SISTEMA ECONÓMICO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE

RED PUERTOS DIGITALES Y COLABORATIVOS

CAF BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA

PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones — Autoridad Portuaria Nacional

GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA — Puerto de Santander — Autoridad Portuaria de Santander

NextPort®

Seminario Online PUERTOS EXPONENCIALES

Martes, 26 de abril de 2022

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Antonio Tomás

Grupo de Hidrodinámica e Infraestructuras Costeras - IHCantabria

antonio.tomas@unican.es

IHcantabria 15 años
INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

I+D+i PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE

ÍNDICE:

- IHCantabria
- Inteligencia Artificial
- Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil)
- Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España)
- Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España)
- Predicción de la operatividad del buque atracado en el Puerto Bahía de Algeciras (España)
- Conclusiones

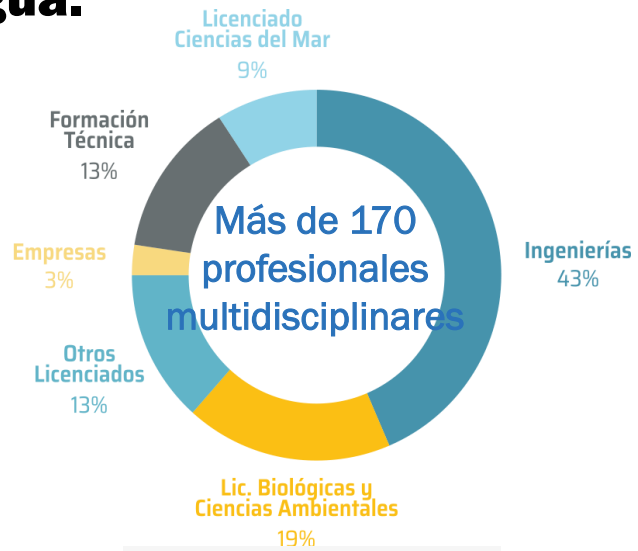
ÍNDICE:

- **IHCantabria**
- Inteligencia Artificial
- Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil)
- Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España)
- Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España)
- Predicción de la operatividad del buque atracado en el Puerto Bahía de Algeciras (España)
- Conclusiones

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

IHCantabria: www.ihcantabria.com

Centro de referencia internacional especializado en investigación básica y aplicada relacionada con el ciclo del agua.



> 50 ARTICULOS INDEXADOS ANUALES

11 PREMIOS DE INVESTIGACIÓN

4ª DEL MUNDO / **1ª** DE EUROPA

EN Nº DE CITAS (OCEAN ENG.)

En su 30 aniversario, IHCantabria fue seleccionada como un ejemplo de una historia de éxito para la política de cohesión de Europa.

Perfil:

IHCantabria es un centro mixto de investigación que surge administrativamente fruto de la colaboración entre dos instituciones: la Universidad de Cantabria y el Gobierno de Cantabria representado a través de la Fundación Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria.

Misión:

Proporcionar conocimientos, experiencia, metodologías, herramientas y tecnologías que permitan facilitar la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente los ODS relacionados con el ciclo del agua, siguiendo un enfoque integrado, multidisciplinar y trabajando en estrecha colaboración con los gestores y usuarios finales.

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

IHCantabria: www.ihcantabria.com

Perfil:

IHCantabria es un centro mixto de investigación que surge administrativamente fruto de la colaboración entre dos instituciones: la Universidad de Cantabria y el Gobierno de Cantabria representado a través de la Fundación Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria.

