las cuestiones necesarias para validar el concepto de este tipo de vehículos. Entre las que se incluyen los cálculos de volúmenes y desplazamientos, hidrodinámica y resistencia al avance, consumo energético, y el diseño estructural. Una de las conclusiones principales de este estudio es que la construcción de un AUV con las características propuestas es viable, tanto en términos de peso y desplazamiento volumétrico como de necesidades energéticas.

Además, se ha determinado una disposición modular del AUV con un espacio multimisión y se ha propuesto una estrategia energética basada en la energía mareomotriz para lograr una gran autonomía, de tal forma que con agrupaciones de tres o cuatro submarinos se puede mantener la presencia permanente en el área de operaciones. El coste estimado para el desarrollo de un solo submarino es de 24,4 millones. Sin embargo, con el proyecto de diez submarinos, el coste estimado de fabricación medio por unidad se sitúa alrededor de los 4,85 millones de euros.

Palabras clave: AUV, Inteligencia, Autonomía, Submarino, Mina.

Diseño de AUV submarino autónomo para inteligencia y minado

Autor: Brais Hidalgo Mera

Directores: Pedro Carrasco Pena y Gerardo González-Cela Echevarría

Estudio de Concepto

Misiones

-Operaciones de minado
-Operaciones de ISR con presencia permanente
-Recogida de datos para preparación de desembarcos anfibios
-Bloqueo de puertos y tráfico marítimo
-Operaciones de sabotaje

Características

-Task Force de 3-4 AUVs
-Comunicación satélite
-Independencia de apoyos de otras unidades
-Presencia en zona de operaciones 24/7
-Alta maniobrabilidad y poco calado
-Entorno operativo en zonas de litoral

Diseño Resultante



Eslora: 11,6 m
Manga: 2,8 m
Puntal: 1,5 m
Velocidad máxima: 7 kn
Profundidad máxima: 200 m
Δsup: 25,56 t
Autonomía en navegación: 200 MN realizando ISR: 40 días

Resultados y viabilidad del concepto

Se ha conseguido diseñar un submarino autónomo capaz de albergar los equipos necesarios para llevar a cabo las misiones objetivo, cumpliendo los requerimientos de peso, espacio y energía. El **coste de fabricación unitario** estimado para un lote de 10 submarinos es de **4,85 millones de euros**

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Generación de datos sintéticos para entrenamiento de sistemas basados en aprendizaje automático supervisado

Autora: Marta Hidalgo Sánchez

Directores: Belén Barragáns Martínez (belen@cud.uvigo.es)
Pablo Sendín Raña (pablo@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo se centra en la generación de datos AIS (*Automatic Identification System*) estáticos de forma sintética para el entrenamiento de modelos de aprendizaje automático supervisado, en contextos donde los datos reales son escasos o están desbalanceados. En particular, los datos sintéticos generados tendrán como finalidad mejorar el entrenamiento de un sistema de predicción de tipo de buque.

Se realiza una revisión de diversas técnicas de generación de datos sintéticos y, considerando el tipo de dato que se desea generar, se seleccionan TVAE, *Gaussian Copula* y CTGAN. La generación se realiza tanto de forma global como segmentada por tipo de barco, con el objetivo de preservar las proporciones reales y las relaciones internas de los datos. Los datos sintéticos obtenidos se someten a una intensa fase de evaluación que incluye métricas estadísticas (KS-test, correlaciones, chi-cuadrado), visualizaciones (PCA, t-SNE, KDE), y pruebas de utilidad mediante el modelo de clasificación. Además, se discute el impacto del tamaño de muestra sobre las pruebas estadísticas y la influencia de los atributos en el entrenamiento de modelos de clasificación. El estudio concluye que la generación controlada por clase mejora la fidelidad de los datos sintéticos y puede ser clave en entornos con datos desequilibrados

Palabras clave: Datos sintéticos, Aprendizaje automático, AIS, TVAE, CTGAN.

Generación de datos sintéticos para entrenamiento de sistemas basados en aprendizaje automático supervisado

Autora: Marta Hidalgo Sánchez
Directores: Belén Barragáns Martínez y Pablo Sendín Raña

CONTEXTO

En entornos como el marítimo, los datos del Sistema de Identificación Automática (AIS) pueden ser escasos, incompletos o desbalanceados, lo que dificulta el entrenamiento de modelos de aprendizaje automático

OBJETIVO

Investigar y aplicar técnicas de generación de datos sintéticos para mejorar el entrenamiento de modelos de aprendizaje automático en el ámbito marítimo, utilizando datos AIS estáticos

Step 1 Estudio de los datos AIS reales

Step 2 Selección técnicas de generación de datos

Step 3 Generación de datos sintéticos

Step 4 Análisis y validación de los datos sintéticos

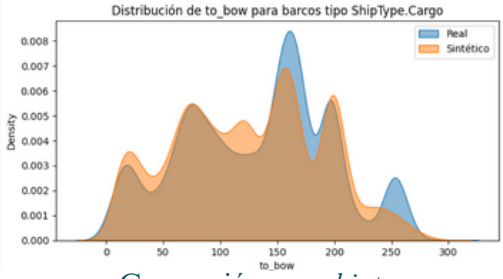
TVAE
Gaussian Copula
CTGAN

EVALUACIÓN

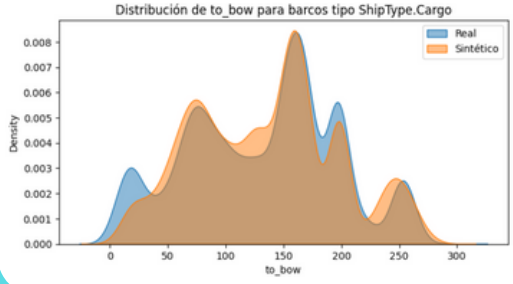
Chi - cuadrado
KS-test
Distribuciones densidad
Estadisticas descriptivas
Matrices de correlación
Gráficos PCA y t-SNE
Random Forest

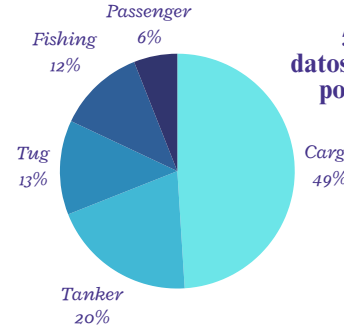
RESULTADOS

Generación sin agrupación por *shiptype*



Generación por *shiptype*





50000 datos sintéticos por prueba

CONCLUSIONES

- ✔ TVAE
- ✔ Generación por *shiptype*
- ✔ *Data Augmentation*
- ✘ Relaciones matemáticas

Eficacia de sistemas de depuración instalados en buques de la Armada para el tratamiento de aguas residuales generadas a bordo

Autor: Guillermo Huertas Roldán

Directora: Lorena González Gil (lorena.gonzalez@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado tiene como objetivo analizar la eficacia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales instalados en diferentes buques de la Armada. El estudio evalúa el rendimiento de estas plantas frente a los estándares establecidos por la normativa internacional vigente, principalmente el Convenio MARPOL, abarcando tanto contaminantes regulados como emergentes con potencial impacto ambiental.

Para ello, se seleccionaron cuatro buques con distintos tipos de plantas de tratamiento: tres de tipo fisicoquímico y una biológica. Se tomaron muestras en diferentes puntos del proceso y se realizaron análisis de laboratorio para determinar parámetros como pH, turbidez, sólidos totales y en suspensión, DQO, nitrógeno, fósforo y presencia de fármacos. Los resultados muestran que las plantas fisicoquímicas, cuando están bien operadas, eliminan eficazmente nutrientes (N y P), aunque no siempre cumplen todos los parámetros de la normativa. Finalmente, se compararon las distintas tecnologías empleadas y se formularon propuestas orientadas a optimizar el rendimiento y la sostenibilidad ambiental del tratamiento a bordo.

El enfoque seguido en el presente trabajo ha permitido no solo comprobar el grado de cumplimiento de los límites establecidos por la normativa internacional, sino también identificar las principales fortalezas y debilidades operativas de cada sistema.

Palabras clave: Aguas residuales, Armada, Plantas de tratamiento, MARPOL, Contaminantes.

Eficacia de sistemas de depuración instalados en buques de la Armada para el tratamiento de aguas residuales generadas a bordo

Autor: Guillermo Huertas Roldán
Directora: Lorena González Gil

1. Selección de los buques a estudiar y toma de muestras

F-102	F-105	Cantabria	Cartagena
			
Físico-química Hipoclorito	Físico-química Ozono	Físico-química Hipoclorito	Biológica Rayos UV

2. Análisis de contaminantes en laboratorio

Contaminantes convencionales (*regulados*)

- ***pH***
- Turbidez
- Sólidos (ST, ***SST***)
- ***DQO***
- Nutrientes: ***(N, P)***

Contaminantes emergentes

- Antiinflamatorios
- Antibióticos

3. Evaluación de resultados

¿Eficacia (%) plantas TAR?

- **Físico-químicas:** ↑% nutrientes
- **Biológica:** ↑% Solidos
- **F-102:** ↑% fármacos

¿Cumplimiento MARPOL?

- pH y Nutrientes
- **Físico-químicas:** SST y DQO
- **Biológica:** SST, DQO y P

4. Conclusiones

- Desempeño variable: alta eficiencia en algunos parámetros, pero deficiencias.
- Potencial de mejora mediante la implementación de tecnologías que permitan cumplir la normativa y proteger el medio marino.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Producción de *biochar* a partir de residuos: pirólisis asistida por microondas y carbonización hidrotermal

Autora: María Justicia Ais

Directoras: Rocío Maceiras Castro (rmaceiras@cud.uvigo.es)
Leticia Pérez Rial (leticia@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo aborda la problemática ambiental derivada de la generación de residuos orgánicos y su potencial valorización mediante la producción de *biochar*. Para ello, se han empleado dos técnicas: pirólisis asistida por microondas y carbonización hidrotermal (HTC) con autoclave, aplicadas a residuos como cáscaras de naranja, posos de café y piel de plátano y patata.

La pirólisis asistida por microondas se llevó a cabo aplicando diferentes potencias (450, 600 y 800 W), mientras que la HTC se realizó con distintos tiempos de reacción (dos y cutro horas), analizando la influencia en el *biochar* obtenido. Los resultados fueron comparados con el método HTC convencional para determinar el método más efectivo para la producción de *biochar*. Asimismo, se ha realizado un estudio estadístico (ANOVA) evaluando la influencia de la potencia y el tiempo en las propiedades del *biochar*.

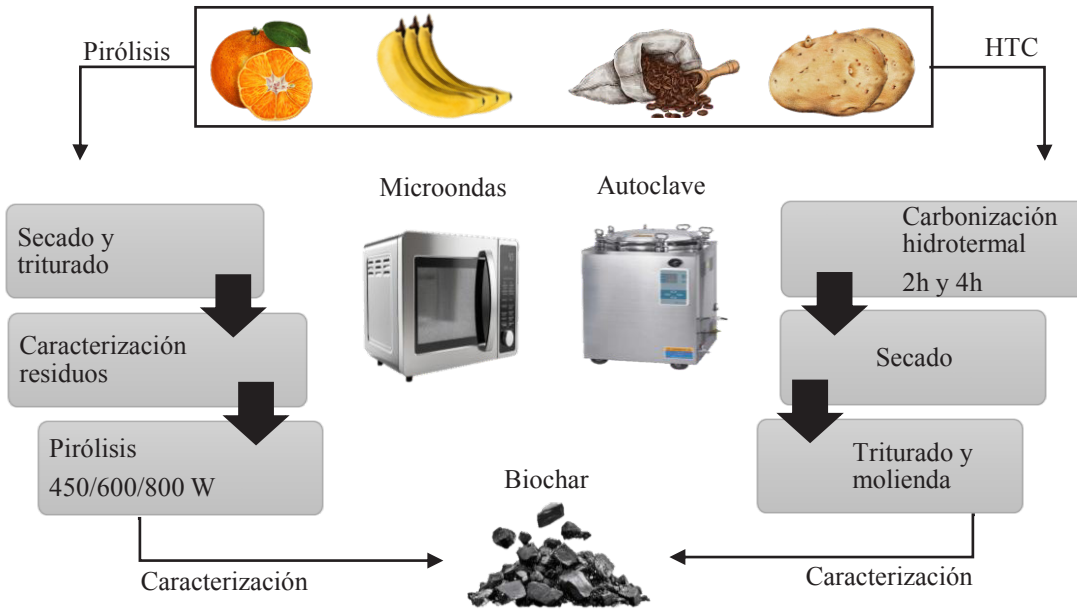
Los *biochar* fueron caracterizados para identificar los usos más adecuados en función de sus propiedades. Los resultados indican que la pirólisis a 800 W genera el mayor rendimiento y poder calorífico, mientras que la HTC a cuatro horas favorece una mayor retención de carbono. Finalmente, el residuo que presentó los mejores resultados en rendimiento y contenido de carbono fijo fueron los posos de café.

Palabras clave: *Biochar*, Residuo, Valorización, Pirólisis asistida por microondas, Carbonización hidrotermal.

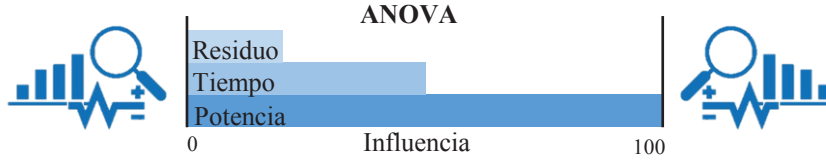
Producción de biochar a partir de residuos: pirólisis asistida por microondas y carbonización hidrotermal

Autora: María Justicia Ais
Directoras: Rocío Maceiras Castro y Leticia Pérez Rial

Con el presente TFG se pretende comparar la producción de biochar mediante pirólisis asistida por microondas y carbonización hidrotermal con autoclave, analizando la influencia de potencia y tiempo de reacción, así como sus posibles aplicaciones







Grado en Ingeniería Mecánica **2024/2025**

Análisis de ciclos de carga y descarga en sistemas PSA: evaluación de adsorbentes para la captura de CO_2

Autora: Andrea Lanzat Albadalejo

Directores: Rocío Maceiras Castro (rmaceiras@cud.uvigo.es)
Víctor Alfonsín Pérez (valfonsin@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo evalúa el comportamiento de cinco adsorbentes (zeolita 13X, carbón activo, sílica gel, zeolita natural y zeolita natural calcinada) en un sistema PSA (*Pressure Swing Adsoprtion*) orientado a la purificación de hidrógeno. Se realizaron ensayos de adsorción-desorción con mezclas gaseosas a presión de adsorción constante (3 bar) y dos niveles de presión de desorción (3 y 0,5 bar), empleando once ciclos por material. Se determinaron la capacidad de adsorción de CO_2, los tiempos de ruptura y la eficiencia de purificación de H_2. La zeolita calcinada alcanzó la mayor capacidad de adsorción, mientras que el carbón activo mostró un mejor equilibrio entre retención y estabilidad cíclica. La influencia del cociente P_a/P_d en la regeneración se analizó comparando los resultados a ambas presiones de desorción. Se ajustaron tres modelos cinéticos al primer ciclo de cada material; el modelo de Avrami presentó el mejor ajuste y se aplicó al resto de los ciclos. Los resultados permiten establecer comparaciones entre materiales y condiciones operativas y ofrecen una base para la selección de adsorbentes en sistemas PSA para separación de gases.

Palabras clave: PSA (*Pressure Swing Adsoprtion*), Adsorbentes, Captura de CO_2, Purificación de H_2, Modelo cinético de Avrami.

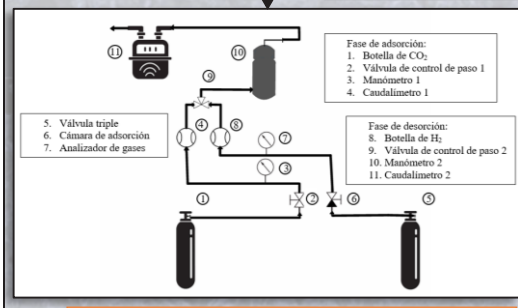
Análisis de ciclos de carga y descarga en sistemas PSA: evaluación de adsorbentes para la captura de CO_2

Autora: Andrea Lanzat Albaladejo
Directores: Rocío Maceiras Castro y Víctor Alfonsín Pérez

OBJETIVO ⟶ **Captura de CO_2 con distintos adsorbentes**

Esquema dispositivo experimental

ADSORBENTES



- Carbón activo
- Zeolita 13X
- Sílica gel

- Zeolita natural
- Zeolita calcinada

CONDICIONES DE OPERACIÓN

$P_a/P_d = 1$
Caudal 0,5 l/min

$P_a/P_d = 6$
Caudal 0,5 l/min

RESULTADOS

Carbón activo
25,11 %

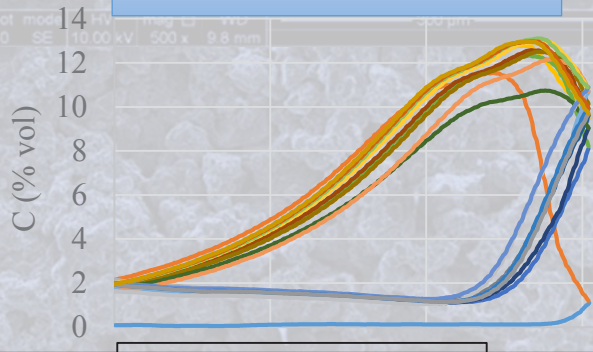
Eficiencia para purificar hidrógeno

Zeolita calcinada
52,208 mg/kg

Capacidad máxima de adsorción

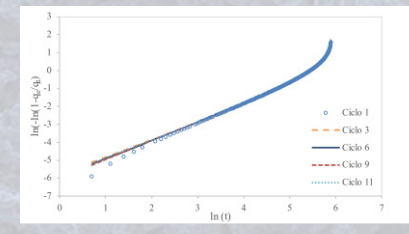
Modelo cinético	Ecuación no lineal
Pseudo-primer orden	$\left(\frac{dq_t}{dt}\right) = k_1 \cdot (q_e - q_t)$
Pseudo-segundo orden	$\left(\frac{dq_t}{dt}\right) = k_2 \cdot (q_e - q_t)^2$
Avrami	$\left(\frac{dq_t}{dt}\right) = (k_A t)^{n_A} \cdot (q_e - q_t)$

Ciclo de histéresis



Carbón activo $P_a/P_d = 1$

Modelo cinético de Avrami



Adsorción de zeolita 13X

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Evaluación del rendimiento energético de distintos fluidos en un intercambiador de microcanales

Autor: Ignacio Liaño Cuquerella

Directores: José Ignacio Iglesias Prado (jiprado@cud.uvigo.es)
Javier Pérez Vallejo (jvallejo@cud.uvigo.es)

Resumen

La creciente demanda de sistemas de gestión térmica eficientes en electrónica de potencia y dispositivos compactos exige nuevos enfoques en la selección de fluidos, especialmente aquellos compatibles con criterios medioambientales y de seguridad dieléctrica. En este contexto, cobra relevancia el análisis de fluidos alternativos con propiedades térmicas y eléctricas adecuadas, especialmente en configuraciones exigentes como los intercambiadores de microcanales. Este trabajo de fin de grado evalúa el rendimiento energético de distintos fluidos en un intercambiador de microcanales, con especial atención a aceites vegetales como alternativas sostenibles al agua en refrigeración líquida. Para ello, se ha utilizado un banco experimental basado en un sistema de refrigeración líquida para microprocesadores. Se han analizado comparativamente el agua y dos aceites vegetales (maíz y soja), bajo condiciones de operación realistas mediante el control del sistema hidráulico y eléctrico. Dadas las limitaciones experimentales impuestas por las propiedades termofísicas de los aceites, el estudio se ha complementado con un análisis teórico mediante figuras de mérito (FOM), que permite estimar su potencial térmico. El trabajo propone una metodología aplicable a futuras investigaciones sobre intercambiadores térmicos con fluidos alternativos, contribuyendo al desarrollo de soluciones sostenibles en refrigeración electrónica.

Palabras clave: Refrigeración de dispositivos electrónicos, Transferencia de calor, Intercambiador de calor de microcanales, Convección, Aceites vegetales.

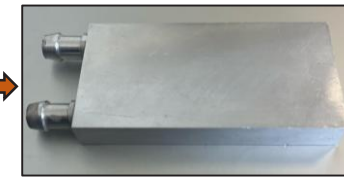
Evaluación del rendimiento energético de distintos fluidos en un intercambiador de microcanales

Autor: Ignacio Liaño Cuquerella
Directores: Jose Iglesias Prado y Javier Pérez Vallejo

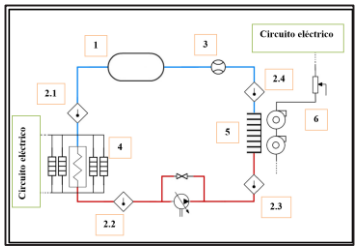
Objetivo: Evaluar el rendimiento y características térmicas de aceites en un intercambiador



	Agua	Maíz	Soja
ρ (kg/m^3)	1000,1	925,7	927,50
μ (Pa·s)	0,001304	0,107400	0,107400
k (W/m·K)	0,5805	0,1727	0,1724
cp (J/kg·K)	4192,8	2250,0	1900,0

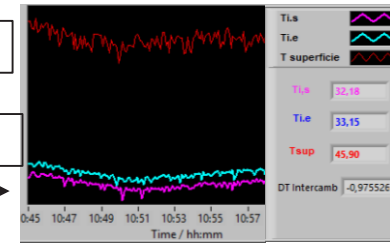


Metodología: Evaluación en banco experimental y análisis mediante figuras de mérito (FOM)

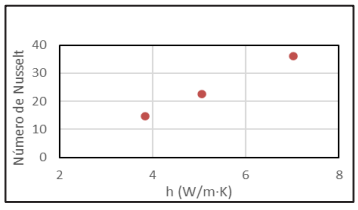


Banco de ensayos

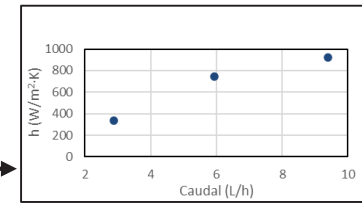
Adquisición de datos



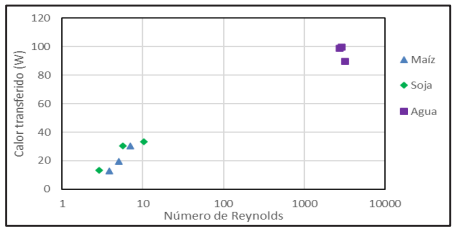
Resultados: Resultados prometedores del uso de aceites vegetales como fluidos térmicos en refrigeración de dispositivos electrónicos.



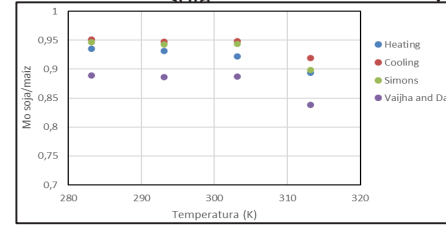
Validación de ensayos con modelos teóricos



Análisis de fluidos térmicos: Agua >> Aceites



Análisis mediante FOM: Aceite de maíz > Aceite de soja



Grado en Ingeniería Mecánica, **2024-2025**

Diseño de una plataforma naval para la recarga de drones: disposición general de sistemas y balance energético

Autor: Fernando López Gómez-Millán

Directores: Pedro Carrasco Pena (pedrocarrasco@cud.uvigo.es)
Ana Ogando Martínez (ana.ogando@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado desarrolla el diseño de una plataforma naval autónoma destinada a la recarga de drones aéreos. La principal motivación del proyecto radica en la necesidad de extender la autonomía operativa de estos vehículos, abordando una de sus mayores limitaciones: el suministro energético. La plataforma, basada en un diseño de catamarán, optimiza estabilidad, y cuenta con un sistema de generación y almacenamiento de energía mediante paneles solares y baterías de fosfato de hierro y litio.

El sistema de recarga implementado utiliza estaciones de intercambio de baterías, lo que permite minimizar el tiempo de inactividad de los drones y mejorar su operatividad en misiones de vigilancia, reconocimiento y operaciones anfibias. Se han llevado a cabo estudios de estabilidad, balance energético y consumo eléctrico, validando la viabilidad del diseño. Asimismo, se han analizado distintos métodos de propulsión y autonomía, garantizando un funcionamiento sostenible incluso en entornos marítimos adversos.

Este proyecto representa una solución innovadora para mejorar la operatividad de drones en misiones estratégicas, facilitando operaciones prolongadas sin intervención humana.

Palabras clave: Plataforma naval, Recarga de drones, Energía renovable, Autonomía operativa, Catamarán autónomo.

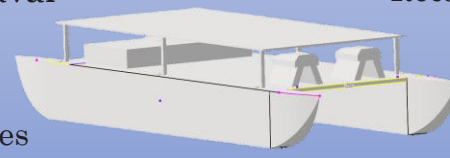
Diseño de una plataforma naval para la recarga de drones: disposición general de sistemas y balance energético

Autor : Fernando López Gómez-Millán
Directores: Pedro Carrasco Pena y Ana Ogando Martínez

Plataforma naval

Autónoma

Operaciones anfibias

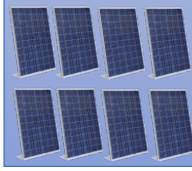


Recarga de drones

Energía renovable

+ de 3 días autonomía

Placas solares



16 paneles PV → 8,16 kW

Estación de recarga

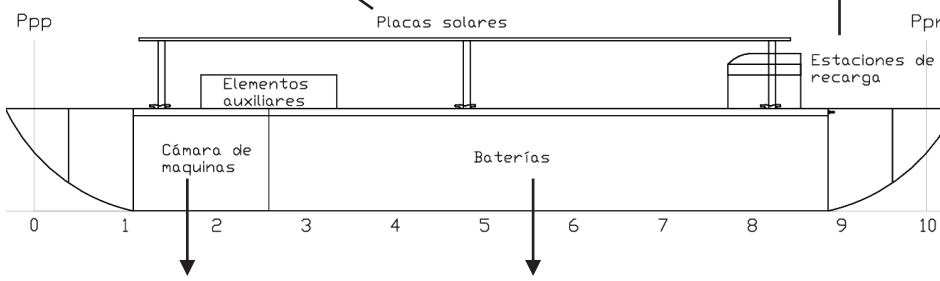


Almacenamiento y recarga

Sistema de cambio de batería

X 2





Motor



Rav → 1,12 kW

Eléctricos

X 2

Baterías

$LiFePO_4$

Total → 143,36kW



X 16

Características

Eslora → 14 m

Manga → 5 m

Calado → 0,8 m

Precio → 500000EUR

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Análisis multicriterio de técnicas de almacenamiento de hidrógeno

Autor: Adrián López Granados

Directora: Rocío Maceiras Castro (rmaceiras@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo aborda un análisis exhaustivo de las tecnologías de almacenamiento de hidrógeno, un vector energético clave en la transición hacia sistemas sostenibles. Se ha realizado un estudio detallado sobre las diferentes alternativas de almacenamiento, considerando aspectos como seguridad, eficiencia, impacto ambiental, coste e implementación. Para evaluar de manera objetiva estas tecnologías, se han aplicado dos métodos de análisis multicriterio: AHP (Proceso de Análisis Jerárquico) y TOPSIS (Técnica para la Ordenación de Preferencias según la Similaridad con la Solución Ideal). El estudio se ha dividido en dos enfoques: en primer lugar, una evaluación general sobre el almacenamiento de hidrógeno y, posteriormente, enfocado en el sector marítimo, sobre todo, en buques, adaptando los criterios a los desafíos específicos de la industria naval.

Además de la aplicación de estos métodos, se ha llevado a cabo un estudio en profundidad sobre el hidrógeno, un vector clave en la transición energética hacia una economía descarbonizada y sostenible, analizando sus propiedades, aplicaciones y su papel en el desarrollo de sistemas energéticos sostenibles.

Palabras clave: Hidrógeno, Almacenamiento, Análisis multicriterio, AHP, TOPSIS.

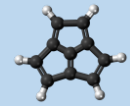
Análisis multicriterio de técnicas de almacenamiento de hidrógeno

Autor: Adrián López Granados
Directora: Rocío Maceiras Castro

ANÁLISIS

1 Comparación y evaluación alternativas almacenamiento





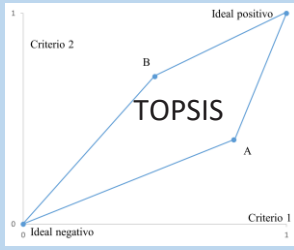
CRITERIOS

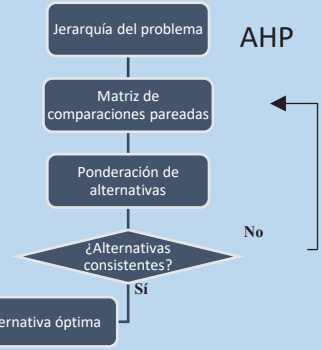
- **C1** Seguridad
- **C2** Eficiencia
- **C3** Capacidad
- **C4** Durabilidad
- **C5** Madurez tecnológica
- **C6** Impacto ambiental
- **C7** Coste
- **C8** Escalabilidad

METODOLOGÍA

2 Ranking criterios y estudio alternativas mediante AHP y TOPSIS





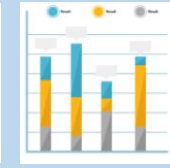


AHP

RESULTADOS

3 Identificación de alternativa óptima de almacenamiento

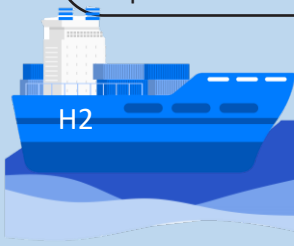




CASO DE ESTUDIO

4 Análisis de alternativas en el ámbito marítimo

Estudio alternativas y aplicación métodos



CONCLUSIONES

5 Análisis de los resultados obtenidos





Hidruros metálicos e hidrógeno comprimido como alternativas mejor valoradas

Grado en Ingeniería Mecánica, 2024/2025

Desarrollo de un modelo de batería de ion-litio para estimar su vida útil utilizando un sistema de carga-descarga

Autor: Alberto Lorca Tobalina

Director: Víctor Ángel Alfonsín Pérez (valfonsin@cud.uvigo.es)

Resumen

El creciente uso de baterías de ion de litio en sistemas navales y de alta exigencia energética hace necesario contar con herramientas que permitan anticipar su degradación. Este trabajo desarrolla un modelo de batería con química de litio-ferrofosfato para estimar su vida útil a partir de ensayos experimentales. Para analizar el efecto de la intensidad en la degradación, se han realizado ciclos de carga y descarga completos a dos niveles de corriente: baja (2 A) y alta (5 A). Durante los ensayos, se ha registrado la evolución de parámetros como tensión, capacidad y temperatura, y se ha realizado un seguimiento periódico, cada diez ciclos, de la curva de tensión en circuito abierto frente al estado de carga de la batería como indicador de envejecimiento. A partir de estos datos, se ha implementado en Simulink un modelo basado en un circuito equivalente con parámetros variables (resistencia interna, coeficiente de Peukert, etc.), capaz de reproducir el comportamiento dinámico de la celda tanto en carga como en descarga. La validación del modelo frente a los datos reales mostró un error cuadrático medio inferior al 1 % respecto de la tensión total en todos los casos analizados, lo que confirma su utilidad como herramienta predictiva. Este enfoque permite anticipar la degradación y optimizar la gestión energética, siendo especialmente relevante para aplicaciones en entornos críticos.

Palabras clave: Tensión de circuito abierto (OCV), Estado de carga (SOC), Batería $LiFePO_4$, Envejecimiento, Modelado.

Desarrollo de un modelo de batería de ion-litio para estimar su vida útil utilizando un sistema de carga-descarga

Autor: Alberto Lorca Tobalina
Director: Víctor Ángel Alfonsín Pérez

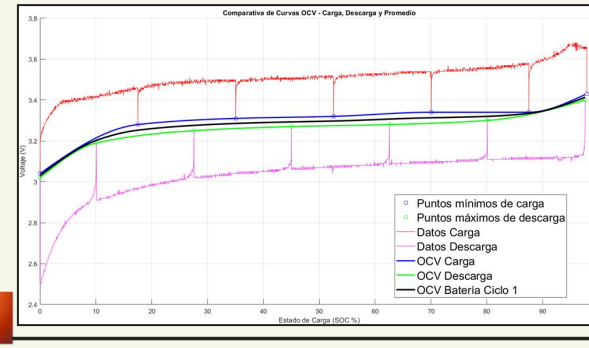
CONTEXTO Y MOTIVACIÓN

- LAS BATERÍAS LIFEPO$_4$ SE USAN EN SISTEMAS CRÍTICOS NAVALES Y VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE TRACCIÓN
- ALTA FIABILIDAD, SEGURIDAD Y LARGA VIDA ÚTIL
- SU DEGRADACIÓN AFECTA AL RENDIMIENTO Y LA SEGURIDAD.
- ESTIMAR SU VIDA ÚTIL PERMITE MEJORAR EL MANTENIMIENTO.
- SE PROPONE UN MODELO PARA PREDECIR SU ENVEJECIMIENTO.

ENSAYOS EXPERIMENTALES

- BATERÍA LIFEPO$_4$
- CORRIENTES: 2 A (BAJA) Y 5 A (ALTA)
- CARGAS (CC-CV) Y DESCARGAS CONTROLADAS (50 CICLOS)
- CÁLCULO OCV-SOC



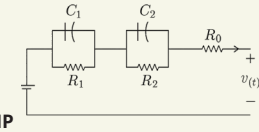


MODELADO DE LA BATERÍA

MEDIANTE MODELO EQUIVALENTE RC DUAL

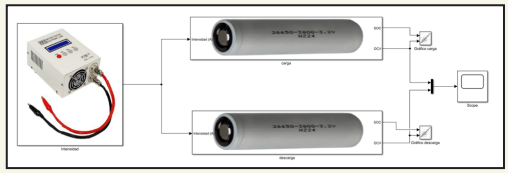
MODELADO DE LA BATERÍA EN SIMULINK:

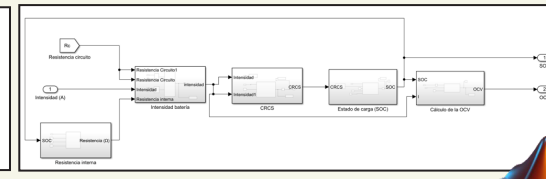
- HISTÉRESIS
- R INTERNA VARIABLE
- PEUKERT





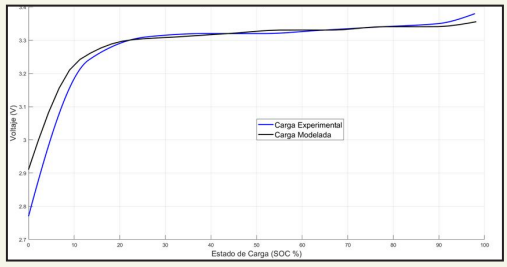
CURVA OCV–SOC EXPERIMENTAL AJUSTADA POR INTERPOLACIÓN PCHIP





COMPARACIÓN MODELO

- HISTÉRESIS DIFERENCIADA ENTRE CARGA Y DESCARGA, REFLEJANDO EL COMPORTAMIENTO REAL.
- LA CURVA OCV SIMULADA PRESENTA UN ERROR CUADRÁTICO MEDIO (RMSE) INFERIOR AL 1% RESPECTO A LOS DATOS EXPERIMENTALES.



CONCLUSIONES

- MODELO VALIDADO: IMPLEMENTACIÓN DE UN CIRCUITO RC DOBLE EN SIMULINK CON CURVA OCV-SOC INTERPOLADA Y APLICACIÓN DE LA LEY DE PEUKERT.
- ALTA COHERENCIA: ERROR CUADRÁTICO MEDIO INFERIOR AL 1% (≈0,0235 V) AL COMPARAR SIMULACIONES Y ENSAYOS EXPERIMENTALES.
- DISCREPANCIAS EN BAJO SOC: MAYOR DESVIACIÓN EN LOS PRIMEROS TRAMOS POR EFECTOS DE HISTÉRESIS Y RESISTENCIA INTERNA.
- APLICACIÓN PRÁCTICA: HERRAMIENTA ROBUSTA PARA PREDECIR EL ENVEJECIMIENTO Y OPTIMIZAR LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN SISTEMAS CRÍTICOS.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Análisis energético del funcionamiento del sistema de absorción utilizado en frigoríficos de pequeña capacidad

Autor: Eduardo Isidro Martínez Boado

Directores: Antón Cacabelos Reyes (acacabelos@cud.uvigo.es)
Arturo González Gil (arturogg@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo analiza los sistemas de refrigeración por absorción como alternativa eficiente y sostenible frente a los sistemas de compresión de vapor. Tras una revisión bibliográfica detallada, se estudian los fundamentos termodinámicos, la evolución histórica de la refrigeración y las principales diferencias entre los sistemas de compresión y absorción, con especial énfasis en los ciclos de difusión-absorción. La parte experimental se centra en el análisis energético de dos frigoríficos de pequeña capacidad, modelos «Electrolux» y «ananké», ambos basados en esta variante de la absorción convencional que emplea amoniaco-agua para su ciclo de refrigeración y presentan diferencias de diseño claves para entender sus principios de funcionamiento. Se han evaluado parámetros esenciales como el coeficiente de rendimiento, la capacidad frigorífica o la capacidad de aislamiento bajo diferentes condiciones de carga. Los resultados confirman la viabilidad del uso de estos sistemas en aplicaciones específicas, destacando su simplicidad, bajo nivel de ruido y capacidad de operar con calor como fuente de alimentación. Como líneas futuras, se propone optimizar el diseño de componentes y explorar el uso de fuentes de energía renovables, fomentando así un mayor desarrollo de esta tecnología en entornos donde el uso de electricidad es limitado.

Palabras clave: Sistemas de refrigeración, Absorción, Compresión de vapor, Difusión-absorción, Amoniaco-agua.

Análisis energético del funcionamiento del sistema de absorción utilizado en frigoríficos de pequeña capacidad

Autor: Eduardo Isidro Martínez Boado
Directores: Antón Cacabelos Reyes y Arturo González Gil

OBJETIVOS

- ✓ Análisis y comparación del sistema de absorción con **otros métodos** de refrigeración
- ✓ Evaluación del **desempeño energético**
- ✓ **Estudio experimental** con dos frigoríficos de pequeña capacidad

SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

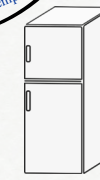
1. Por absorción
2. Por compresión de vapor
3. Sistemas de Difusión-Absorción

FASE EXPERIMENTAL

"ELECTROLUX"



sistema empleado

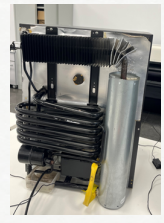


"ANANKÉ"

METODOLOGÍA

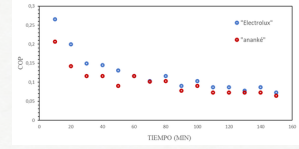
1. Eficiencia
2. Aislamiento térmico
3. Análisis de los ciclos de absorción
4. Análisis específico de *"Electrolux"*



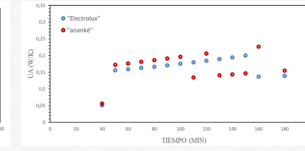


RESULTADOS

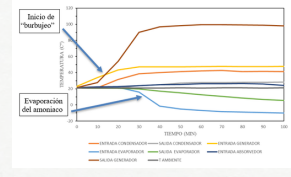
1

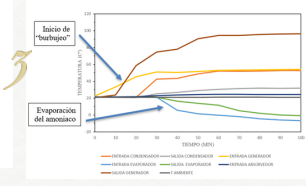


2



3





4

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Análisis y desarrollo de un sistema de detección de drones mediante radar pasivo basado en señales de DVB-T

Autora: Lydia Martínez Del Pino

Director: *Rubén Nocelo López (rubennocelo@cud.uvigo.es)*

Resumen

El avance de los sistemas de telemetría y sensorización en la última década ha impulsado la rápida proliferación de pequeñas plataformas de vehículos aéreos no tripulados (UAV) o drones, que pueden representar una potencial amenaza para los sistemas tradicionales de seguridad y defensa de un país, debido a su escaso tamaño y su alta maniobrabilidad.

En consecuencia, el desarrollo en la capacidad de detección de estos pequeños vehículos aéreos a tiempo y a una distancia adecuada, con el fin de prevenir o mitigar posibles ataques, se presenta como una oportunidad de interés, sobre todo, dentro del ámbito militar.

Entre los diferentes métodos de detección, los sistemas basados en tecnología radar en general, y en tecnología de radar pasivo en particular, presentan la ventaja de ser robustos en entornos no controlables como pueden ser condiciones meteorológicas adversas y de escasa visibilidad, de noche o en entornos abiertos. Por ello, en este TFG, se propone el análisis y el desarrollo de un sistema de detección de blancos que presenten una RCS reducida, tales como pueden ser los drones, basado en radar pasivo, usando señales de DVB-T como iluminador de oportunidad. Para ello, se evaluarán las prestaciones del sistema en función del ancho de banda disponible del iluminador de oportunidad y del tiempo de integración de los datos captados por el sistema.

Palabras clave: Detección drones, Radar pasivo, DVB-T, Iluminador de oportunidad, RCS.

Análisis y desarrollo de un sistema de detección de drones mediante radar pasivo basado en señales de DVB-T

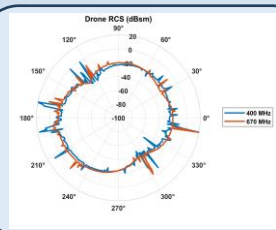
Autora: Lydia Martínez del Pino
Director: Rubén Nocelo López

OBJETIVO

Analizar y demostrar la capacidad de detección de vehículos aéreos no tripulados empleando un sistema de radar pasivo basado en señales DVB-T con el fin de servir de apoyo en un entorno militar

ANÁLISIS

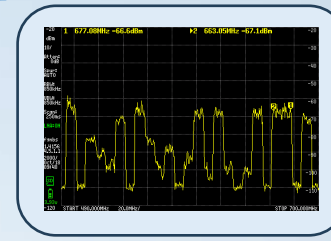
Simulación RCS con Pofacets



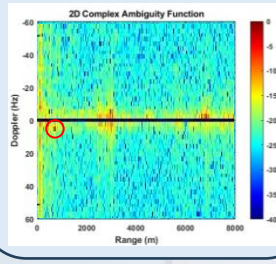
$$\Delta R = \frac{c}{2 \cdot B \cdot \cos\left(\beta/2\right)}$$

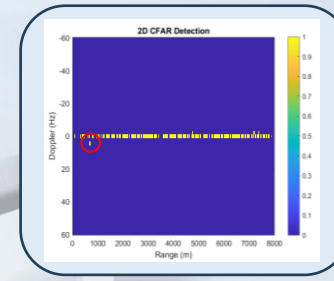
$$\Delta v = \frac{\lambda}{2 \cdot T_{CPI} \cdot \cos(\gamma) \cdot cos\left(\beta/2\right)}$$

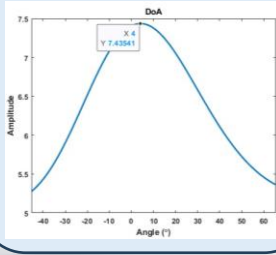
Determinación canales DVB-T



RESULTADOS









CONCLUSIONES

Ancho de banda (B) grandes

Utilización de T_{CPI} coherentes largos

→ Aumento de SNR → Aumento de la probabilidad de detección

Modelado de la inmisión del gas radón en espacios cerrados

Autora: Ángela Merello Pérez

Directores: Arturo González Gil (arturogg@cud.uvigo.es)
Ana Ogando Martínez (ana.ogando@cud.uvigo.es)

Resumen

La presencia de gas radón en espacios cerrados constituye un riesgo para la salud pública, por su relación con el cáncer de pulmón tras exposiciones prolongadas. Como parte de una de las líneas de investigación del CUD-ENM centradas en la monitorización y control del gas radón en espacios cerrados, este trabajo pretende desarrollar un modelo predictivo capaz de estimar la tasa exhalación de gas radón a través del suelo.

Para ello, se construyó una base de datos a partir de mediciones de la concentración de radón en un entorno controlado, complementadas con el registro de diversas variables tomadas en el mismo intervalo temporal. Esto permitió establecer relaciones entre las condiciones del entorno y los niveles de radón observados y estimar la tasa de exhalación de radón.

A partir de esta base de datos, se entrenaron y optimizaron distintos algoritmos de inteligencia artificial. Tras un proceso iterativo de mejora, el modelo Perceptrón Multicapa (MLP) fue el que proporcionó mejores resultados empleando únicamente cuatro variables para predecir la tasa de exhalación. Este trabajo contribuye así al desarrollo de una herramienta capaz de anticipar concentraciones elevadas de radón y facilitar la implementación de medidas preventivas o de mitigación.

Palabras clave: Gas radón, Tasa de exhalación, Inteligencia artificial, Modelos predictivos.

Modelado de la inmisión del gas radón en espacios cerrados

Autora: Ángela Cristina Merello Pérez
Directores: Arturo González Gil y Ana Ogando Martínez

MOTIVACIÓN

"EL radón es la segunda causa de cáncer de pulmón después del tabaco" - OMS

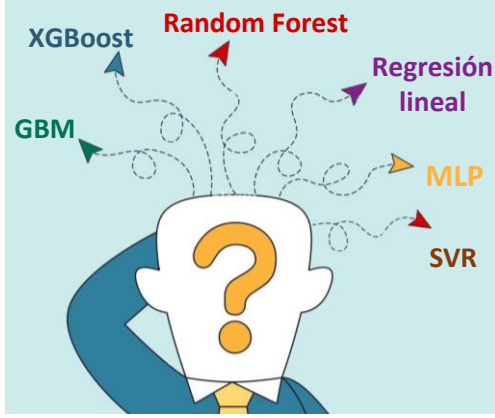
OBJETIVOS

- Identificar y analizar las variables que influyen en la entrada y acumulación de radón.
- Desarrollar y comparar diferentes modelos predictivos con uso de IA.
- Validar y optimizar dicho modelo.