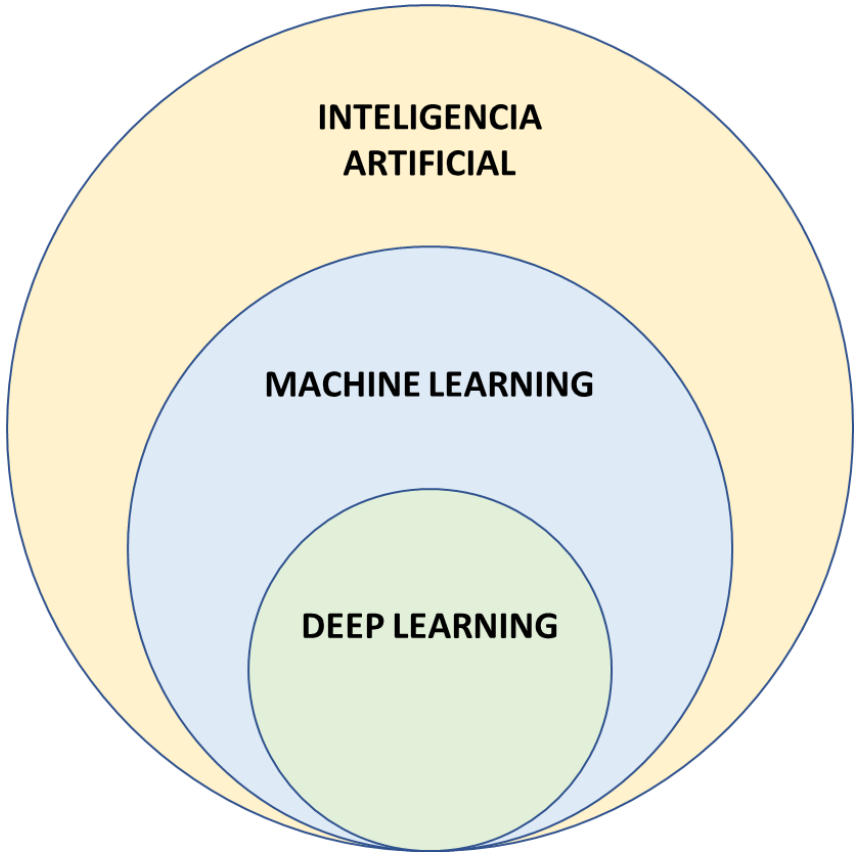
Misión:

Proporcionar conocimientos, experiencia, metodologías, herramientas y tecnologías que permitan facilitar la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente los ODS relacionados con el ciclo del agua, siguiendo un enfoque integrado, multidisciplinar y trabajando en estrecha colaboración con los gestores y usuarios finales.

ÍNDICE:

- IHCantabria
- **Inteligencia Artificial**
- Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil)
- Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España)
- Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España)
- Predicción de la operatividad del buque atracado en el Puerto Bahía de Algeciras (España)
- Conclusiones

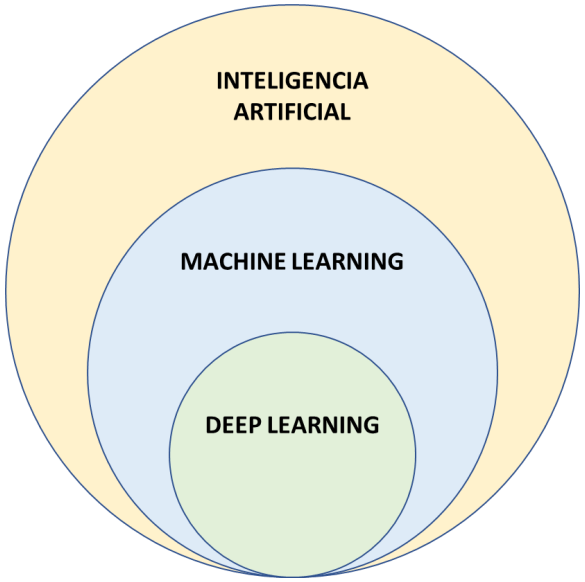
Inteligencia Artificial



La **Inteligencia Artificial** (IA) es la rama de la estadística y matemática aplicada que utiliza la computación, imitando la inteligencia humana, para estudiar, modelar e inferir patrones en múltiples procesos físicos e ingenieriles.

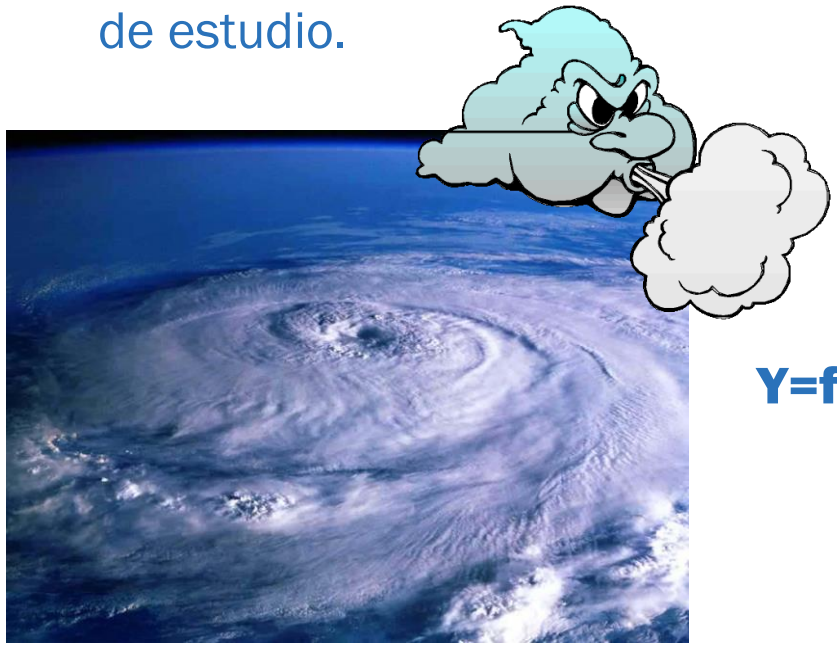
El **Machine Learning** (ML) o aprendizaje automático, como disciplina específica dentro de la IA, permite el aprendizaje automático mediante el empleo de algoritmos definidos por el usuario para, por ejemplo: organizar datos, reconocer patrones u orientar decisiones, sin necesidad de ser programados específicamente para ello. Es decir, en vez de programar reglas y esperar el resultado, con ML, la máquina aprenderá esas reglas directamente.