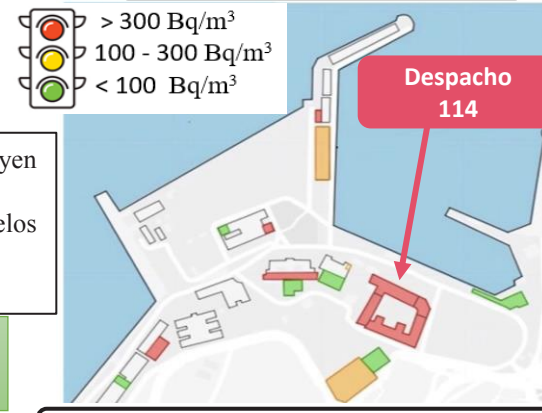
IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES QUE AFECTAN A SU INMISIÓN



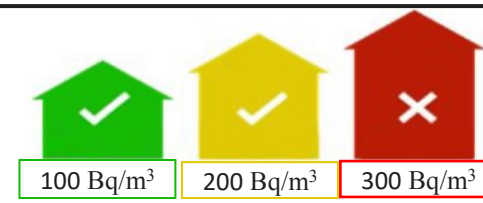
ENTRENAMIENTO Y SELECCIÓN DE MODELOS PREDICTIVOS



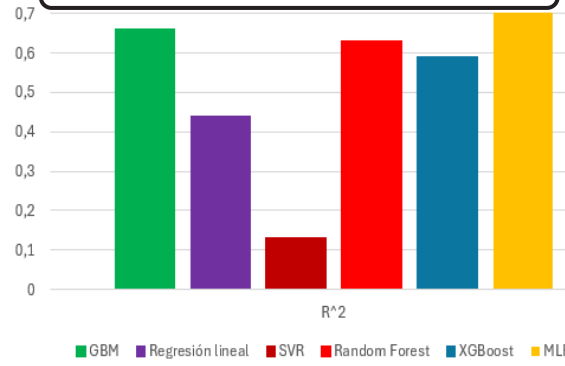
OBJETO DE ESTUDIO



LÍMITES PERMITIDOS POR EL CTE



COMPARACIÓN DE LOS MODELOS



CONCLUSIONES

- Reducir el número de variables mejora el rendimiento de los modelos predictivos.
- MLP obtuvo los mejores resultados, alcanzando un R^2 de 0,7.
- Necesidad de ampliar las bases de datos para validar con mayor solidez los modelos.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Implementación de las reglas de ataque y compromiso sobre un escenario de combate táctico mediante realidad virtual

Autor: Rafael Mira Criado

Directores: Francisco Troncoso Pastoriza (ftroncoso@cud.uvigo.es)
Xavier Núñez Nieto (xnnieto@cud.uvigo.es)

Resumen

La irrupción de la industria de cuarta generación ha supuesto una transformación significativa en la manera en que las Fuerzas Armadas (FAS) afrontan sus procesos de adiestramiento y preparación. En este nuevo paradigma, la digitalización y el uso de tecnologías avanzadas permiten optimizar y modernizar procedimientos tradicionales, dotando a las unidades de una mayor eficiencia y versatilidad. Entre las tecnologías emergentes que se sitúan en el núcleo de esta revolución, la realidad virtual (RV) ocupa un lugar destacado, permitiendo la creación de entornos virtuales inmersivos de alta fidelidad donde se pueden replicar de manera precisa y controlada situaciones de combate real. En el marco de la llamada Armada 4.0, la RV se ha posicionado como una herramienta clave para el desarrollo de capacidades tácticas y la mejora de la toma de decisiones en situaciones críticas. Este trabajo de fin de grado se ha centrado precisamente en dicha línea de trabajo, abordando el diseño e implementación de un entorno virtual urbano de combate, enfocado al entrenamiento militar, utilizando RV y simulación mediante inteligencia artificial avanzada. La integración de estas tecnologías permite al usuario experimentar de manera inmersiva escenarios bélicos complejos, maximizando la eficacia del adiestramiento y fortaleciendo la operatividad de las fuerzas.

Palabras clave: Realidad virtual*, Blueprints, Unreal Engine, Rules of Engagement,* Simulación de combate.

Implementación en las reglas de ataque y compromiso sobre un escenario de combate táctico mediante realidad virtual

Autor: Rafael Mira Criado
Directores: Francisco Troncoso Pastoriza y Xavier Núñez Nieto

Proceso del trabajo

EPIC GAMES

CREACIÓN ESCENARIO GENERAL → CREACIÓN DE ENEMIGOS Y AMIGOS → EXPORTACIÓN A ESCENARIO REAL EN RV

Escenario

Realista
Interactivo
Funcional



Realidad Virtual

HTC Vive Focus Vision



UNREAL ENGINE

Conclusiones

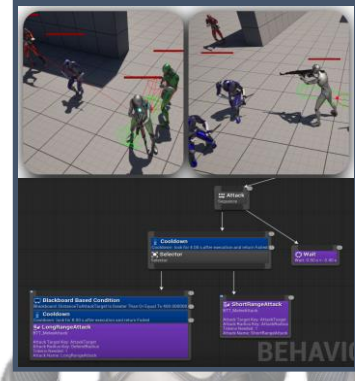
Integración de enemigos inteligentes y realistas

Simulador de combate para IM

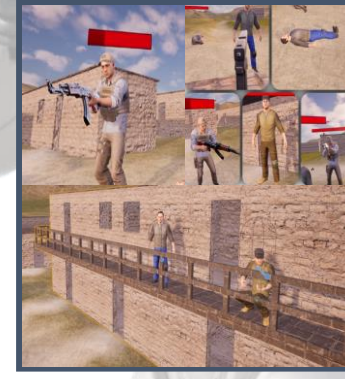
Infinidad de situaciones para implementación de las ROE

Resultados

Inteligencia Artificial



Integración a RV



Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Diseño conceptual del casco para un futuro buque escuela de la Armada española

Autora: Andrea Mustafá López

Directores: Pedro Carrasco Pena (pedrocarrasco@cud.uvigo.es)
Gerardo GonzálezCela Echevarría (gerarcela@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo de fin de grado tiene como objetivo el diseño conceptual de un buque escuela moderno para la Armada, adaptado a las necesidades formativas actuales de los futuros oficiales. Este tipo de embarcación desempeña un papel fundamental en la instrucción naval de los guardiamarinas, proporcionando un entorno realista para la adquisición de habilidades prácticas en navegación, maniobra y liderazgo.

El trabajo comienza con un análisis de los buques escuela actuales, evaluando sus características, ventajas y limitaciones. A partir de esta base, se establecen los requisitos operativos y académicos que debe cumplir el nuevo diseño. Se aplican principios de ingeniería naval y eficiencia energética para garantizar un buque innovador, sostenible y funcional. En este sentido, se apuesta por el empleo de velas rígidas y palos de carbono, tecnologías que optimizan el rendimiento aerodinámico y reducen el impacto ambiental, mejorando la eficiencia en la navegación a vela.

El desarrollo del diseño conceptual se fundamenta en metodologías de ingeniería avanzada, incluyendo simulaciones y análisis comparativos. Los resultados presentan un concepto de buque optimizado, que combina tradición y modernidad en su estructura y capacidades. Finalmente, se plantean conclusiones y posibles líneas de mejora para futuras investigaciones.

Palabras clave: Buque escuela, Velas rígidas, Palos de carbono, Eficiencia, Sostenibilidad.

Diseño conceptual del casco para un futuro Buque Escuela de la Armada Española.

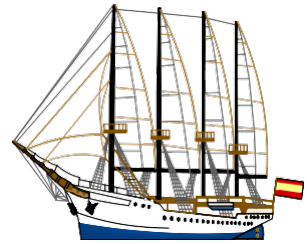
Autora: Andrea Mustafá López
Directores: Pedro Carrasco Pena y Gerardo González-Cela Echavarría

OBJETIVOS

LEVANTAMIENTO DE UNA BASE DE DATOS

- Coherente
- Estructurada
- Contrastada
- Intuitiva

DATOS



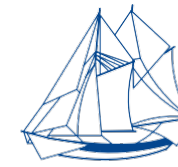
DISEÑO CONCEPTUAL

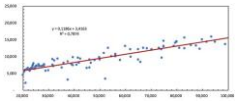
- Dimensiones óptimas
- Innovación:
  - Velas rígidas
  - Palos de carbono
- Propulsión y eficiencia energética

PARA ALCANZARLO…

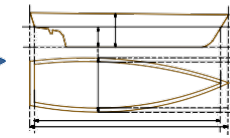


Se han clasificado los buques de vela según su aparejo





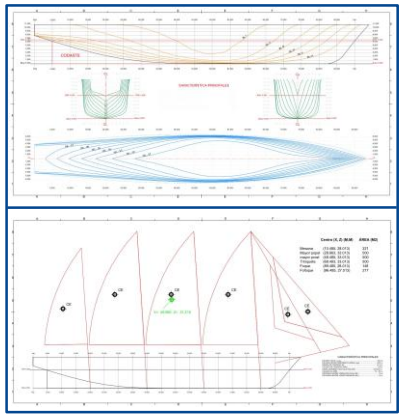
Se han obtenido las dimensiones óptimas mediante rectas de regresión y series sistemáticas



Empleo de Excel, Delftship y programas CAD



RESULTADOS



CONCLUSIONES

1. Innovación tecnológica: velas rígidas y fibra de carbono.
2. Sostenibilidad: Tier II y Tier III. Cumple normativas MARPOL.
3. Rendimiento optimizado: potencia y autonomía.
4. Ventajas operativas: mayor velocidad y alcance.
5. Evolución naval: avance en construcción.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Análisis de los avances en materia de género en la ENM

Autor: Ángel Otón Martínez

Directoras: Alicia Vázquez Carpentier (avcarpentier@cud.uvigo.es)
María Álvarez Hernández (maria.alvarez@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo de fin de grado examina los avances en materia de género en la Escuela Naval Militar, contextualizando la evolución histórica y normativa que ha permitido la integración de la mujer en las Fuerzas Armadas. Desde la incorporación inicial de la mujer en 1988, se analiza el cambio cultural y estructural en el marco de la Escuela Naval Militar. Se realiza una revisión del estado del arte a partir de estudios nacionales e internacionales, destacando políticas de igualdad y marcos normativos que han impulsado la transformación progresiva en las instituciones de defensa. La investigación combina métodos cuantitativos y cualitativos mediante encuestas y entrevistas a alumnado y profesorado, permitiendo detectar diferencias en la percepción de igualdad, identificar barreras culturales persistentes y evaluar el impacto de las medidas implementadas. Entre los hallazgos se subraya la importancia de solventar ciertas situaciones desigualitarias para hacer de la institución un lugar en el que cualquier individuo se sienta integrado y nunca discriminado en función de su género. En definitiva, el trabajo ofrece una visión integral de la situación pasada y actual de la Escuela Naval Militar y propone recomendaciones estratégicas para avanzar hacia un entorno más equitativo e igualitario.

Palabras clave: Igualdad de género, Escuela Naval Militar, Perspectiva de género, Análisis estadístico, Liderazgo femenino.

Análisis de los avances en materia de género en la ENM

Autor: Ángel Otón Martínez
Directoras: Alicia Vázquez Carpentier y María Álvarez Hernández

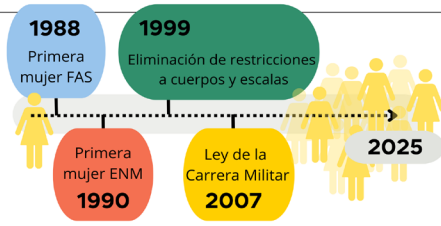
"LA MUJER Y EL HOMBRE NACEN Y PERMANECEN LIBRES E IGUALES EN DERECHOS."
DECLARACIÓN DE LOS DERECHOS DE LA MUJER Y DE LA CIUDADANA (FRANCIA, 1791)

INTRODUCCIÓN

Análisis estadístico comparativo de opiniones de diferentes estamentos relacionados con el centro docente militar.

OBJETIVO

Analizar la evolución de la ENM en materia de igualdad comparando diferentes perspectivas y proponer líneas de actuación.



METODOLOGÍA

Uso de encuesta descriptiva en formato test o respuesta corta. Análisis y comparación de los resultados. Uso del método estadístico chi-cuadrado.

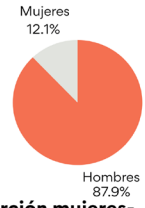
RESULTADOS

Buena adaptación del centro militar desde la estancia de la primera mujer. Desigualdades persistentes a favor de hombres o mujeres como: pruebas físicas, comentarios machistas y otras situaciones estudiadas.

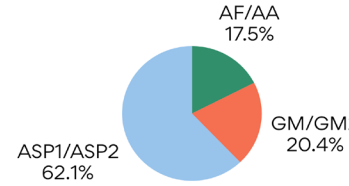




ENCUESTAS A 237* PERSONAS RELACIONADAS CON LA ENM



Proporción mujeres-hombres encuestados



Empleo militar del alumnado encuestado

*206 miembros del alumnado, 23 del profesorado, 4 oficiales egresadas y otros.

LÍNEAS FUTURAS

Serían beneficiosas la introducción de mayor formación en materia de género, el uso de lenguaje inclusivo, estudiar el baremo entre hombres y mujeres para pruebas físicas, erradicar comentarios y actitudes paternalistas y machistas y realizar un seguimiento y evaluación periódica de la situación.

CONCLUSIÓN

La ENM ha realizado avances desde la entrada de las primeras mujeres, no obstante, se perciben ciertas desigualdades de diversas índoles por parte de diferentes estamentos. Se debe velar por garantizar un ambiente de trabajo igualitario mediante el constante análisis en materia de igualdad.

REFERENCIAS CLAVE: K. ENSTAD, «THE CHALLENGES OF INTEGRATING CULTURE AND GENDER PERSPECTIVE IN PROFFESIONAL MILITARY EDUCATION,» 2020, A. PORTAL, «ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA MARCA DEL EMPLEADOR Y LA RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA DE LAS FAS EN MATERIA DE GÉNERO», 2024

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Mejora de la eficiencia computacional de un sistema de predicción de tipo de buque utilizando parámetros de trayectorias y técnicas de IA

Autor: Francisco Javier Pavón Jarava

Directores: Belén Barragáns Martínez (belen@cud.uvigo.es)
Pablo Sendín Raña (pablo@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo de fin de grado se enmarca en la continuación de una línea de investigación centrada en la predicción del tipo de buque a partir de parámetros derivados de sus trayectorias, utilizando técnicas de aprendizaje automático. Los trabajos previos ofrecían resultados prometedores en cuanto a precisión, pero presentaban limitaciones computacionales importantes, con tiempos de ejecución que podían superar las setenta horas, lo que dificultaba su aplicación en entornos operativos o en análisis de gran volumen de datos.

Este TFG tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia computacional del sistema de predicción, manteniendo su capacidad clasificadora. Para ello, se han rediseñado varias fases del procesamiento, eliminando el acceso iterativo a los datos y unificando la carga en un único DF. Además, se ha migrado el procesamiento a GPU mediante el uso de *cuDF*, lo que permite aprovechar el paralelismo masivo para reducir significativamente los tiempos de ejecución.

También se ha analizado la relevancia de los parámetros dinámicos, con el fin de reducir la complejidad del modelo eliminando aquellas variables con escasa contribución predictiva. Estas optimizaciones sientan las bases para un sistema más ligero, escalable y adaptable a aplicaciones en tiempo real o en entornos con recursos computacionales limitados.

Palabras clave: Inteligencia artificial, AIS, Tipo de buque, Paralelización, GPU, *cuDF*.

Mejora de la eficiencia computacional de un sistema de predicción de tipo de buque utilizando parámetros de trayectorias y técnicas de IA

Autor: Francisco Javier Pavón Jarava

Directores: Belén Barragáns Martínez y Pablo Sendín Raña

Línea de investigación CUD-ENM:

Se pretende mejorar la eficiencia del código desarrollado en el TFG previo: *Predicción del tipo de buque utilizando representaciones de trayectorias y técnicas de IA.*

Metodología:

A través del uso de la **paralelización** en **GPU** se mejoran los tiempos en la extracción de parámetros de trayectorias. Lo que conlleva la reescritura del código

Mejora de los resultados obtenidos mediante el uso de ***XGBoost***.

SECUENCIA DE EXPERIMENTOS REALIZADOS:

Ejecución del código de partida en la nueva máquina.

Aplicación de la directiva *%load_ext cudf.pandas.*

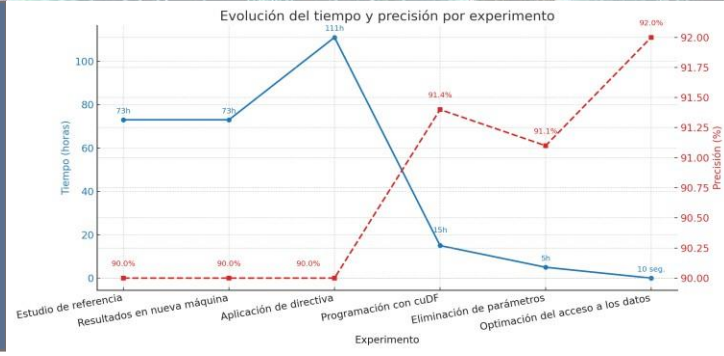
Reprogramación del código para su optimización en la GPU mediante bibliotecas compatibles con *cuDF.*

Se seleccionan y calculan los 20 parámetros más relevantes para la predicción.

Optimización del acceso a los datos mediante la carga unificada de los datos en un único DF.

RESULTADOS:

- Obtención de una precisión de un **92% (+2%).**
- Reducción del tiempo de ejecución en un **99,96%**.



Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Desarrollo de una base de datos para el análisis del rendimiento académico en la ENM

Autor: Cayetano Pérez Núñez

Directores: Sergio Borrallo Tirado (borrallo@cud.uvigo.es)
Gerardo González-Cela Echevarría (gerarcela@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado presenta el diseño y desarrollo de una herramienta de gestión académica orientada a la Escuela Naval Militar, con el objetivo de facilitar el seguimiento individualizado del rendimiento académico de los alumnos durante los cinco años de formación. La solución propuesta se basa en una estructura modular de base de datos y archivos Excel automatizados, organizados por promociones, cursos, cuerpos y asignaturas, que permiten consultar, analizar y representar gráficamente las calificaciones de manera eficiente, visual, clara y personalizada. Se ha implementado un sistema de identificación único por alumno, así como funciones de cálculo estadístico, análisis gráfico y segmentación por tipo de asignatura, que permiten a la jefatura de estudios detectar con rapidez posibles dificultades, analizar el progreso individual y comparar el rendimiento entre promociones facilitando la toma de decisiones. Además, se ha buscado aportar mejoras respecto a plataformas institucionales como OFSUBDIR, respetando los procedimientos actuales y facilitando una integración sencilla con los métodos existentes. La herramienta desarrollada mejora significativamente la eficiencia en la gestión académica y sienta las bases para futuras ampliaciones que podrían incorporar análisis predictivos, automatización de informes, control de errores personalizados y migración a entornos más robustos como Power BI u otras soluciones de inteligencia de datos.

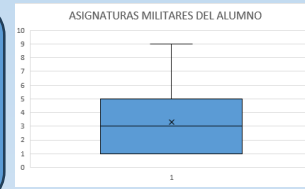
Palabras clave: Gestión académica, Análisis estadístico, Automatización, Escuela Naval Militar, Excel VBA.

Desarrollo de una base de datos para el análisis del rendimiento académico en la ENM

Autor : Cayetano Pérez Núñez
Directores : Sergio Borrallo Tirado y Gerardo González-Cela Echevarría

Necesidad detectada → Seguimiento académico

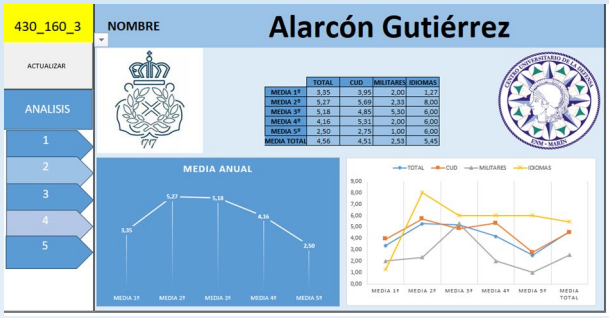
- Calificaciones dispersas en Excel y PDF
- Difícil comparar alumnos/promociones
- Actualización lenta en OFSUBDIR

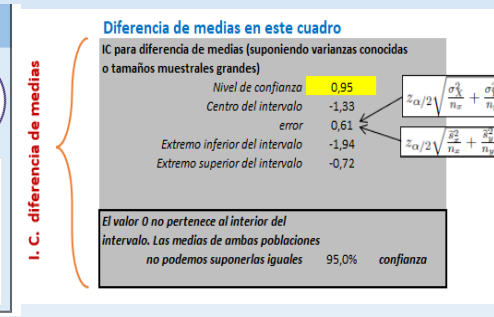




Solución propuesta → Herramienta automatizada para análisis

- Estructura por promociones, cursos y cuerpos
- Fichas individuales con análisis
- Excel con VBA y funciones estadísticas





Seguimiento claro y visual

Menos carga administrativa

Mejora la toma de decisiones

Genera informes PDF

Analizar asignaturas por años

Análisis ANOVA

¿Hacia dónde evoluciona?

Análisis predictivo

Estudio de correlaciones entre asignaturas

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Análisis espectral de blancos móviles en radar pulsado

Autor: Alejandro Porres García

Director: José González Coma (jose.gcoma@cud.uvigo.es)

Resumen

El análisis espectral de blancos móviles en un radar pulsado constituye una herramienta fundamental en el ámbito de la navegación marítima, ya que permite caracterizar y comprender el entorno dinámico que rodea a una embarcación en movimiento. A través del estudio de los espectros generados por los ecos reflejados de objetos móviles —tales como otras embarcaciones—, es posible obtener información crítica sobre sus velocidades relativas y trayectorias. Esta capacidad de detección y análisis es esencial para la toma de decisiones en tiempo real, especialmente en situaciones de riesgo potencial, como maniobras de evasión y prevención de abordajes en la mar.

En este contexto, el presente trabajo se orienta al diseño y desarrollo de una interfaz gráfica interactiva implementada en Matlab, cuyo objetivo es facilitar la simulación del comportamiento de un radar pulsado ante la presencia de blancos móviles. La herramienta permite al usuario modificar de forma flexible diversos parámetros del radar. A medida que estos parámetros se ajustan, la interfaz representa de manera gráfica y en tiempo real los espectros resultantes, tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia. Esto proporciona una comprensión visual e intuitiva del impacto que tienen las configuraciones del radar sobre la detección y caracterización de blancos móviles, y constituye un recurso pedagógico y analítico valioso en el estudio del comportamiento espectral en sistemas radar pulsados.

Palabras clave: Transformada de Fourier, Teorema de Nyquist, Frecuencia *Doppler*, Tasa de repetición de pulsos, Tiempo discreto.

Análisis espectral de blancos móviles en radar pulsado

Autor: Alejandro Porres García
Director: José González Coma

INTRODUCCIÓN

- El radar pulsado es esencial para la navegación marítima en condiciones de baja visibilidad.
- Se desarrolla una herramienta interactiva para simular el espectro de blancos móviles.
- Facilita el análisis del efecto Doppler y la ambigüedad en velocidad.
- Presenta un enfoque didáctico orientado a la aplicación práctica.
- Potencia la formación técnica de futuros profesionales del ámbito naval.

OBJETIVOS

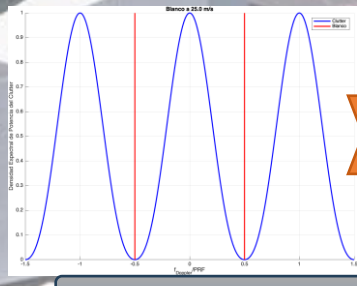
- Desarrollar una interfaz interactiva en MATLAB para la simulación de detección de blancos en radar pulsado.
- Analizar e interpretar señales en los dominios temporal y frecuencial.
- Explorar la influencia de parámetros radar en la detección mediante experimentación práctica.
- Comprender fenómenos clave como el efecto Doppler y el *aliasing*.

METODOLOGÍA

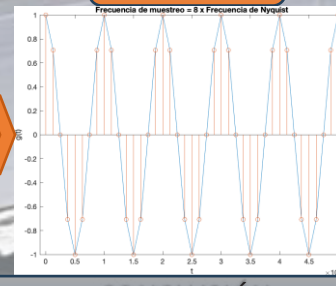
CONCEPTOS PREVIOS → DESARROLLO MATEMÁTICO → CÓDIGO → INTERFAZ RADAR

RESULTADOS

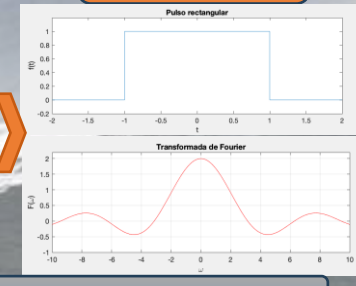
VELOCIDAD MÁXIMA NO AMBIGUA



TEOREMA DE NYQUIST



TRANSFORMADA DE FOURIER



CONCLUSIÓN

- ✓ La herramienta desarrollada en MATLAB facilita la comprensión práctica del análisis espectral en radares pulsados.
- ✓ El proyecto cumple con los objetivos formativos al integrar teoría, simulación y visualización interactiva.
- ✓ Existen oportunidades claras de mejora, como la inclusión de técnicas avanzadas de mitigación de ambigüedades.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

¿Existe el veranillo de San Miguel? Análisis objetivo mediante el uso de herramientas estadísticas aplicadas al estudio del clima

Autor: Carlos Ramiro Martín

Directores: María Álvarez Hernández (maria.alvarez@cud.uvigo.es)
Jorge Eiras Barca (jeiras@cud.uvigo.es)

Resumen

En el presente trabajo, se aborda la cuestión de si hay observaciones objetivas que permitan confirmar la existencia del veranillo de San Miguel, un supuesto fenómeno meteorológico tradicional en España caracterizado por temperaturas anormalmente elevadas a finales de septiembre. Para evaluar científicamente este fenómeno, hasta ahora transmitido por dichos populares, se realizó un análisis estadístico detallado, utilizando bases de datos climáticos, que cubrió el período de 1979 a 2024. La metodología se basa en el análisis de series temporales de temperatura y en la aplicación de pruebas estadísticas que permitan identificar posibles anomalías térmicas en el periodo señalado. Para ello, se trabajará con datos provenientes de dos bases reconocidas (E-OBS y ERA5-Land), con el fin de generar representaciones gráficas, mapas y análisis cuantitativos que ayuden a detectar patrones repetitivos o desviaciones significativas. Además, se plantea una división regional de la península ibérica con el fin de analizar si este posible fenómeno presenta una expresión espacial diferenciada. A través de los distintos mecanismos utilizados explicados en el trabajo, se busca establecer si hay fundamentos empíricos suficientes para considerar al veranillo de San Miguel como un fenómeno climático recurrente.

Palabras clave: Veranillo, Anomalías, Variabilidad térmica, Series temporales.

¿Existe el Veranillo de San Miguel? Análisis objetivo mediante el uso de herramientas estadísticas aplicadas al estudio del clima

Autor: Carlos Ramiro Martín
Directores: Jorge Eiras Barca y María Álvarez Hernández

TERMINO DE "VERANILLO"

Fenómenos meteorológicos caracterizados por episodios transitorios de temperaturas anormalmente elevadas en periodos de transición estacional



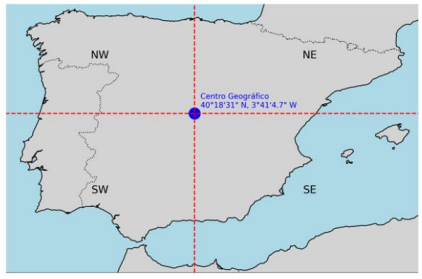
Región de estudio: Península Ibérica

VERANILLO DE SAN MIGUEL

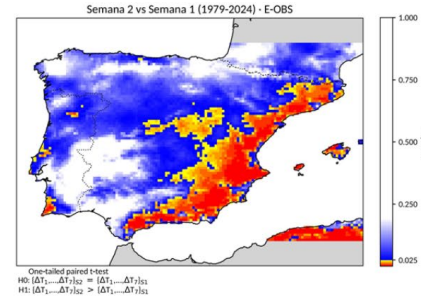
Ocurre entre el 28 de septiembre y el 4 de octubre, coincidiendo con la festividad de San Miguel (29 de septiembre)

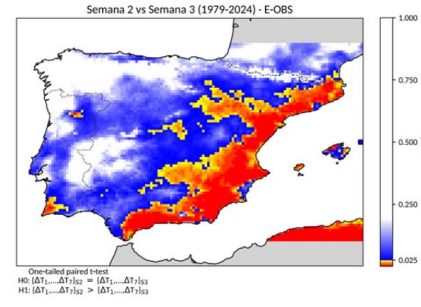
BASES DE DATOS PARA ANALISIS → E-OBS, ERA5-Land → COPERNICUS → **Información desde 1979 hasta 2024**

División geográfica región de estudio

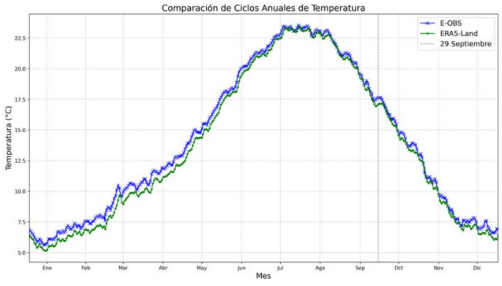


Pruebas estadísticas (Prueba *t* para datos apareados)





Análisis series temporales de temperatura



Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Uso de microemulsiones para el decapado de pintura usadas en plataformas navales

Autora: Clara Rodríguez García

Director: Santiago Rafael Urréjola Madriñán (urrejola@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado tiene como objetivo evaluar la eficacia de microemulsiones específicas como alternativa sostenible a los disolventes convencionales en el decapado de pinturas empleadas en plataformas navales. Se parte del contexto actual de la industria naval, donde el mantenimiento preventivo, y, en particular, la eliminación de capas de pintura deteriorada es esencial para garantizar la seguridad y durabilidad de las embarcaciones. A través de un estudio experimental, se formularon veinte microemulsiones de un mismo tipo, con mismos compuestos, pero con distintas concentraciones de surfactante, cosurfactante, fase acuosa y fase oleosa. Estas fueron aplicadas sobre dos tipos de pinturas comunes en el ámbito naval: esmalte industrial y pintura *antifouling* en spray. Se evaluaron los tiempos de reacción y eficacia de eliminación, comparando también con microemulsiones elaboradas con disolventes convencionales. Los resultados evidencian que ciertas microemulsiones logran una elevada capacidad de decapado, con tiempos de actuación bajos, menor toxicidad y un impacto ambiental reducido. Se concluye que, a pesar de su mayor coste inicial, las microemulsiones representan una solución viable, segura y alineada con las normativas ambientales, lo que las convierte en una opción prometedora para su aplicación en la industria naval.

Palabras clave: Microemulsión, Surfactante, Cosurfactante, Fase acuosa, Fase oleosa, Sostenibilidad.

Uso de microemulsiones para el decapado de pintura usadas en plataformas navales

Autora: Clara Rodríguez García
Director: Santiago Rafael Urréjola Madriñán

Objetivo Desarrollar microemulsiones y evaluar su eficacia en el decapado de pinturas usadas en plataformas navales.

Desarrollo

Evaluación de la sustitución de disolventes tradicionales por microemulsiones

Aplicación pintura sobre placas de metal
- Antifouling imnasa
- Proarapid Proa

Elaboración de microemulsiones

Reacciones entre microemulsiones y la pintura

Análisis de resultados

Selección óptima y comparación con una microemulsión a base de disolvente tradicional

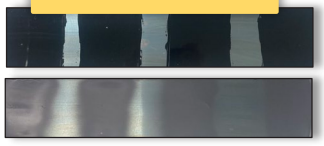
Microemulsión: mezcla líquida, transparente y termodinámicamente estable, formada por líquidos no miscibles y surfactante y/o cosurfactante.

Emulsión | Microemulsión





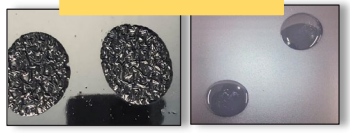
1. Probetas



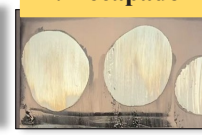
2. Microemulsión

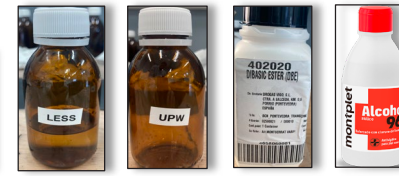
SLES: surfactante | Agua desionizada | DBE: aceite | Alcohol 96%: cosurfactante

3. Reacción



4. Decapado





Resultados

Microemulsión	Pintura Esmalte	Tiempo (s)	Pintura Spray	Tiempo (s)
50-50 (10%-10%)	Óptima	174-237	-	-
20-80 (15%-15%)	Óptima	186-274	Óptima	135-150
50-50 (20%-20%)	-	-	Óptima	150-160

Conclusión

- **Sustitución muy eficaz de los disolventes tradicionales**
- **Personalizar las microemulsiones para cada tipo de pintura**
- **Seguras, sostenibles, biodegradables, ecológicas y no tóxicas**

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Detección de adrizamiento mediante imágenes astrales de largo período de exposición

Autora: Celia Rodríguez Sánchez

Directores: Pedro Azorín Montesinos (pazomon@fn.mde.es)
José González Coma (jose.gcoma@cud.uvigo.es)

Resumen

Ante la creciente vulnerabilidad de los sistemas GNSS, se hace necesario el desarrollo de métodos de posicionamiento en la mar alternativos que no dependan de señales satelitales. Este trabajo propone un sistema autónomo basado en navegación astronómica, utilizando imágenes astrales capturadas mediante cámaras astrofotográficas instaladas en el buque.

Estas imágenes se toman durante un ciclo de adrizamiento (de escora a escora), de modo que los astros aparecen como trazas en lugar de puntos. El objetivo principal es identificar el instante de adrizamiento, es decir, el momento en el que el buque se encuentra vertical respecto al plano del mar. Para ello, se emplea una técnica basada en el análisis de basura espacial, combinando el estudio del perfil de brillo de las trazas estelares con los datos proporcionados por los sensores del propio buque.

A partir del momento de adrizamiento, se comparan algunas estrellas detectadas con catálogos astronómicos, asignando coordenadas celestes a la imagen. Esto permite determinar el cenit astronómico y, por tanto, calcular la posición geográfica del buque de forma autónoma, sin intervención humana ni dependencia de señales externas.

Palabras clave: Adrizamiento, Cenit, Escora, Estabilidad, Posicionamiento.

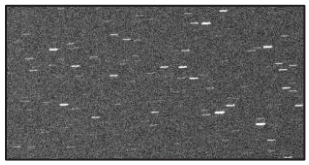
Detección de adrizamiento mediante imágenes astrales de largo período de exposición

Autor: Celia Rodríguez Sánchez
Directores: Pedro Azorín Montesinos y José González Coma

VULNERABILIDAD GNSS

Necesidad sistema autónomo de posicionamiento:
SISTEMA DE NAVEGACIÓN ASTRONÓMICA AUTOMATIZADO

¿Cómo?
- Instalar cámaras
- Captura cielo estrellado
- Identificación estrellas
- Determinación cenit astronómico
- Cálculo posición geográfica

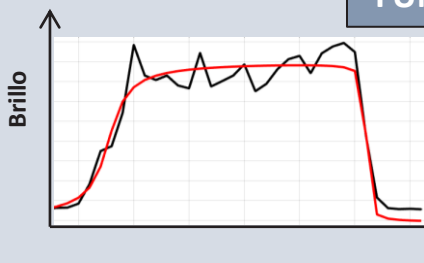


Estrella → Traza

¿Problema?
Detectar **momento de adrizamiento** del buque mediante análisis de la traza y datos de sensores

Identificar punto de la traza estelar que corresponde a **instante de adrizamiento**

FUNCIÓN TEPUI



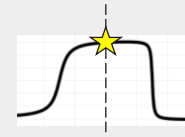
$$f(x) = A\left[arctg\left(b_1(x + c_1)\right) - arctg\left(b_2(x - c_2)\right)\right]$$

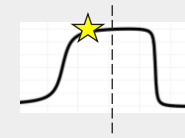
CASO 1: Inicialmente adrizado

CASO 2: Con escora permanente



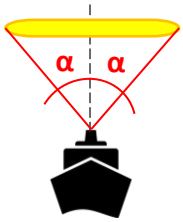






MOVIMIENTO DEL BARCO:
M.A.S.

$$\theta(t) = \alpha\ \cos(\omega t + \phi)$$



Restricciones del problema:
- Estudio en el sentido del **balanceo**
- Balance simétrico
- Movimiento según M.A.S.

CONCLUSIONES:
- Validez de la **función Tepui** en trazas estelares
- Candidato ideal como **sistema autónomo** de respaldo
- Ventajas respecto otros sistemas
- Limitaciones: requiere estrellas visibles

Análisis de la refrigeración de una instalación solar térmica de absorción directa

Autora: Marta Romero Fueyo

Directores: Javier Pérez Vallejo (jvallejo@cud.uvigo.es)
José Ignacio Iglesias Prado (jiprado@cud.uvigo.es)

Resumen

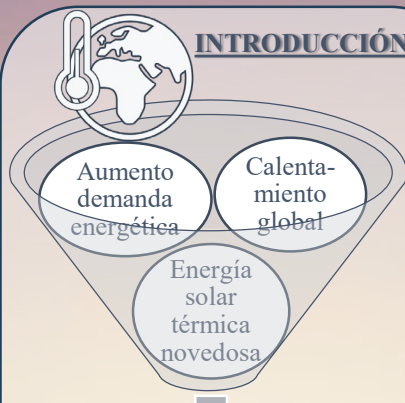
Las instalaciones de energía solar térmica permiten el aprovechamiento de la energía proveniente de la radiación solar, fuente renovable ampliamente utilizada. Sin embargo, las condiciones climatológicas cambiantes dificultan la determinación del rendimiento de los paneles *in situ*. Las instalaciones de laboratorio permiten el establecimiento de condiciones de radiación y temperatura controladas. En este trabajo se realiza la mejora y puesta a punto de un banco de ensayos centrado en un colector solar térmico de absorción directa. Así, se incorpora un baño termostático refrigerado para incrementar el salto térmico en el intercambiador de calor helicoidal, con el objetivo de alcanzar valores más realistas. Posteriormente, se analiza el rendimiento energético del agua y distintas muestras propilenglicol: agua, simulando el calentamiento de un depósito. Los distintos ensayos, con saltos de temperatura en el intercambiador de calor mayores de 1,5 *ºC, permiten concluir que el agua es el mejor fluido térmico analizado, ya que presenta los mayores coeficientes de convección. La adición de un 30 %* de propilenglicol produce descensos del citado coeficiente de hasta un 11,7 %. Además, se proporciona una correlación del número de Nusselt en función de Reynolds, Prandtl y la concentración de glicol, con una desviación máxima de 6,23 respecto a los valores experimentales.

Palabras clave: Energía térmica, Colector solar, Intercambiador de calor, Coeficiente de convección, Correlación de Nusselt

Análisis de la refrigeración de una instalación solar térmica de absorción directa

Autora: Marta Romero Fueyo
Directores: Javier Pérez Vallejo y
Jose Ignacio Iglesias Prado

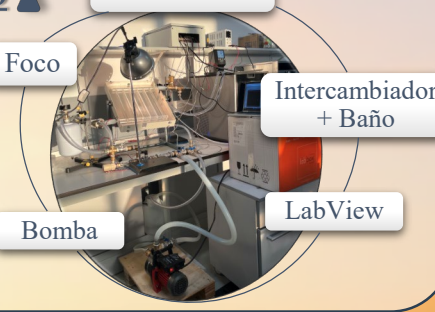
INTRODUCCIÓN



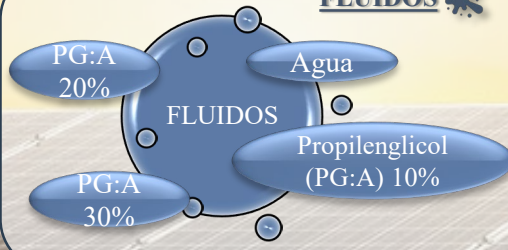
OBJETIVOS

- ✓ Modificar el banco de ensayos
- ✓ Ajustar las condiciones
- ✓ Evaluar los saltos térmicos
- ✓ Analizar los coeficientes y parámetros adimensionales

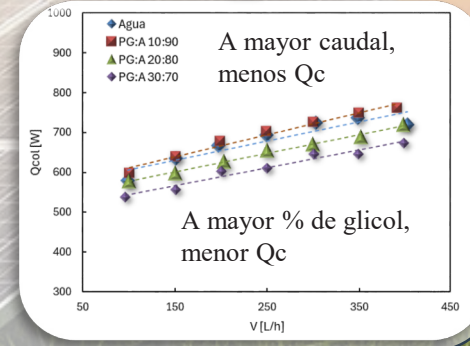
BANCO



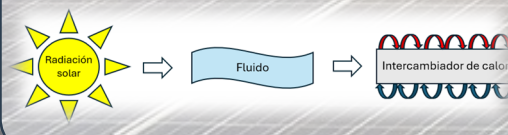
FLUIDOS



RESULTADOS



COLECTOR DE ABSORCIÓN DIRECTA



CONCLUSIONES

- El baño termostático ha permitido saltos de temperatura de más de 1,5 ºC.
- El agua es el fluido térmico más eficiente estudiado, añadir un 30% de glicol reduce el coeficiente de convección un 12%

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Análisis del empleo de técnicas de acústica avanzada para la identificación y caracterización de pérdidas de espesor y poros en cascos metálicos de buques

Autor: Carlos Romero Ruiz

Director: Gerardo González-Cela Echevarría (gerarcela@cud.uvigo.es)

Resumen

En un contexto marcado por el aumento de situaciones de riesgo en el entorno marítimo, tanto por accidentes como por conflictos armados, la mejora de la seguridad interior a bordo de los buques se ha convertido en una prioridad. En este escenario, tecnologías como *Scan & Paint*, que permiten realizar análisis acústicos avanzados, cobran especial relevancia. Este equipo es capaz de registrar parámetros como la velocidad de partícula y generar mapas acústicos que ayudan a identificar posibles anomalías estructurales, como la presencia de pequeños orificios en superficies metálicas. Durante el desarrollo del proyecto, se llevan a cabo múltiples ensayos sobre una chapa metálica perforada con orificios de diferentes tamaños realizando barridos de la sonda a distintas distancias. El análisis conjunto de los espectrogramas y los mapas acústicos permiten identificar patrones asociados a la presencia de los orificios. A partir de estas observaciones, se extraen tendencias que permiten predecir la detectabilidad de los defectos en función de su tamaño. Los resultados alcanzados a lo largo de este trabajo han permitido extraer una serie de conclusiones y trazar unas líneas futuras que abren la puerta a la implementación de estas técnicas de acústica avanzada en los buques de la Armada.

Palabras clave: *Scan & Paint*, Velocidad de partícula, Mapas acústicos, Orificios, Espectrograma.

Análisis del empleo de técnicas de acústica avanzada para la identificación y caracterización de perdidas de espesor y poros en cascos metálicos de buques

Autor: Carlos Romero Ruiz
Director: Gerardo González-Cela Echevarría

SCAN & PAINT

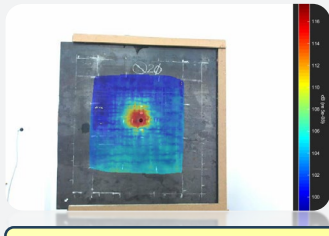


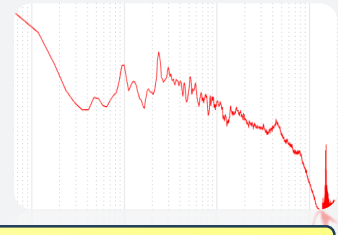
ENSAYOS REALIZADOS



- ORIFICIOS: 4 mm, 8 mm, 14 mm, 20 mm
- BARRIDO: 0 cm, 2 cm, 4 cm, 8 cm
- CONDICIÓN: SIN TAPAR, TAPADO

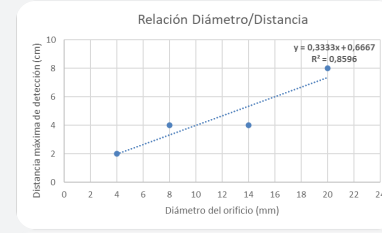
MAPAS ACÚSTICOS Y ESPECTROGRAMAS





Detectabilidad dependiente del tamaño, condición y distancia

GRÁFICA DE TENDENCIA



Tendencia creciente. $R^2 = 0.86$. Estimación predictiva.

LÍNEAS FUTURAS



Aplicación directa en buques de la Armada.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Sincronización de dos transceptores de radio definida por *software* USRP X310 para técnicas de *beamforming*

Autor: Ignacio Rossell Martínez-Fresneda

Directores: Rubén Nocelo López (rubennocelo@cud.uvigo.es)
José María Núñez Ortuño (jnunez@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo de fin de grado aborda la sincronización de dos transceptores de radio definida por *software* USRP X310, orientados a la implementación de técnicas de *beamforming*. Se estudian los métodos para alinear la frecuencia, fase e instante de muestreo entre canales, analizando tanto configuraciones con referencias internas como con la incorporación de módulos GPSDO. Se describe la arquitectura de los USRP X310, que integran una tarjeta principal con FPGA y módulos TwinRX dedicados a la recepción, y se detallan los procedimientos experimentales realizados en GNU Radio para evaluar la sincronización multicanal. A través de pruebas de laboratorio, se evidenció que, sin una referencia común, los desfases entre canales pueden variar significativamente, mientras que la sincronización mediante GPSDO permite obtener resultados mucho más consistentes en la estimación de la dirección de llegada en aplicaciones de *beamforming*. Sin embargo, se detectaron *offsets* de fase constantes que requieren calibración adicional. Los resultados obtenidos y las limitaciones identificadas ofrecen una base sólida para futuras mejoras, como la automatización de la calibración de fase y la extensión del sistema a arreglos de antenas de mayor tamaño, contribuyendo a un mejor desempeño en sistemas MIMO y aplicaciones de comunicaciones avanzadas.

Palabras clave: *Offset*, *Beamforming*, Sincronización, GPSDO, Oscilador Local (LO).

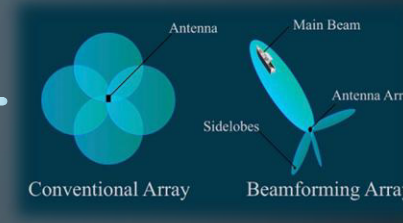
Sincronización de dos transceptores de radio definida por software USRP X310 para técnicas de *beamforming*

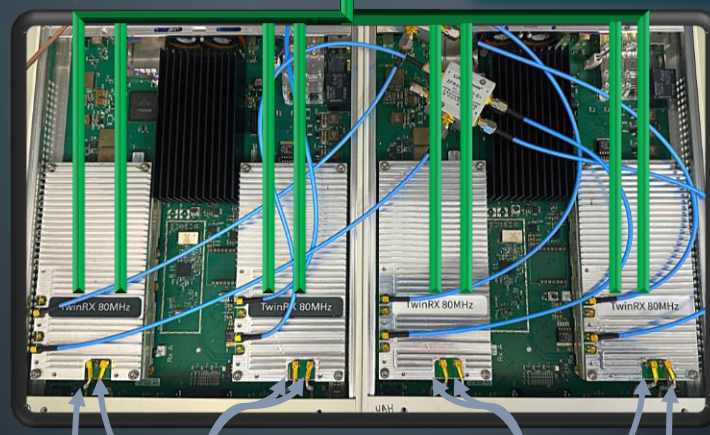
Autor: Ignacio Rossell Martínez-Fresneda
Directores: Rubén Nocelo López y José María Núñez Ortuño



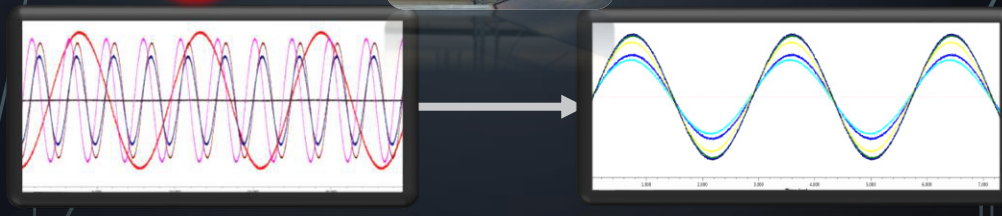
GNU Radio será la herramienta principal del SDR, con funcionalidades para evaluar y experimentar con diferentes parametrizaciones de sincronización.

10 MHz
1 PPS









Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Fabricación de filtros biocompatibles y biodegradables para el tratamiento de aguas residuales

Autor: Jorge Ruiz de Almirón Denia

Directores: Rosa Devesa Rey (rosa.devesa.rey@cud.uvigo.es)
Jesús del Val García (jesusdv@cud.uvigo.es)

Resumen

El uso de microalgas para la eliminación de contaminantes en medios de tipo acuoso ha suscitado un interés cada vez mayor, no solo en el ámbito científico, también en su aplicación a escala industrial.

Este interés se fundamenta principalmente en su elevado potencial para procesos de absorción, bioacumulación y biodegradación, que pueden realizar como material de origen natural y con capacidad de adaptación al entorno. En el presente trabajo, se llevará a cabo un estudio y diseño de filtros biodegradables, que se doparán con distintas concentraciones de algas, con un enfoque específico en su aplicación para el tratamiento en aguas residuales y su posible aplicación en la eliminación eficiente de diversos contaminantes seleccionados.

Para ello, se desarrollarán diferentes tipos de filtros con una base de policaprolactona (PCL), durante su fabricación, variarán parámetros clave como el porcentaje de PCL, el voltaje aplicado, la concentración de microalgas y la velocidad de inyección de la disolución, mediante una bomba de jeringa. Esta tecnología no solo representa una estrategia altamente sostenible y ambientalmente responsable para la eliminación de contaminantes en aguas, sino que también permite evaluar detalladamente sus propiedades físicas fundamentales que posibiliten, en un futuro, su aplicación mediante técnicas de fabricación a mayor escala.

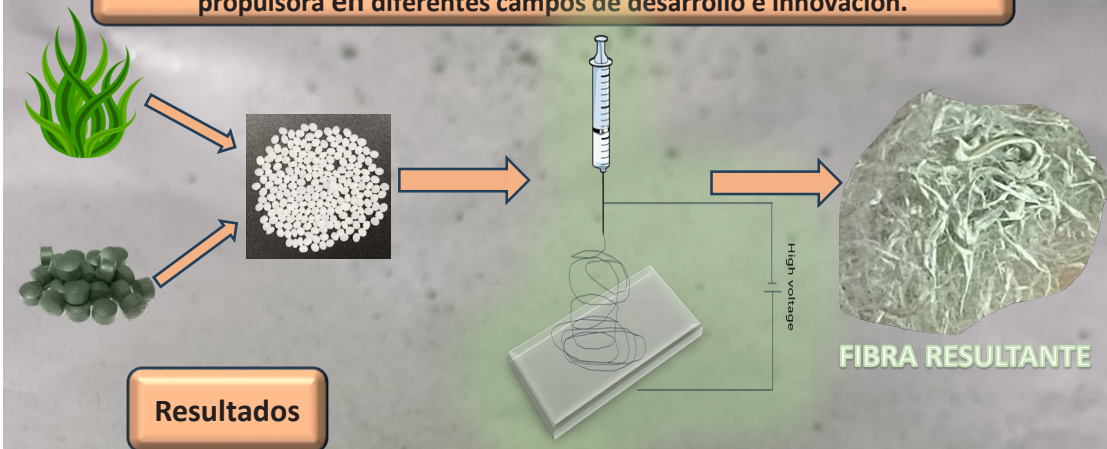
Palabras clave: Electrohilado, Biodegradable, PCL, Microalgas.

Fabricación de filtros biocompatibles y biodegradables para el tratamiento de aguas residuales

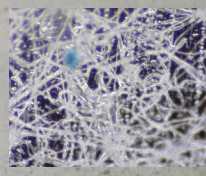
Autor: Jorge Ruiz de Almirón Denia

Directores: Rosa Devesa Rey y Jesús del Val García

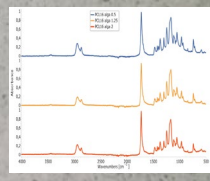
Desarrollo de filtros mediante electrospinning, técnica innovadora y propulsora en diferentes campos de desarrollo e innovación.



Resultados



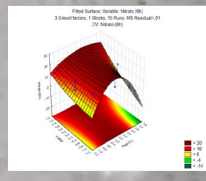
Caracterización morfológica de las fibras



Caracterización química de las fibras



Medición de la adsorción de contaminantes



Box Behnken

Conclusión

- ✓ Residuos como nitrato, fosfato y cobre
- ✓ Diferentes tipos de algas
- ✓ Formación de fibras micrométricas

Líneas futuras



- Posible creación de una bandeja para la reposición de fibra.
- Variedad de contaminantes.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Nuevos materiales para el almacenamiento de hidrógeno: síntesis, caracterización y rendimiento

Autor: Ignacio Solís Kelly

Directores: Rocío Maceiras Castro (rmaceiras@cud.uvigo.es)
Jorge Feijoo Conde (jfeijoo@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo de fin de grado aborda el desarrollo de sistemas más eficientes para el almacenamiento de hidrógeno, un vector energético clave en la transición hacia energías limpias. Para ello, se sintetizaron nuevos materiales adsorbentes a partir de zeolitas modificadas para mejorar su capacidad de almacenamiento de hidrógeno. Se aplicaron tratamientos de ataque ácido e intercambio iónico sobre una zeolita natural y una zeolita sintética (13X), seguidos de su caracterización y de ensayos de adsorción de hidrógeno mediante termogravimetría (TGA). Los resultados indican que la zeolita 13X presenta mayor capacidad de adsorción de H_2 que la natural, y que ambos materiales mejoran su rendimiento tras las modificaciones. Los tratamientos más efectivos fueron el enriquecimiento con Na^+ en la zeolita 13X y la combinación de ataque ácido e intercambio iónico con Na^+ en la zeolita natural. Estos procedimientos produjeron alteraciones estructurales favorables, como un aumento de la superficie específica y de los sitios activos, que resultaron en una mejora sustancial de la capacidad de adsorción de H_2 en las zeolitas modificadas. En conjunto, los resultados confirman que las síntesis realizadas permiten incrementar la capacidad de almacenamiento de hidrógeno en las zeolitas analizadas, demostrando la eficacia de esta estrategia para desarrollar materiales adsorbentes más eficientes.

Palabras clave: Hidrógeno, Zeolitas, Adsorción, Intercambio iónico, Ataque ácido.

Nuevos materiales para el almacenamiento de hidrógeno: síntesis, caracterización y rendimiento

Autor: Ignacio Solís Kelly
Directores : Rocío Maceiras Castro y Jorge Feijoo Conde

OBJETIVO

Mejorar la capacidad de almacenamiento de $H_{2(g)}$ de Zeolita natural (ZN) y Zeolita 13X (ZX)

METODOLOGÍA DE SÍNTESIS

Ataque ácido → HCl 1 M

Intercambio iónico
(9 ciclos de inmersión)
- $CaCl_2$ 0,5 M
- KCl 0,5 M
- $MgCl_2$ 0,5M
- NaCl 0,5M

Combinación de ambos tratamientos
- Ataque ácido → Intercambio iónico

PARÁMETROS EVALUADOS

Análisis mineralógico → Difracción rayos-X

Porosidad
Isotermas adsorción/desorción } BET
Superficie específica

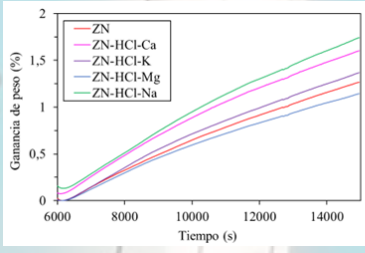
Contenido catiónico → ICP

Compuestos orgánicos volátiles → LOI

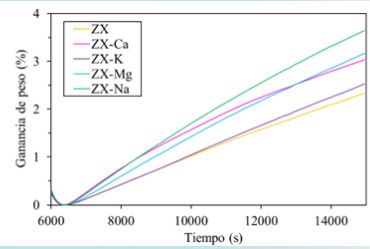
Almacenamiento de $H_{2(g)}$ → TGA
- Adsorción a 25ºC durante 107,5 min

RESULTADOS

ZN



ZX



	EFICIENCIA	
REFERENCIA	**ZN**	**ZX**
ATAQUE ÁCIDO	9,44	14,45
INTERCAMBIO IÓNICO		
Ca	2,36	30,04
K	-3,15	8,58
Mg	21,2	36,05
Na	29,9	56,65
COMBINADO		
HCl-Ca	25,9	-1,29
HCl-K	7,87	22,32
HCl-Mg	-10,2	0
HCl-Na	34	27,9

CONCLUSIONES

- ✓ La zeolita 13X tiene mayor capacidad de almacenamiento que la zeolita natural
- ✓ Los efectos del tratamiento dependen de la naturaleza de la zeolita
- ✓ La zeolita 13X más eficiente es la tratada mediante intercambio iónico con Na^+
- ✓ La zeolita natural más eficiente es la tratada mediante combinado de HCl y Na^+

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Navegación astronómica sin posición de estima

Autor: Pablo Suárez Suárez

Directores: Débora Cores Carrera (cores@cud.uvigo.es)
José Ignacio Valles Cancela (jvalc11@fn.mde.es)

Resumen

En el presente trabajo de fin de grado se ofrecen alternativas basadas en la navegación astronómica a la cada vez mayor dependencia por parte de los marinos a los sistemas de posicionamiento satélite como el GPS, susceptibles de fallos o ataques por parte del adversario. Se proponen dos alternativas que, si bien se fundamentan en la medición de la altura de cuerpos celestes, se resolverán de manera diferente.

En primer lugar, se abordarán los principios y conocimientos astronómicos y de navegación que deben conocerse previamente para después entender el posicionamiento celeste, para lo cual serán necesarias, además, una serie de nociones matemáticas de trigonometría esférica y resolución de sistemas de ecuaciones no lineales. Se estudiará también la viabilidad de mantener o no una navegación de estima complementaria a la navegación astronómica

La finalidad de este TFG es la comparación de los dos métodos de navegación astronómica sin posición de estima, comprobando la precisión entre ellos y con el método tradicional de navegación astronómica, que sí precisa de una posición de estima. Por último, se desarrollarán dos herramientas (Matlab y Excel) que permitan la aplicación de ambos métodos por el usuario de manera sencilla y práctica.

Palabras clave: Navegación astronómica, Trigonometría esférica, Sistemas de ecuaciones no lineales, Situación de estima, Matlab, Excel.

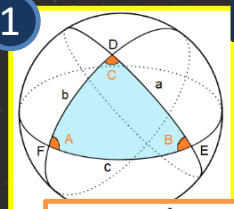
NAVEGACIÓN ASTRONÓMICA SIN POSICIÓN DE ESTIMA

Autor: Pablo Suárez Suárez
Directores: *Débora Cores y José Ignacio Valles*

MÉTODO 1

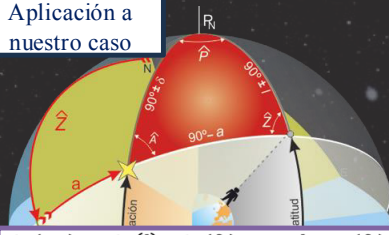
1

Teorema del coseno



$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

Aplicación a nuestro caso



2

$$\sin(a_{vi}) = \sin(l) \cdot \sin(\delta_i) + \cos l \cdot \cos(\delta_i) \cdot \cos(\widehat{P_i})$$

Sistema de ecuaciones no lineales

3

$$F(l, L) = \begin{cases} \sin(a_{v1}) = \sin(l) \cdot \sin(\delta_1) + \cos l \cdot \cos(\delta_1) \cdot \cos(\widehat{P_1}) \\ \sin(a_{v2}) = \sin(l) \cdot \sin(\delta_2) + \cos l \cdot \cos(\delta_2) \cdot \cos(\widehat{P_2}) \\ \sin(a_{v3}) = \sin(l) \cdot \sin(\delta_3) + \cos l \cdot \cos(\delta_3) \cdot \cos(\widehat{P_3}) \end{cases}$$

Solución por minimización

4

$$min\|F(l,\ L)\|_2^2 \quad (l, L) \in \mathbb{R}^2$$

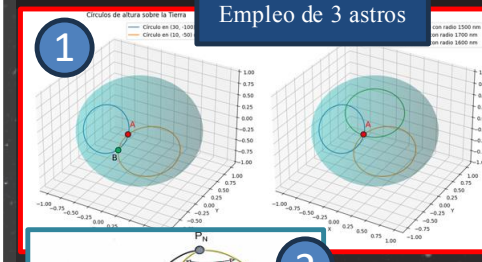


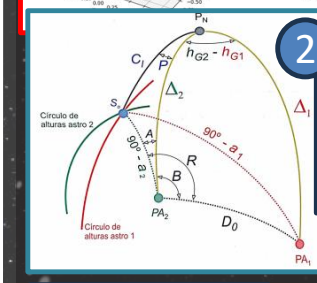
Aplicación Matlab

MÉTODO 2

Empleo de 3 astros

1



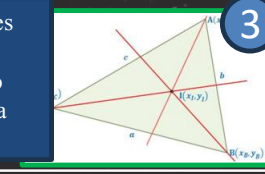


2

Resolución analítica de los triángulos esféricos (2 a 2)

Las 3 soluciones originan un triángulo cuyo incentro será la posición

3



0,07194444	RBO	VELOC	0,43166664	<-- Dist. 2-3	
0	220	6	0,82166664	<-- Dist. 1-3	
	Z1		Z2		Z3
	344		45		24
ASTRO1	19,11055556	ASTRO2	19,17555556	ASTRO3	19,2475
av1	37,6075	av2	45,355	av3	30,97166667
0-av	52,3925		44,645		59,02833333
0-av +- var.	52,40015784		44,65216707		59,02833333
hG1	hG*1-hG*2	hG2	hG*1-hG*3	hG3	hG*2-hG*3
58,89	43,42				
d1					
21,85666667					
68,14333333					

POSICIÓN MÉTODO2 (SIN S.E. A1-A2)	
LAT	LON
-28,92216015	45,47271233

POSICIÓN MÉTODO2 (SIN S.E. A1-A3)	
LAT	LON
-28,99363193	45,39119925

POSICIÓN MÉTODO2 (SIN S.E. A2-A3)	
LAT	LON
-28,93766402	45,53558394

LAT	LON
-28,9412329	45,47840983
412329	45,47840983
S	W

Introducción de datos y presentación de resultados

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Herramienta web de gestión de horarios en la ENM

Autor: Raúl Urbano Burrel

Directores: Norberto Fernández García (norberto@cud.uvigo.es)
Pedro Azorín Montesinos (pazomon@fn.mde.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado presenta el desarrollo de una herramienta web para la gestión y planificación del horario académico en la Escuela Naval Militar (ENM), permitiendo la edición de la tradicional «sábana» utilizada para organizar clases, aulas y profesores. La planificación horaria en la ENM presenta una gran complejidad debido a la combinación de asignaturas universitarias y actividades militares, así como la necesidad de actualizar el horario cuando se producen situaciones que lo requieren. La herramienta desarrollada busca simplificar este proceso mediante una interfaz intuitiva que permita a los responsables de la planificación gestionar los horarios de manera eficiente y reducir errores.

El sistema está basado en Python y Flask para el *backend*, gestionando los datos mediante archivos Excel. En el *frontend*, se ha utilizado HTML, CSS y JavaScript (HTMX) para ofrecer una experiencia de usuario interactiva. Además, la aplicación permite la exportación de horarios en formatos CSV y PDF, facilitando la distribución de la información. Los resultados obtenidos muestran que la herramienta simplifica el proceso de edición de los horarios, ofreciendo una solución escalable y adaptable a futuras ampliaciones, como la incorporación de más cursos y titulaciones.

Palabras clave: Sábana, Horario, *Backend*, *Frontend*, Herramienta web.

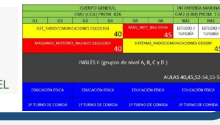
Herramienta web de gestión de horarios en la ENM

Autor: Raúl Urbano Burrel
Directores: Norberto Fernández García y Pedro Azorín Montesinos

SITUACIÓN ACTUAL

Gestión de horarios ("sábana") mediante Excel

MICROSOFT EXCEL



OBJETIVO
Implementar aplicación web específica

1 BASE DE DATOS

Asignaturas, profesores, titulación, aulas y horario

OpenPyXL

Nombre asignatura	Nombre profesor	Coordinador
Sensores Navales	José María Núñez Ornuño	SI
Sensores Navales	Rubén Nocelo López	NO
Sensores Navales	José Pablo González Coma	NO
Teoría del Buque y Construcción Naval	TN Pedro Jesús Carrasco Pena	SI
Teoría del Buque y Construcción Naval	CF Gerardo González-Cela Echevarría	NO
Oficina Técnica	Xavier Núñez Prieto	SI
Oficina Técnica	Francisco Javier Rodríguez Rodríguez	NO
Fundamentos de Redes de Ordenadores	Milagros Fernández Gavilanes	SI
Fundamentos de Redes de Ordenadores	Norberto Fernández García	NO
Fundamentos de Redes de Ordenadores	Pablo Sendín Braña	NO
Táctica Naval III	TN Eugenio Díaz del Río Jáudenes	SI
Tiro Naval II	CC Juan José Rivas Calvar	SI
Tiro Naval II	TN Jesús Alonso Caride	NO
Comunicaciones III	TN Jaime Melgar Sánchez	SI
Inglés V	Guillermo Rosales González	SI
Operaciones Anfibias II	CTE Andrés García Yubero	SI
Táctica Anfibia IV	CTE Aitor Nieto Iglesias	SI
Artillería y Coordinación de Fuegos	CAP Manuel Rienco Martín	SI
Automóviles	Nuñez Feijoo	SI
Comunicaciones II	CTE Andrés García Yubero	SI

2 BACKEND

Entorno virtual Python usando *framework* Flask

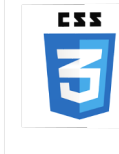
Flask
web development, one drop at a time

Teoría del Buque y Construcción Naval
TN Pedro Jesús Carrasco Pena
PA1
teoria

3 FRONTEND

Interfaz visual en HTML/CSS dinámica con HTMX







RESULTADO

Lunes	G1	G2	G3	G4	G5	G6	IM1	IM2
8:15h - 9:05h	Teoría del Buque y Construcción Naval TN Pedro Jesús Carrasco Pena PA1 teoria	Teoría del Buque y Construcción Naval TN Pedro Jesús Carrasco Pena PA1 teoria	Teoría del Buque y Construcción Naval TN Pedro Jesús Carrasco Pena PA1 teoria	Teoría del Buque y Construcción Naval TN Pedro Jesús Carrasco Pena PA1 teoria	Teoría del Buque y Construcción Naval TN Pedro Jesús Carrasco Pena PA1 teoria	Teoría del Buque y Construcción Naval TN Pedro Jesús Carrasco Pena PA1 teoria	Automóviles Nuñez Feijoo PA2 teoria	Automóviles Nuñez Feijoo PA2 teoria
9:10h - 10:00h	Tiro Naval II CC Juan José Rivas Calvar PA1 teoria	Tiro Naval II CC Juan José Rivas Calvar PA1 teoria	Tiro Naval II CC Juan José Rivas Calvar PA1 teoria	Tiro Naval II CC Juan José Rivas Calvar PA1 teoria	Táctica Naval III TN Eugenio Díaz del Río Jáudenes SIMTAC laboratorio	Táctica Naval III TN Eugenio Díaz del Río Jáudenes SIMTAC laboratorio	Automóviles Nuñez Feijoo PA2 teoria	Automóviles Nuñez Feijoo PA2 teoria
10:20h - 11:10h	Fundamentos de Redes de Ordenadores Norberto Fernández García PA1 teoria	Fundamentos de Redes de Ordenadores Norberto Fernández García PA1 teoria	Fundamentos de Redes de Ordenadores Norberto Fernández García PA1 teoria	Fundamentos de Redes de Ordenadores Norberto Fernández García PA1 teoria	Táctica Naval III TN Eugenio Díaz del Río Jáudenes SIMTAC laboratorio	Táctica Naval III TN Eugenio Díaz del Río Jáudenes SIMTAC laboratorio	Automóviles Nuñez Feijoo PA2 laboratorio	Automóviles Nuñez Feijoo PA2 laboratorio
11:15h - 12:05h	Fundamentos de Redes de Ordenadores Norberto Fernández García PA1 teoria	Fundamentos de Redes de Ordenadores Norberto Fernández García PA1 teoria	Fundamentos de Redes de Ordenadores Norberto Fernández García PA1 teoria	Fundamentos de Redes de Ordenadores Norberto Fernández García PA1 teoria	Táctica Naval III TN Eugenio Díaz del Río Jáudenes SIMTAC laboratorio	Táctica Naval III TN Eugenio Díaz del Río Jáudenes SIMTAC laboratorio	Automóviles Nuñez Feijoo PA2 laboratorio	Automóviles Nuñez Feijoo PA2 laboratorio
12:10h - 13:00h	Comunicaciones III TN Jaime Melgar Sánchez PA1 teoria	Comunicaciones III TN Jaime Melgar Sánchez PA1 teoria	Comunicaciones III TN Jaime Melgar Sánchez PA1 teoria	Comunicaciones III TN Jaime Melgar Sánchez PA1 teoria	Táctica Naval III TN Eugenio Díaz del Río Jáudenes SIMTAC laboratorio	Táctica Naval III TN Eugenio Díaz del Río Jáudenes SIMTAC laboratorio	Táctica Anfibia IV CTE Aitor Nieto Iglesias PA2 teoria	Táctica Anfibia IV CTE Aitor Nieto Iglesias PA2 teoria

Desarrollo y validación de un sistema de simulación y de enjambres de unidades de superficie autónomas aplicados a operaciones militares

Autor: Manuel Ángel Varela García

Directores: José Antonio González Prieto (jose.gonzalez@cud.uvigo.es)
Ana Ogando Martínez (ana.ogando@cud.uvigo.es)

Resumen

En el contexto actual de la guerra entre Rusia y Ucrania, el uso de enjambres de vehículos no tripulados (USV) se ha convertido en una herramienta de gran importancia de la defensa de unidades propias y aliadas. Este trabajo de fin de grado propone desarrollar un sistema de enjambre de USV orientado a la defensa, controlado mediante un interfaz, diseñado y programado, para que al usuario le sea fácil dar órdenes y controlar al enjambre. La interfaz deberá ser capaz de gestionar varios USV simultáneamente, permitiendo al usuario dar órdenes específicas y monitorear las acciones que se llevan a cabo. Se investigarán y aplicarán algoritmos de inteligencia artificial y técnicas de control para optimizar el comportamiento del enjambre. Estos algoritmos permitirán que los USV actúen de manera autónoma, mejorando la capacidad de respuesta y la efectividad del sistema en escenarios de defensa.

Palabras clave: USV, Enjambre, Planificación, Rutas, Defensa.

Desarrollo y validación de un sistema de simulación y de enjambres de unidades de superficie autónomas aplicados a operaciones militares

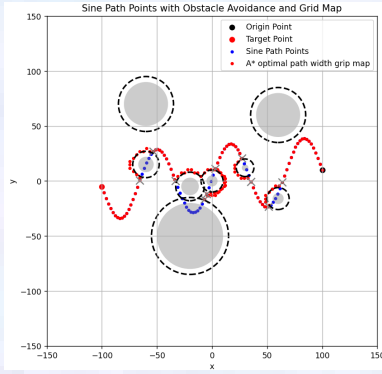
Autor: Manuel Ángel Varela García
Directores: José Antonio González Prieto y Ana Ogando Martínez

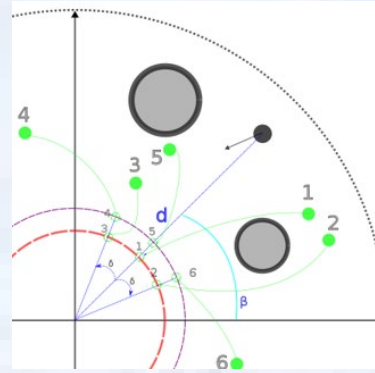
Objetivos:

- Diseñar y analizar estrategias de defensa mediante drones autónomos para interceptar atacantes.
- Evaluar la efectividad de las diferentes tácticas empleadas.
- Implementar técnicas de aprendizaje automático para optimizar movimientos.

Metodología:

- Simulación de escenarios dinámicos (condiciones iniciales aleatorias).
- Algoritmos de planificación de trayectorias (A*).
- Evaluación de las estrategias defensivas propuestas.



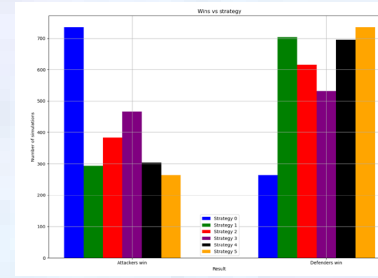


Tecnologías usadas:

python™

Resultados clave:

- Mejor estrategia en términos de intercepción: modelo híbrido con drones activos y estáticos.
- Mayor flexibilidad y adaptación: estrategia de banda elástica.
- Menor tiempo de respuesta: interceptación directa, aunque con mayor riesgo de colisión.
- Mejor distribución en defensa: formación en barrera con ajuste dinámico.



Conclusiones:

- Las estrategias defensivas varían en efectividad dependiendo del escenario y la velocidad del atacante.
- Las formaciones híbridas ofrecen un equilibrio entre estabilidad y capacidad de respuesta
- El uso de IA y optimización en tiempo real podría mejorar aún más la efectividad de los defensores.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Efecto de la calcinación en el proceso de captura de CO_2

Autor: Pedro Vélez Suárez

Directora: Leticia Pérez Rial (*leticia@cud.uvigo.es*)

Resumen

Este trabajo de fin de grado se enmarca en el estudio de la adsorción de dióxido de carbono (CO_2) mediante zeolita clinoptilolita, un material poroso de origen natural, con el fin de analizar su comportamiento frente a diferentes condiciones de tratamiento térmico. En un contexto de creciente preocupación medioambiental, la captura de CO_2 se plantea como una estrategia clave para la mitigación del cambio climático, siendo las zeolitas una alternativa prometedora por su bajo coste, alta disponibilidad, estabilidad y propiedades adsorbentes.

Para ello, se han llevado a cabo ensayos experimentales utilizando zeolita natural y calcinada a distintas temperaturas, con el objetivo de evaluar cómo influye este tratamiento térmico en su capacidad de adsorción de gases. Asimismo, se ha realizado un estudio de modelización mediante diferentes modelos de isotermas de adsorción, con el propósito de analizar el ajuste y la precisión de cada uno de ellos frente al sistema estudiado.

El trabajo combina un enfoque experimental con herramientas de análisis teórico que permiten valorar la aplicabilidad del material en procesos de captura de gases. Todo ello se enmarca en el ámbito de la ingeniería química y ambiental, contribuyendo al desarrollo de soluciones tecnológicas sostenibles para el control de emisiones contaminantes.

Palabras clave: Adsorción, Dióxido de carbono, Zeolita natural, Calcinación, Porosidad.

Efecto de la calcinación en el proceso de captura de CO_2

Autor: Pedro Vélez Suárez
Directora: Leticia Pérez Rial

OBJETIVO

Evaluar cómo influye el tratamiento térmico por calcinación en la capacidad de adsorción de CO_2 de la zeolita.

ZEOLITA NATURAL



CARACTERIZACIÓN

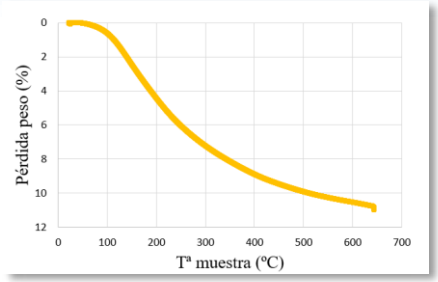
- Análisis termogravimétrico (TGA)
- Difracción de Rayos X (DRX)
- Análisis BET

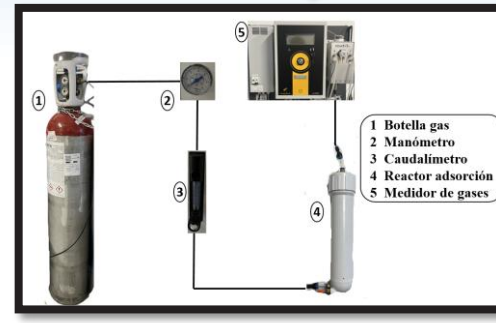
CALCINACIÓN
200, 350, 500, 600 y 800 °C

ENSAYOS ADSORCIÓN DE CO_2

CAUDAL 0,5 L/min
PRESIÓN 3 bar

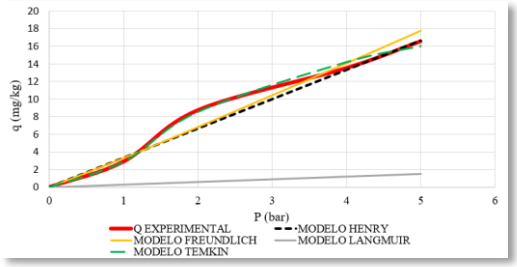
ÁNALISIS TERMOGRAVIMÉTRICO



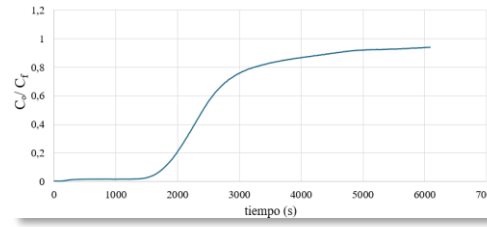


Montaje experimental de adsorción de CO_2

MODELOS DE ISOTERMAS



CURVA DE ADSORCIÓN



CONCLUSIONES

- La calcinación mejora la capacidad de adsorción de CO_2 en la zeolita.
- Tª óptima de calcinación de 350 °C => ofrece el mejor equilibrio entre estructura y rendimiento.
- A temperaturas superiores, la pérdida de estructura cristalina reduce significativamente la adsorción.
- El modelo de isoterma que mejor representa el comportamiento del sistema es Temkin.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Desarrollo del casco de un vehículo submarino autónomo modular (MoAUV)

Autor: Rafael Viniegra de la Fuente

Directores: Araceli Regueiro Pereira (regueiro@cud.uvigo.es)
Iván Iglesias Sánchez (ivan.iglesias@cud.uvigo.es)

Resumen

En los últimos años, los vehículos submarinos no tripulados han cobrado gran relevancia en misiones científicas y militares. En este contexto, el Centro Universitario de la Defensa (CUD) impulsó el desarrollo de un dron submarino modular para investigaciones en aguas someras próximas a la Escuela Naval Militar. Este trabajo de fin de grado se centró en diseñar y desarrollar el casco hidrodinámico del dron, garantizando su modularidad, resistencia estructural y eficiencia hidrodinámica.

El proceso incluyó un análisis histórico de los submarinos hasta los actuales AUV, que permitió definir las características del casco. Se diseñaron la proa, sección central y popa utilizando *Autodesk Inventor*, aplicando criterios hidrodinámicos basados en estudios previos. Además, se incorporaron perfiles NACA en las superficies de sustentación y se creó un sistema de ensamblaje modular con abrazaderas, optimizado para impresión 3D en ABS.

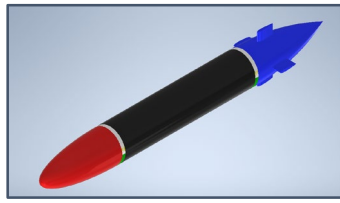
Se realizaron simulaciones con Autodesk CFD que confirmaron una notable mejora en la eficiencia hidrodinámica respecto al prototipo inicial, reduciendo la resistencia al avance y mejorando la eficiencia energética a cinco nudos. El diseño final cumplió con los requisitos establecidos y se consolidó como un elemento clave para la futura implementación del MoAUV en misiones de investigación.

Palabras clave: Dron submarino, Modular, Casco, CAD, Hidrodinámico.

Desarrollo del casco de un vehículo submarino autónomo modular (MoAUV)

Autor: Rafael Viniegra de la Fuente.
Directores: Araceli Regueiro Pereira y Iván Iglesias Sánchez.

Objetivos

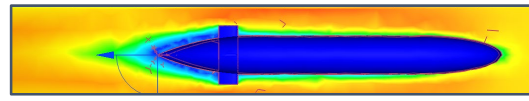


1. Diseñar un casco hidrodinámico
2. Modularidad permitiendo un ensamblaje rápido
3. Que soporte las cargas de uso previstas
4. Optimizar para impresión 3D

Metodología

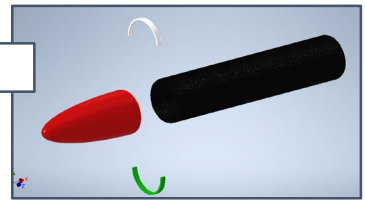


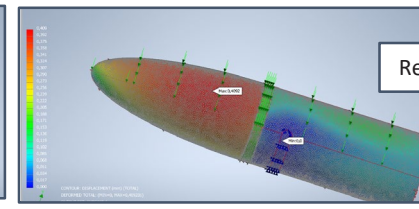
Resultados



Hidrodinámico

Modular





Resistente

Conclusión

- Casco optimizado hidrodinámicamente
- Modularidad 100% cumplida
- Resistente a las fuerzas previstas
- Diseño optimizado para impresión 3D

Trabajos Fin de Grado
Infantería de Marina

Diseño de un módulo de control de lastre para un vehículo submarino no tripulado

Autor: Miguel Alegre Sacristán

Directores: Carlos Pérez Collazo (carlos.perez.collazo@cud.uvigo.es)
José Antonio González Prieto (jose.gonzalez@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado sobre el diseño de un módulo de lastre para un submarino no tripulado tratará acerca del desarrollo de la Industria 4.0 y su correspondiente implementación, tanto en productos globales con fines puramente sociales como en proyectos de desarrollo militar como son los drones, o submarinos no tripulados, para la realización de estudios sobre el ambiente marino.

Además, para la elaboración de dicho sistema de lastre perteneciente a este vehículo submarino no tripulado se utilizarán, para su diseño, herramientas de *softwares* como FluidSim, Inventor, AutoCAD o Arduino. También se realizarán cálculos para el estudio de las presiones y las posibles iteraciones a realizar por parte del sistema mediante el estudio de las leyes de los gases para conseguir que el módulo funcione correctamente. Para ello, se contará con dos sistemas de uso simultaneo, uno hidráulico y otro neumático, lo que dará la capacidad de realizar este módulo de manera más sencilla. Por otro lado, cada uno de estos sistemas estará complementado con su correspondiente parte electrónica y sensores específicos, tanto de presión de aire como presión del flujo del agua para un correcto funcionamiento del módulo, esto se implementará a través de la programación y uso de Arduino.

Palabras clave: Módulo de lastre, *Software*, Leyes, Diseño, Sistemas hidráulico, neumático.

Diseño de un módulo de control de lastre para un vehículo submarino no tripulado

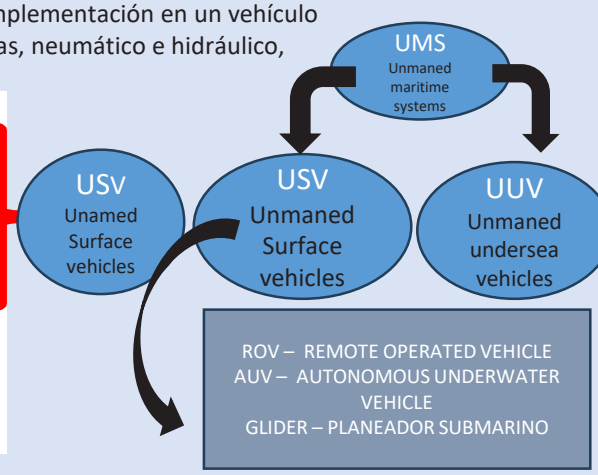
Autor: Miguel Alegre Sacristán

Directores: Carlos Pérez Collazo y José Antonio González Prieto

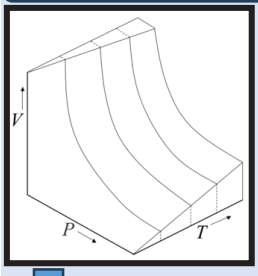
OBJETIVO:

Desarrollo de un módulo de lastre para su implementación en un vehículo no tripulado mediante el diseño de 2 sistemas, neumático e hidráulico, paralelos e integrados entre si.

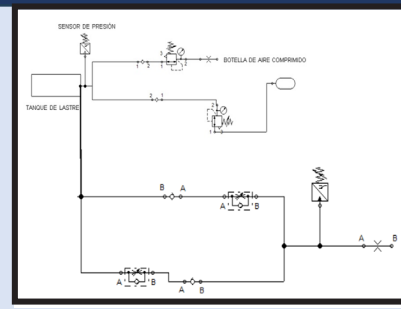




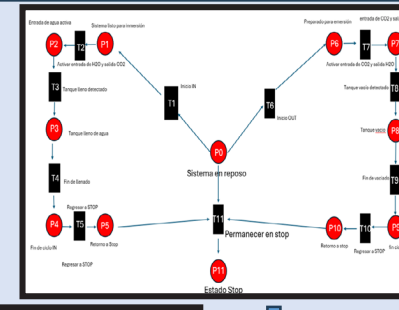
DESARROLLO CONCEPTUAL

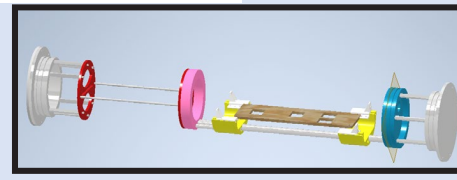


APLICACIÓN DE LEYES DE LOS GASES IDEALES



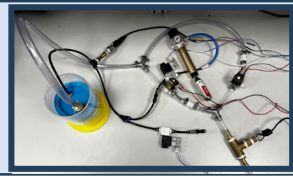
FLUIDSIM





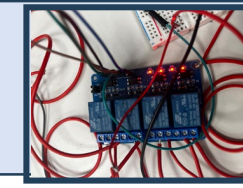
INVENTOR, AUTOCAD, ARDUINO

DISEÑO Y PROTOTIPADO



MONTAJE DEL SISTEMA FÍSICO





MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Evaluación de la revegetación de suelos quemados mediante la encapsulación de nutrientes

Autor: Francisco James Asensi Froud

Directora: Rosa Devesa Rey (rosa.devesa.rey@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo evalúa la eficacia de la encapsulación de nutrientes como estrategia para la revegetación y recuperación ecológica de suelos quemados por incendios forestales. A través de una investigación experimental, se analizó el impacto de dos tipos diferentes de cápsulas con nutrientes esenciales en la germinación, el crecimiento inicial de las plantas y en las propiedades generales de los suelos quemados. Los resultados obtenidos indicaron una mejora moderada en la germinación y el desarrollo inicial de la vegetación, particularmente en suelos sometidos a tratamientos térmicos menos severos. Sin embargo, en condiciones más extremas, la eficacia de la encapsulación de nutrientes se vio considerablemente limitada. Aunque se observó cierta mejora en las propiedades del suelo, el impacto global resultó ser menos significativo de lo esperado. En conclusión, la encapsulación de nutrientes puede constituir una técnica prometedora para la restauración ecológica de suelos afectados por incendios forestales, aunque su eficacia depende notablemente de las condiciones específicas del suelo tratado. Para mejorar su efectividad, se recomienda complementar esta técnica con otras estrategias de restauración ecológica, favoreciendo así una revegetación más eficaz y una recuperación más rápida y completa del suelo.

Palabras clave: Revegetación, Suelos quemados, Encapsulación de nutrientes, Incendios forestales, Restauración ecológica.

Evaluación de la revegetación de suelos quemados mediante la encapsulación de nutrientes

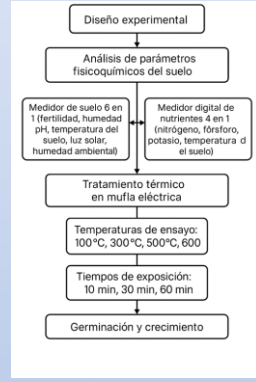
Autor: Francisco James Asensi Froud
Directora: Rosa Devesa Rey

OBJETIVOS

Determinar el efecto de las cápsulas de nutrientes sobre la germinación y crecimiento inicial en suelos afectados por incendios forestales

Evaluar la influencia de diferentes condiciones térmicas en la eficacia del método de encapsulación de nutrientes para la recuperación del suelo quemado

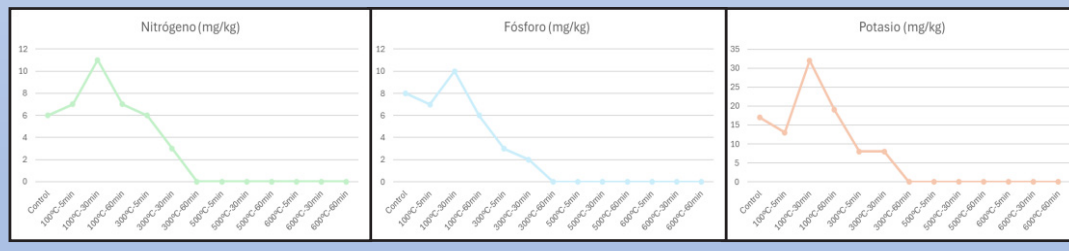






RESULTADOS

Los tratamientos térmicos afectaron significativamente el contenido de nutrientes esenciales (N, P, K) del suelo



CONCLUSIONES

Las cápsulas favorecen la germinación y crecimiento inicial en suelos afectados por incendios moderados

La encapsulación de nutrientes debe integrarse en estrategias multidisciplinares de restauración ecológica

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Diseño de experimentos en la realización de test de vida acelerados para pólvora y cartuchos

Autor: Alfonso Benavides Nieto

Directores: Jorge Eiras Barca (jeiras@cud.uvigo.es)
Alicia Vázquez Carpentier (avcarpentier@cud.uvigo.es)

Resumen

El presente trabajo de fin de grado constituye una fase preliminar del proyecto EIDUD (Estudio Integral de Dispositivos de Un Solo Uso para Defensa), centrado en la caracterización de la confiabilidad y el tiempo de vida útil de dispositivos de un solo uso mediante ensayos de vida acelerada. En particular, se aborda el diseño de un plan experimental aplicado a munición del calibre 9×19 milímetros Parabellum, sometida a condiciones de estrés térmico, salino y químico para simular entornos operacionales extremos. Se emplea un diseño factorial con enfoque multifactorial, permitiendo analizar tanto los efectos principales como las posibles interacciones entre variables. La muestra experimental comprende mil cartuchos distribuidos estratégicamente en niveles e intensidades de cada factor, incorporando un grupo de control y medidas de repetibilidad estadística. El objetivo es establecer las bases para una futura modelización probabilística del comportamiento del cartucho ante condiciones adversas, con atención a la estanqueidad de la pólvora y los umbrales térmicos de seguridad. Los resultados derivados de esta planificación experimental permitirán integrar metodologías estadísticas avanzadas como son Weibull o Gamma, para la estimación robusta de parámetros de confiabilidad en sistemas de muestreo destructivo.

Palabras clave: Fiabilidad, Ensayos de vida acelerados, Munición, Diseño Experimental, Vida útil.

Diseño de experimentos en la realización de test de vida acelerados para pólvora y cartuchos

Autor: Alfonso Benavides Nieto

Directores: Alicia Carpentier Vázquez y Jorge Eiras Barca

OBJETIVO

Diseñar un modelo experimental que permita predecir la fiabilidad de la munición expuesta a condiciones extremas, simulando entornos operativos reales mediante ensayos acelerados.





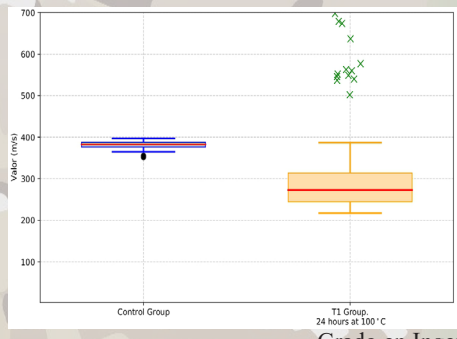


Permitir evaluar la fiabilidad de cartuchos del 9 × 19 mm Parabellum sometidos a condiciones ambientales extremas mediante diseño experimental multifactorial: temperatura, salinidad y pH, así como combinaciones de estos. Se plantea una metodología reproducible y adaptable.

DISEÑO

Pruebas preliminares Proyecto EIDUD

Factor de estudio	Condición aplicada	Duración (h)	Nº cartuchos
Grupo de control	Condiciones estándar	NQR	50
Temperatura	100 °C	24	30
Temperatura	100, 150 y 200 °C	1	15 x condición de temperatura
Temperatura	100, 150 y 200 °C	3	15 x condición de temperatura
Temperatura	100, 150 y 200 °C	6	15 x condición de temperatura
Temperatura	(-) 14 °C	1, 3 , 6	15 x franja horaria
Temperatura	Intervalo desde (-) 14 °C a 200 °C	1, 3 , 6	15 x franja horaria
Temperatura	200 °C	12, 24	12 x franja horaria
Salinidad (inmersión)	3.5% NaCl	1, 6 , 24	10 x franja horaria
Salinidad (inmersión)	10% NaCl	1, 6 , 24	10 x franja horaria
Salinidad (inmersión)	35% NaCl	1, 6 , 24	10 x franja horaria
Salinidad (niebla)	1% NaCl	1, 6 , 24	10 x franja horaria
Salinidad (niebla)	5% NaCl	1, 6 , 24	10 x franja horaria
Salinidad (niebla)	10% NaCl	1, 6 , 24	10 x franja horaria
Salinidad (humedad salina)	60%, 80 % y 100% HR	24, 72, 168	20 x franja horaria
pH (inmersión ácida)	pH 2–3 (ácido)	1, 3 , 24	15 x franja horaria
pH (inmersión básica)	pH 11–12 (básico)	1, 3 , 24	15 x franja horaria
pH (vapores ácidos)	Vapores/HCl 1%	1, 3 , 24	10 x franja horaria
pH (vapores ácidos)	Vapores/HCl 5%	1, 3 , 24	10 x franja horaria
pH (vapores ácidos)	Vapores acético/ 15 %	1, 3 , 24	10 x franja horaria
pH (atmósfera húmeda ácida)	pH ácido en humedad	1, 3 , 24	20 x franja horaria
Combinado: Costa tropical	Temp. 60–70 °C + Sal 5% + pH 5	24, 48, 72	23 x franja horaria
Combinado: Zona industrial	Temp. 100 °C + Sal 2.5% + pH 4	24, 48, 72	23 x franja horaria
Combinado: Clima extremo	Ciclo -14 °C a 80 °C + 5% sal + 90%	24, 72, 168	20 x franja horaria



RESULTADOS ESPERADOS PARA EIDUD

- Curvas de fiabilidad para cada factor
- Identificación de modos de fallo
- Propuesta de modelos de vida útil en entornos críticos

CONCLUSIONES:

Se proporciona un modelo experimental escalable para evaluar munición en condiciones reales.
La metodología propuesta es replicable y de aplicación directa en normativas de defensa.

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Modelización energética del cuartel Marqués de la Victoria utilizando herramientas de simulación dinámica

Autor: Jesús Blázquez Solano

Directoras: Lara Febrero Garrido (*lfebrero@cud.uvigo.es*)
Ana Ogando Martínez (*ana.ogando@cud.uvigo.es*)

Resumen

La escasez de recursos energéticos, el constante aumento del precio de la energía, unida a la creciente preocupación medioambiental ha llevado a buscar métodos más eficientes para la gestión energética de los edificios, impulsando a instituciones como la Armada a buscar formas más eficientes de gestionar sus infraestructuras. En este contexto, el presente trabajo de fin de grado aborda el modelado y simulación energética del edificio cuartel Marqués de la Victoria de la Escuela Naval Militar, emplazada en Marín, mediante la herramienta de simulación dinámica OpenStudio. El trabajo comienza con una exhaustiva recopilación de datos técnicos del edificio, incluyendo geometría, materiales, sistemas constructivos, instalaciones térmicas, iluminación, ocupación y patrones de uso. A partir de esta información, se desarrolla desde cero un modelo energético del edificio. Una vez simulado, se valida el modelo mediante la comparación entre los resultados obtenidos en la simulación y datos de temperatura reales recogidos del edificio. Este tipo de edificaciones, de considerable antigüedad y uso intensivo, representan una oportunidad significativa de mejora en términos de eficiencia energética. Los resultados obtenidos evidencian el potencial de emplear herramientas de simulación dinámica, como herramienta estratégica para una gestión más sostenible y eficiente dentro de la edificación.

Palabras clave: Cuartel Marqués de la Victoria, OpenStudio, Eficiencia energética, Modelado energético.

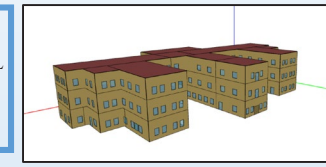
Modelización energética del cuartel Marqués de la Victoria utilizando herramientas de simulación dinámica

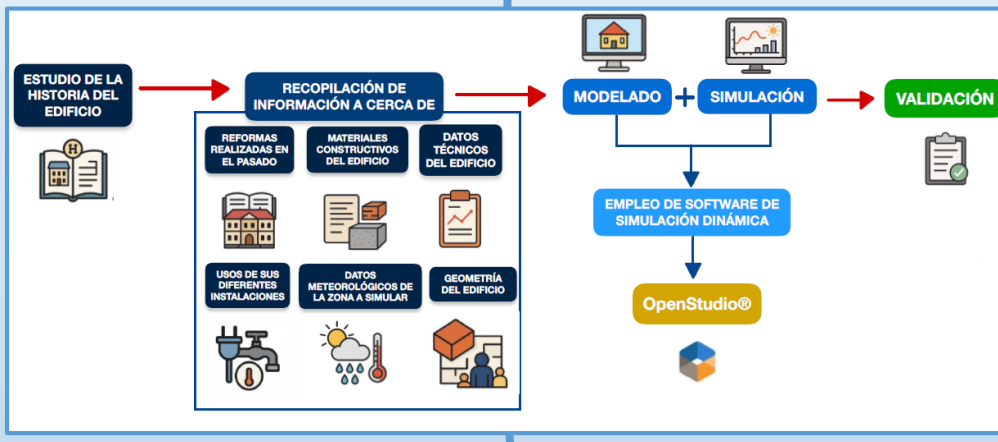
Autor: Jesús Blázquez Solano
Directoras: Lara Febrero Garrido y Ana Ogando Martínez



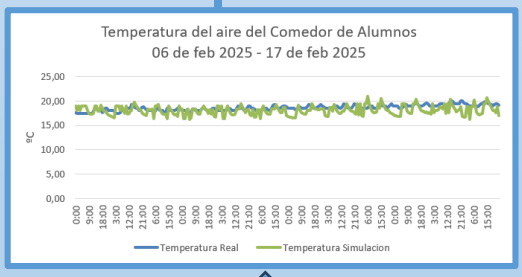
OBJETIVO

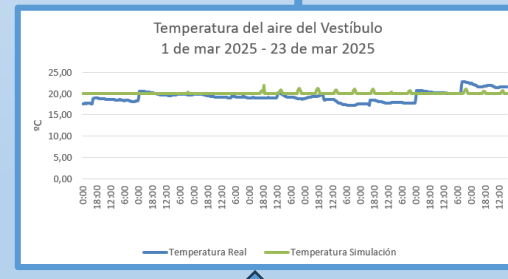
REALIZAR UN MODELO ENERGÉTICO DEL EDIFICIO CUARTEL MARQUÉS DE LA VICTORIA





RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN





VALIDACIÓN

CONCLUSIONES

- **SE VALIDA EL MODELO CREADO SATISFACTORIAMENTE CON UN NMBE Y UN CV(RMSE) INFERIORES AL 10% Y AL 20% RESPECTIVAMENTE.**
- **ADOPTAR ESTRATEGIAS COMO LA SIMULACION DE MODELOS ENERGETICOS, OFRECE NUMEROSAS VENTAJAS Y OPORTUNIDADES, TANTO DESDE UN PUNTO DE VISTA ECONÓMICO COMO MEDIOAMBIENTAL AL CAMPO DE LA EDIFICACIÓN**

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Diseño de un módulo de propulsión para un MoAUV

Autor: Ulyses Casais Fernández

Directora: Araceli Regueiro Pereira (regueiro@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado se centra en el diseño, fabricación y validación de un módulo de propulsión para un vehículo submarino autónomo modular (MoAUV). El objetivo principal ha sido desarrollar un sistema funcional, fabricable mediante impresión 3D, que integre todos los componentes necesarios para la propulsión del vehículo en entornos marinos. El diseño se llevó a cabo con Autodesk Inventor, mientras que la preparación para impresión y generación de G-CODE se realizó en Bambu Studio, utilizando como material plástico ASA debido a su resistencia mecánica y durabilidad en agua salada.

El módulo está compuesto por un cuerpo estructural, un alma interna de refuerzo, una hélice T200 carenada y aletas fijas basadas en el perfil NACA 0012. Se realizaron simulaciones estructurales para validar la resistencia del conjunto frente a fuerzas hidrodinámicas y presión hidrostática, alcanzando factores de seguridad adecuados en todos los componentes tras ciertas optimizaciones de diseño.

Las piezas fueron impresas en la Bambu Lab P1P y se realizó un montaje parcial en laboratorio para verificar la viabilidad del ensamblaje. El resultado ha sido un diseño modular, ligero, económico y listo para futuras ampliaciones, como la integración de sistemas de maniobra o su fabricación en aluminio mediante mecanizado CNC.

Palabras clave: Diseño modular, CAD, *Modular Autonomous Underwater Vehicle*.

Diseño de un módulo de propulsión para un MoAUV

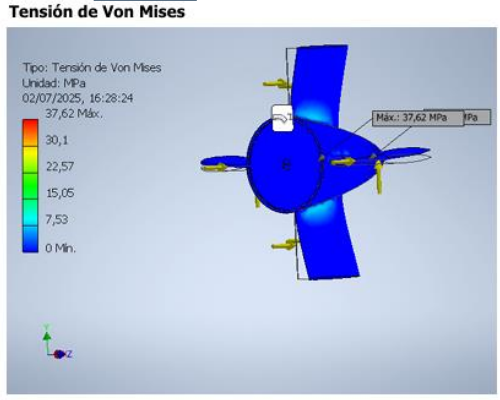
Autor: Ulyses Casais Fernández
Directora: Araceli Regueiro Pereira

1º El objetivo principal es diseñar un sistema de propulsión para un dron submarino.



2º La elección del material es un paso clave a la hora de la fabricación, por lo que se escoge el material con mejores cualidades: **ASA** (Acrilonitrilo Estireno Acrilato).

	ASA[20]	PLA[21]	PETG[22]	Aluminio 6061[23]
Resistencia a tracción (MPa)	45-50	50-70	45-50	276-310
Módulo elástico (GPa)	1,8-2,2	3,5	2,1	68,9-71,0
Densidad (g/cm³)	1,05	1,25	1,27	2,7
Resistencia UV	Muy alta	Muy baja	Media	Alta
Resistencia Agua salada	Alta	Muy baja	Media	Alta (con anodizado)
Facilidad de impresión	Alta	Muy alta	Alta	No aplica



3º Tras simular la presión hidrostática a 30 metros, se comprueba que la tensión está dentro del rango del material (37,62 Mpa).



4º Se procede a la impresión del diseño en la impresora Bambu Lab P1P.

Cadenas de Markov en la Armada

Autor: Javier Cuartero Rodríguez

Director: Rodrigo Mariño Villar (rodrigo.marino@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo se centra en el uso de las cadenas de Markov, homogéneas y en tiempo discreto, como herramienta sencilla para la toma de decisiones en el ámbito de las diferentes unidades de la Armada, poniendo el foco en su versatilidad para aplicaciones que permitan modelar situaciones en las operaciones.

Durante el desarrollo del TFG, se han desarrollado los diferentes conceptos y herramientas que permiten comprender la ejecución de los modelos empleados en las pruebas. Posteriormente, se han demostrado las prestaciones que tienen los modelos de cadenas de Markov para modelar situaciones complejas, evaluando su capacidad predictiva en contextos de diferente índole. Los resultados muestran que estos modelos aportan herramientas prácticas para gestionar recursos y situaciones de manera eficiente, algo aplicable a cualquier organización. Esto confirma el potencial que tienen los modelos, especialmente en el planeamiento de las operaciones.

Por último, el trabajo también ha evidenciado algunas limitaciones, especialmente relacionadas con la adaptación a cambios en la situación, algo habitual en las operaciones reales. Para abordar estas cuestiones, se han planteado soluciones a desarrollar en el futuro que incluyen el desarrollo de modelos híbridos que integren las nuevas tecnologías que permitan al modelo adaptarse a los entornos en los que operan las unidades.

Palabras clave: Homogéneo, Estado, Transición de estado, Tiempo, Entorno operativo.

Cadenas de Markov en la Armada

Autor: Javier Cuartero Rodríguez
Director: Rodrigo Mariño Villar

Basado en:

- Estado actual
- Probabilidad de transición actual
- Tiempo finito

CADENA DE MARKOV

Predicción probabilística

Aporta predicción de:

- Estados futuros
- Probabilidad de transición futura
- Tiempo de llegada
- Tiempo empleado

OBJETIVO

DEMOSTRAR

Versatilidad

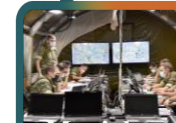
Aplicación en diferentes entornos





Potencial

Aplicación en diferentes funciones





MODELOS

Matriz de transición

$$P^{(n)} = \begin{pmatrix} p_{00}^{(n)} & p_{01}^{(n)} & p_{02}^{(n)} & \cdots \\ p_{10}^{(n)} & p_{11}^{(n)} & p_{12}^{(n)} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots \\ p_{i0}^{(n)} & p_{i1}^{(n)} & p_{i2}^{(n)} & \cdots \end{pmatrix}$$

Tiempo de recurrencia

$$\mu_{ii} = E\{T_i | X_0 = i\}$$

Tiempo de llegada

$$T_{ij} = min\{n \geq 1 | X_n = j | X_0 = i\}$$

Chapman-Kolmogorov

$$p_{ij}^{(n+m)} = \sum p_{ik}^{(n)} p_{kj}^{(m)}$$

Probabilidades de llegada

$$f_{ij}^{(n)} = p_{ij}^{(n)} - \sum_{r=1}^{n-1} f_{ij}^{(r)} p_{jj}^{(n-r)} \qquad f_{ij} = \sum_{n=1}^{\infty} f_{ij}^{(n)}$$

Probabilidad a largo plazo

$$\pi_j = \lim_{n \to \infty} p_{ij}^{(n)}$$

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Optimización de la síntesis hidrotermal de hidróxidos dobles laminares mediante un reactor HTC para el tratamiento de aguas

Autor: Álvaro Delgado Guevara

Directoras: Rosa Devesa Rey (rosa.devesa.rey@cud.uvigo.es)
Leticia Pérez Rial (leticia@cud.uvigo.es)

Resumen

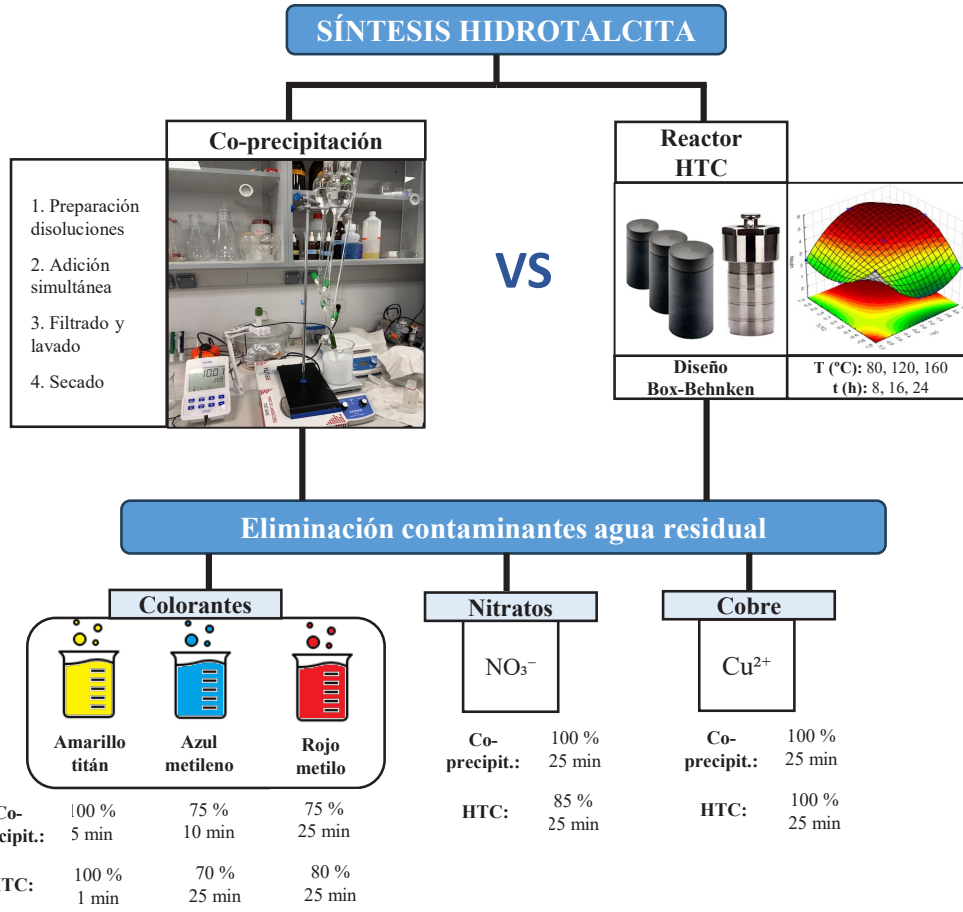
La creciente preocupación por la contaminación del agua ha impulsado la investigación en nuevas tecnologías de tratamiento. Este trabajo de fin de grado se centra en la optimización de la síntesis hidrotermal de hidróxidos dobles laminares (HDL), comúnmente conocidos como hidrotalcitas, utilizando un reactor HTC para su aplicación en la eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales.

Se han sintetizado muestras de HDL variando los parámetros de temperatura y tiempo para evaluar su eficacia en la adsorción de diferentes colorantes, seleccionando finalmente el amarillo titán como colorante modelo por su rápida eliminación. Además, se ha analizado el rendimiento de eliminación de contaminantes inorgánicos como el nitrato y el cobre. Los experimentos han sido realizados mediante espectrofotometría UV-Vis, y los datos se han tratado estadísticamente con el *software* Statistica Academic. El objetivo final es obtener un material adsorbente eficiente y sostenible para su uso en procesos de depuración de aguas, reduciendo el impacto ambiental y contribuyendo a una gestión más responsable de los recursos hídricos.

Palabras clave: Hidrotalcita, Síntesis hidrotermal, Tratamiento de aguas, HTC, Adsorción.

Optimización de la síntesis hidrotermal de hidróxidos dobles laminares mediante un reactor HTC para el tratamiento de aguas

Autor: Álvaro Delgado Guevara
Directoras: Rosa Devesa Rey y Leticia Pérez Rial



CONCLUSIONES

- **Síntesis hidrotalcita en reactor HTC proceso más sencillo que el método convencional por co-precipitación.**
- **Porcentajes eliminación contaminantes estudiados superiores al 70 % en todos los casos.**
- **Hidrotalcita sintetizada por co-precipitación y HTC logra eliminación total de un colorante y cobre en tiempos reducidos (<25 min).**
- **Hidrotalcitas sintetizadas por HTC empleando 24 h y 160 ºC es la que consigue mejores % de eliminación de nitratos.**

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Optimización del tratamiento de aguas residuales de buques mediante tecnologías avanzadas de postratamiento

Autor: Santiago Domínguez Gómez

Directoras: Lorena González Gil (lorena.gonzalez@cud.uvigo.es)
Rosa Devesa Rey (rosa.devesa.rey@cud.uvigo.es)

Resumen

La contaminación marina generada por buques representa un reto ambiental significativo. Este trabajo de fin de grado aborda la optimización del tratamiento de aguas residuales en buques de la Armada mediante tecnologías avanzadas de postratamiento. En concreto, se investiga la aplicación combinada de radiación ultravioleta (UV), peróxido de hidrógeno (H_2O_2) e hidrotalcita calcinada como sistema de mejora de la eliminación de contaminantes como el nitrógeno, el fósforo, la turbidez y la materia orgánica. Tras una caracterización inicial del agua residual y la evaluación de las tecnologías empleadas en las plantas TAR actuales, se desarrolla un diseño experimental tipo Box-Behnken para analizar el efecto de distintos parámetros operativos. Los resultados obtenidos demuestran que la combinación de estos tratamientos logra mejoras significativas en la calidad del efluente, acercándose al cumplimiento de la normativa establecida por la resolución MEPC.227(64) del convenio MARPOL. Además, se analiza la viabilidad técnica y operativa de incorporar esta tecnología en buques militares, concluyendo que su integración es factible y beneficiosa. El estudio contribuye a avanzar en soluciones sostenibles para la gestión de aguas residuales, reforzando el compromiso ambiental de la Armada.

Palabras clave: Aguas residuales, Radiación UV, Peróxido de hidrógeno, Hidrotalcita, Tratamiento.

Optimización del tratamiento de aguas residuales de buques mediante tecnologías avanzadas de postratamiento

Autor: Santiago Domínguez Gómez
Directoras: Lorena González Gil y Rosa Devesa Rey

CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS GENERADA POR BUQUES



IMPACTO:

- VIDA MARINA
- CLIMA
- SERES HUMANOS

REGULADA POR:

IMO

MARPOL

OBJETIVOS

ENCONTRAR **TRATAMIENTOS AVANZADOS** CAPACES DE OPTIMIZAR Y MEJORAR LOS PROCESOS DE DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES Y ESTUDIAR SU **VIABILIDAD** EN LOS BUQUES DE LA **ARMADA**

AGUA RESIDUAL F-102

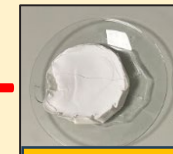


TRATAMIENTO COMBINADO

METODOLOGÍA

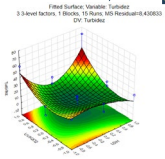
BOX-BEHNKEN



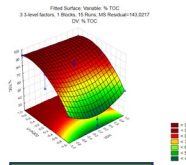
RADIACIÓN UV +  **HIDROTALCITA** +  **PERÓXIDO DE HIDRÓGENO**

VARIABLES

- Carbono Orgánico Total (TOC)
- Carbono Inorgánico Total (IC)
- Nitrógeno (N)
- Turbidez



TURBIDEZ



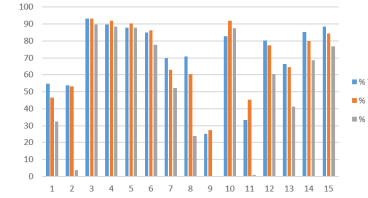
% TOC ELIMINADO

RESULTADOS

PARÁMETRO MÁS SIGNIFICATIVO EN LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES:

H_2O_2

PORCENTAJES ELIMINACIÓN TOC, IC y N



CONCLUSIONES

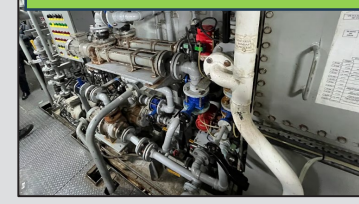
- % Eliminación TOC > 90%
- % Eliminación IC > 90%
- % Eliminación N > 80%
- Reducción de la turbidez significativa

TRATAMIENTO ÓPTIMO

- t= 1h
- 5 mg/ml HDL
- 10% H202
- Radiación UV

CUMPLE CONVENIO MARPOL

VIABLE APLICAR EN LAS PLANTA TAR DE LOS BUQUES DE LA ARMADA



Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Desarrollo de cuadros de información operativa táctica en operaciones de desembarco naval mediante SIAAMETOC y LaTex

Autor: Mario Martínez Iglesias

Directores: Carlos Pérez Collazo (carlos.perez.collazo@cud.uvigo.es)
Jorge Eiras Barca (jeiras@cud.uvigo.es)

Resumen

Las operaciones anfibias representan una de las maniobras más complejas y críticas dentro del ámbito militar, debido a su alta dependencia de factores meteo-oceanográficos y a la coordinación simultánea de múltiples unidades en el litoral. En este contexto, el uso de herramientas avanzadas como el Sistema Integrado de Apoyo Automático Meteo-Oceanográfico (SIAAMETOC) cobra especial relevancia, al proporcionar datos precisos, estructurados y orientados a la toma de decisiones. Este trabajo de fin de grado se centra en el desarrollo de cuadros de información operativa táctica (STOIC), integrando las capacidades de SIAAMETOC y herramientas de redacción técnica basadas en LaTeX. El trabajo se articula en torno a la generación de un documento técnico, que sintetiza información crítica sobre el área de desembarco, incluyendo variables como oleaje, viento y matrices de impacto sobre los vectores de proyección de la fuerza de desembarco. Para ello, se ha desarrollado un flujo de trabajo automatizado mediante Python, que permite obtener imágenes desde servicios WMS y extraer contenidos relevantes desde informes de SIAAMETOC, integrándolos directamente en una plantilla LaTeX. Este enfoque ofrece una herramienta funcional que mejora el apoyo al planeamiento y la ejecución de operaciones anfibias.

Palabras clave: STOIC, SIAAMETOC-OM, LaTex, Operación Anfibia, WMS, Python.

Desarrollo de cuadros de información operativa táctica en operaciones de desembarco naval mediante SIAAMETOC y LaTex

Autor: Mario Martínez Iglesias
Directores: Carlos Pérez Collazo y Jorge Eiras Barca

DESARROLLO DE STOIC ORIENTADO A OPERACIONES ANFIBIAS

1. **Selección de información relevante para el STOIC**

Web Map Service

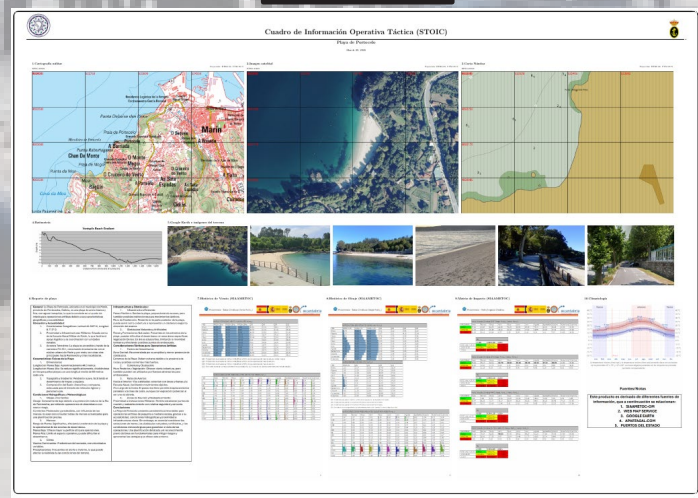
SIAAMETOC-OM

2. **Implementación de Python para extracción de información**

3. **Estructuración y desarrollo del STOIC mediante LaTex**

LaTeX

RESULTADO



Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Evaluación de la IA generativa como apoyo en el aprendizaje y en la docencia de programación

Autor: Iago Novo Andrade

Directores: *Miguel Rodelgo Lacruz (mrodelgo@cud.uvigo.es)*
Belén Barragáns Martínez (belen@cud.uvigo.es)

Resumen

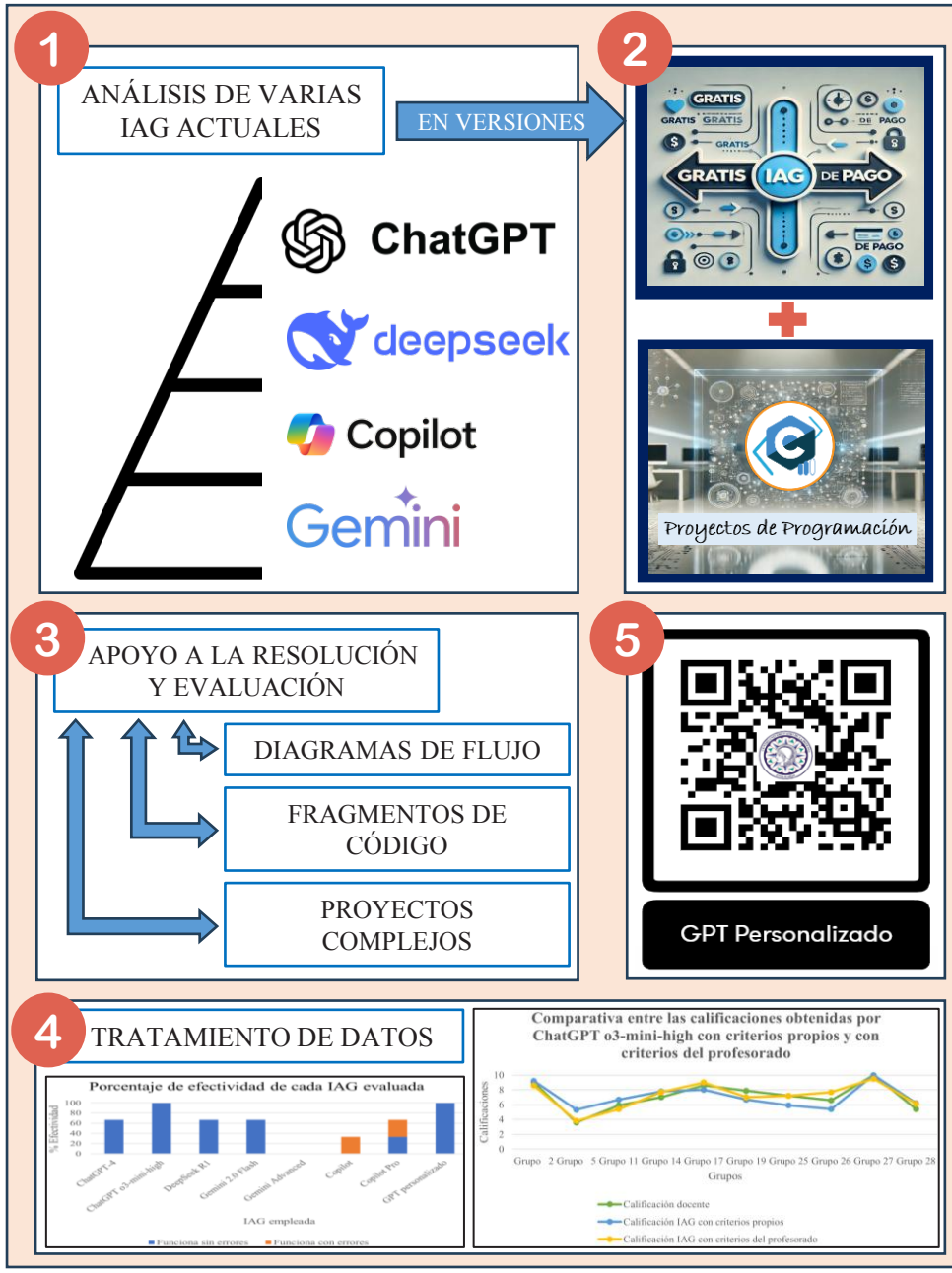
Este trabajo de fin de grado analiza el papel de las inteligencias artificiales generativas en el ámbito educativo, con especial atención a su aplicación en la asignatura Informática para la Ingeniería del grado en Ingeniería Mecánica impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar. El objetivo principal es evaluar si estas herramientas pueden actuar como un apoyo efectivo tanto para el alumnado como para el profesorado en tareas relacionadas con la comprensión de conceptos, la generación de código y los procesos de evaluación automatizada.

Para ello, se realiza una comparativa entre distintos modelos de IAG, tanto en versiones gratuitas como de pago, aplicados a la resolución de ejercicios de diferentes niveles de dificultad: desde diagramas de flujo hasta proyectos de programación más completos. Asimismo, se examina su capacidad para simular procesos de corrección, comparando las calificaciones de dichos trabajos con las valoraciones generadas por los modelos con los criterios utilizados por el profesorado, prestando especial atención a la calidad y adecuación del código propuesto. Como parte del enfoque experimental, se desarrolla un modelo GPT personalizado, entrenado específicamente con los contenidos de la asignatura, con el propósito de valorar su potencial como recurso académico en contextos de enseñanza universitaria de programación.

Palabras clave: IAG, Programación, ChatGPT, Gemini, Copilot, GPT personalizado.

Evaluación de la IA Generativa como apoyo en el aprendizaje y en la docencia de programación

Autor: Iago Novo Andrade
Directores: Miguel Rodelgo Lacruz y Belén Barragáns Martínez



Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Formulación matemática de la transferencia de energía térmica por conducción en superficies circulares

Autor: Víctor Pedrero Martín

Directores: María Álvarez Hernández (*maria.alvarez@cud.uvigo.es*)
Gonzalo Castiñeira Veiga (*gonzalo.castineira.veiga@usc.es*)

Resumen

Este trabajo aborda la transferencia de energía térmica por conducción en dominios cilíndricos, un fenómeno habitual en la ingeniería, pero rara vez expuesto con la profundidad analítica que aquí se presenta. Aunque las soluciones generales de la ecuación del calor son conocidas y disponibles, lo distintivo de este estudio reside en el recorrido completo que se traza desde la formulación inicial hasta la obtención detallada de cada expresión final. El trabajo desglosa, con rigurosa precisión, cada paso: desde el cambio de coordenadas cartesianas a cilíndricas, pasando por la obtención cuidadosa de derivadas parciales bajo diferentes simplificaciones derivadas de la naturaleza de la forma geométrica del dominio del problema, hasta la resolución de estas considerando diferentes condiciones de contorno (Dirichlet y Neumann). Además, se presentarán representaciones gráficas de algunos de los problemas abordados que ayudarán a ilustrar los resultados obtenidos. A lo largo de este recorrido, se pone en valor el proceso en sí mismo que, a menudo, se diluye en exposiciones más superficiales. Este trabajo busca recuperar la conexión natural entre la matemática y su aplicación, mostrando que el valor no está solo en la solución final, sino en la comprensión profunda de cómo se llega a ella, y en cómo, a partir de ese conocimiento, es posible interpretar y abordar con solidez problemas reales de la ingeniería.

Palabras clave: Transferencia de energía térmica, Condiciones de contorno, Ecuación del calor, Ecuaciones diferenciales, Coordenadas cilíndricas.

Formulación matemática de la transferencia de energía térmica por conducción en dominios cilíndricos

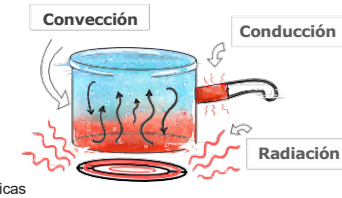
Autor: Víctor Pedrero Martín
Directores: María Álvarez Hernández y Gonzalo Castiñeira Veiga



La ecucación del calor, una ecuación en derivadas parciales fue formulada por primera vez por Joseph Fourier en 1822 para describir el fenómeno de transferencia de calor

La ecuación del calor:

$$\alpha^2\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right)=\frac{\partial T}{\partial t}$$



Ecuación del calor en coordenadas cilíndricas

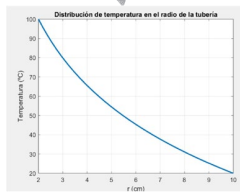
$$\alpha^2\cdot\left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\cdot\frac{\partial T}{\partial r}+\frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right)=\frac{\partial T}{\partial t}$$





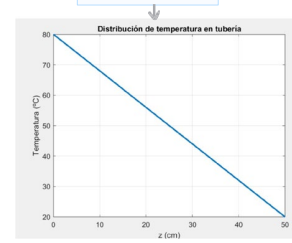
Ecuación del calor en estado estacionario independiente de θ y z .

$$T(r)=C_1\cdot ln(r)+C_2;\ con\ C_1,C_2\in\mathbb{R}\ ;\ r\in[r_0,r_L]$$

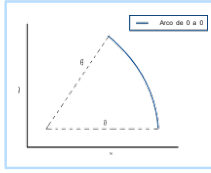


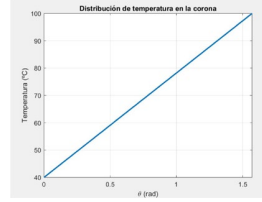
Ecuación del calor en estado estacionario independiente de θ y r

$$T(z)=C_1\cdot z+C_2$$



Ecuación del calor en estado estacionario e independiente de r y z



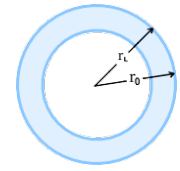


$$T(\theta)=C_1\cdot\theta+C_2$$

$$\theta\in[0,\theta_L]$$

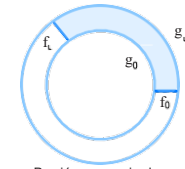
Ecuación del calor en estado estacionario e independiente de z

$$T(r,\theta)=(C_1\cdot(r)^n+C_2\cdot(r)^{-n})\cdot(C_3\cdot cos(n\cdot\theta)+C_4\cdot sen(n\cdot\theta))\ con\ r\in[r_0,r_L],\theta\in[0,2\pi]$$



Corona circular

Ó



Porción corona circular

Grado en Ingeniería Mecánica, 2024/2025

Análisis numérico y analítico de la transferencia de calor por convección en dispositivos electrónicos

Autor: Alejandro de Rivas del Río

Directores: Jose Ignacio Iglesias Prado (jiprado@cud.uvigo.es)
Rodrigo Mariño Villar (rodrigo.marino@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado estudia la transferencia de calor por convección forzada en un intercambiador compacto con cuatro canales cilíndricos horizontales embebidos en un bloque sólido rectangular. A diferencia de otros enfoques con geometrías simplificadas o configuraciones verticales, se plantea un modelo simbólico más representativo, con una fuente de calor en la base y condiciones adiabáticas en el resto de las superficies. Se describe la geometría, se formulan hipótesis físicas realistas y se plantean las ecuaciones de conservación en coordenadas cilíndricas, que posteriormente se trasladan a coordenadas cartesianas para facilitar su tratamiento como medio poroso. Tras su adimensionalización, el modelo se resuelve analíticamente mediante *Mathematica*, obteniéndose soluciones exactas para la velocidad y planteándose expresiones analíticas para la temperatura. Se analizan los parámetros adimensionales clave, como los números de Nusselt, Reynolds y Prandtl. El trabajo sienta una base teórica sólida para análisis futuros, con aplicaciones en electrónica, automoción o bioingeniería, donde la gestión térmica resulta crítica.

Palabras clave: Transferencia de calor, Canales cilíndricos horizontales, Intercambiador de calor compacto, Modelo simbólico, Convección forzada.

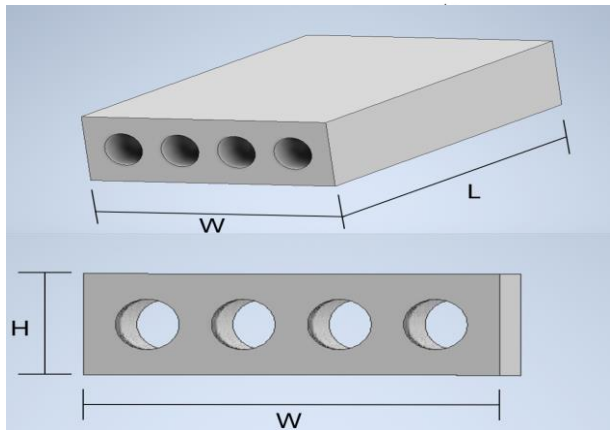
Escuela Naval Militar

ANÁLISIS NUMÉRICO Y ANALÍTICO DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN EN DISPOSITVIOS ELECTRÓNICOS

POR AA CIM DE RIVAS DEL RÍO

INTRODUCCIÓN

La transferencia de calor es un fenómeno fundamental en la ingeniería, presente en una amplia gama de aplicaciones que abarcan desde los sistemas de climatización hasta los procesos industriales, pasando por sectores críticos como la electrónica, la automoción y la generación de energía. En particular, la necesidad creciente de miniaturizar dispositivos y optimizar el uso del espacio ha impulsado el desarrollo de tecnologías térmicas más eficientes y compactas. Entre ellas, los intercambiadores de calor compactos, basados en canales de pequeña sección y geometría controlada, han emergido como una solución clave para garantizar el adecuado manejo del calor en sistemas de altas prestaciones



DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema objeto de estudio es un intercambiador de calor compacto de forma prismática rectangular, en el cual se encuentran 4 canales cilíndricos horizontales, a través de los cuales fluye un fluido refrigerante.

MODELO FÍSICO

El presente modelo busca describir la transferencia de calor por convección forzada interna en un sistema formado por varios canales cilíndricos horizontales embebidos en un bloque sólido rectangular. El fluido refrigerante fluye a través de los canales desde un colector de entrada hacia un colector de salida.

HIPÓTESIS FÍSICAS DEL MODELO

Para abordar el desarrollo matemático del intercambiador de calor compuesto por canales cilíndricos horizontales embebidos en un bloque sólido, se plantean una serie de hipótesis simplificadoras. Estas permiten representar los fenómenos principales de transferencia térmica y dinámica de fluidos en el sistema, manteniendo un equilibrio entre precisión física y viabilidad analítica.

CONDICIONES DE CONTORNO

En este trabajo se han obtenido soluciones analíticas para la velocidad del fluido mediante la ecuación de Darcy, así como expresiones simbólicas para la temperatura en las fases fluida y sólida. Se han representado perfiles de velocidad característicos y se ha adimensionalizado el sistema identificando los parámetros clave que gobiernan la transferencia térmica, como los números de Darcy, Peclet y Biot. Estos resultados permiten describir el comportamiento térmico del intercambiador de forma general y fundamentada.

Modelado y análisis de un motor *Stirling* de baja temperatura

Autor: Alonso Ruiz del Moral Azofra

Director: Antón Cacabelos Reyes (acacabelos@cud.uvigo.es)
Javier Pérez Vallejo (jvallejo@cud.uvigo.es)

Resumen

Debido a la creciente preocupación por el desarrollo de sistemas energéticos más sostenibles, se realiza este proyecto acerca del análisis integral de un motor *Stirling* de baja temperatura diferencial (LTD), del tipo Gamma, incorporando un mecanismo yugo de Ross como sistema de conversión de movimiento.

El estudio combina tres enfoques fundamentales: termodinámico, cinemático y dinámico. Desde el punto de vista termodinámico, se analiza el comportamiento del motor a lo largo del ciclo, considerando el flujo de calor entre los focos y su efecto sobre el rendimiento. En el ámbito cinemático, se desarrollan las ecuaciones que describen el movimiento, permitiendo representar su evolución durante el ciclo completo. El análisis dinámico permite calcular la inercia equivalente del sistema y estimar el par requerido en función de las condiciones de funcionamiento. Estos modelos han sido validados mediante simulaciones realizadas en un entorno CAD, lo que ha permitido contrastar la coherencia del modelo matemático con el comportamiento físico del sistema. Finalmente, se propone un rediseño del motor enfocado a mejorar su eficiencia global y contribuir a la mejora de estos sistemas que suponen una base sólida para futuras investigaciones en el campo de los motores *Stirling* como alternativa energética sostenible y eficiente.

Palabras clave: Motor *Stirling* LTD, Mecanismo Yugo de Ross, Análisis cinemático, Inercia, Simulación dinámica.

Modelado y análisis de un motor Stirling de baja temperatura

Autor: Alonso Ruiz Del Moral Azofra
Directores: Antón Cacabelos Reyes y Javier Pérez Vallejo

MOTOR STIRLING LTD - γ

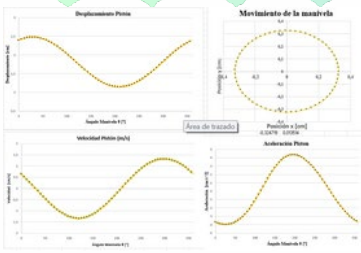
Sistema térmico de ciclo cerrado que convierte calor en trabajo mecánico a partir de pequeñas diferencias de temperatura Compacto, silencioso y con potencial en tecnologías sostenibles

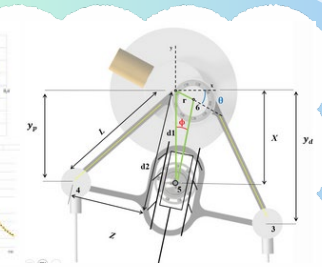
1

ANÁLISIS DINÁMICO

- Diagrama cinemático Yugo de Ross
- Ecuaciones cinemáticas
- Modelo dinámico reducido

2





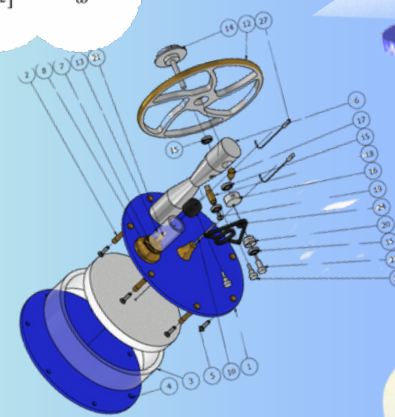
$$T_m = r \times \vec{F}_m$$

$$I_{eq}(\theta) = I_m + I_{Cp} + I_{vi} + m_{pp} \cdot \left[r\left(\cos(\theta) - \frac{Z}{d_2}\sin(\theta)\right) + \frac{r^2 \cos(\theta)\sin(\theta)}{\sqrt{d_2^2 - (r\cos(\theta))^2}} \right]^2$$
$$+ m_{pd} \cdot \left[r\left(\cos(\theta) + \frac{Z}{d_2}\sin(\theta)\right) + \frac{r^2 \cos(\theta)\sin(\theta)}{\sqrt{d_2^2 - (r\cos(\theta))^2}} \right]^2 + I_{Yr}\frac{\omega_b}{\omega}$$

3

MODELADO Y REDISEÑO

- Ensamblaje modelo físico real
- Validación de ecuaciones cinemáticas
- Diseño experimental de optimización





Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**

Aplicación de IA en el proceso de planeamiento de pequeñas unidades

Autor: Jorge Sánchez Martínez

Director: Sergio Borrallo Tirado (borrallo@cud.uvigo.es)

Resumen

Este trabajo de fin de grado presenta el desarrollo de una herramienta informática orientada a apoyar la toma de decisiones tácticas en el planeamiento de pequeñas unidades militares. El sistema, basado en lógica difusa, permite comparar la potencia de combate relativa entre fuerzas propias y enemigas y estimar las líneas de acción más probables del adversario ante una situación de combate convencional. Para ello, se ha parametrizado información doctrinal según variables como organización del terreno, adiestramiento, moral y experiencia, con el objetivo de trasladar conceptos cualitativos del ámbito militar a un entorno programable.

La aplicación ha sido diseñada íntegramente en Python, empleando reglas condicionadas por rangos de ventaja o desventaja, sin depender de modelos complejos de aprendizaje automático. Se ha validado su funcionamiento a través de escenarios ficticios y ejercicios doctrinales reales, demostrando que, con una correcta parametrización, el sistema genera salidas coherentes con el análisis táctico humano. Este proyecto representa un primer paso hacia el desarrollo de herramientas informáticas que reemplacen los procedimientos arcaicos que se siguen utilizando hoy en día, adaptadas a la doctrina nacional y que mejoren la eficiencia y la calidad del planeamiento militar.

Palabras clave: Inteligencia artificial, Lógica difusa, Potencia de combate, Línea de acción, Organización del terreno.

Aplicación de IA en el proceso de planeamiento de pequeñas unidades

Autor: Jorge Sánchez Martínez

Director: Sergio Borrallo Tirado



Objetivo: *Desarrollar una herramienta basada en lógica difusa para evaluar la potencia de combate relativa y estimar las acciones enemigas.*

Metodología: *Programación en Python, reglas lógicas y parametrización de valores de la fuerza según doctrina nacional.*

Validación: *Escenarios ficticios y reales, comparación con resultados Compañía de Alumnos ENM*

Grado en Ingeniería Mecánica, **2024/2025**





PUBLICACIONES DE DEFENSA

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE DEFENSA

SUBSECRETARÍA DE DEFENSA

SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES Y PATRIMONIO CULTURAL