El **Deep Learning** (DL) o aprendizaje profundo, como disciplina perteneciente al ML, desarrolla algoritmos de mayor complejidad que ML, imitando el funcionamiento de las redes neuronales del cerebro humano, llegando a funcionar como una mente propia a través de superposición de capas no lineales de procesamiento de datos. De forma simplificada, podemos decir que DL está compuesto por un conjunto de algoritmos muy sofisticados construidos a partir de un conjunto de diversas capas de "neuronas", alimentados por cantidades inmensas de datos, que son capaces por ejemplo de reconocer imágenes, procesar el lenguaje natural o aprender a realizar tareas extremadamente avanzadas sin interferencia humana.



La correcta aplicación de cualquier algoritmo de IA se basa en el cumplimiento de las siguientes tres hipótesis fundamentales:

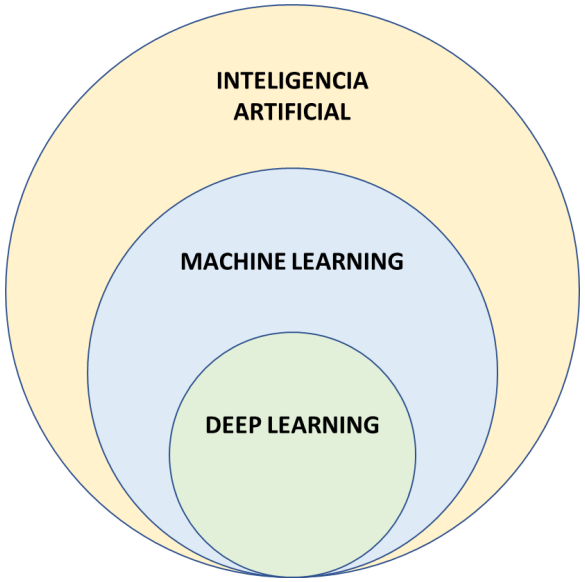
1) La existencia de **relaciones de dependencia** entre las variables objeto de estudio.



Y=f(X)

Condición regional de la atmósfera (**X**)

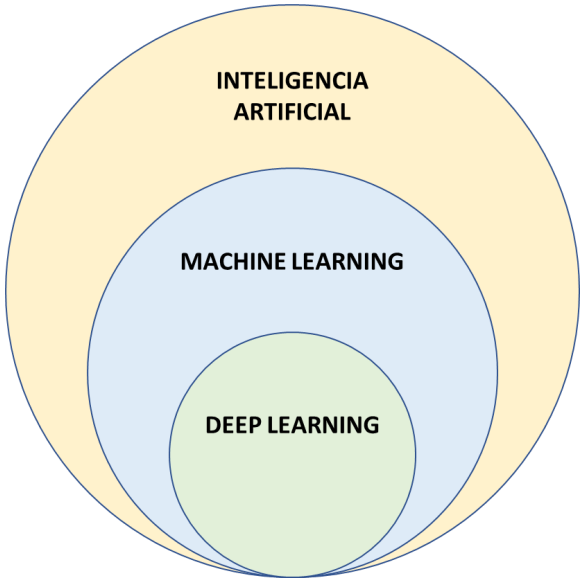
Condición local de oleaje (**Y**)



La correcta aplicación de cualquier algoritmo de IA se basa en el cumplimiento de las siguientes tres hipótesis fundamentales:

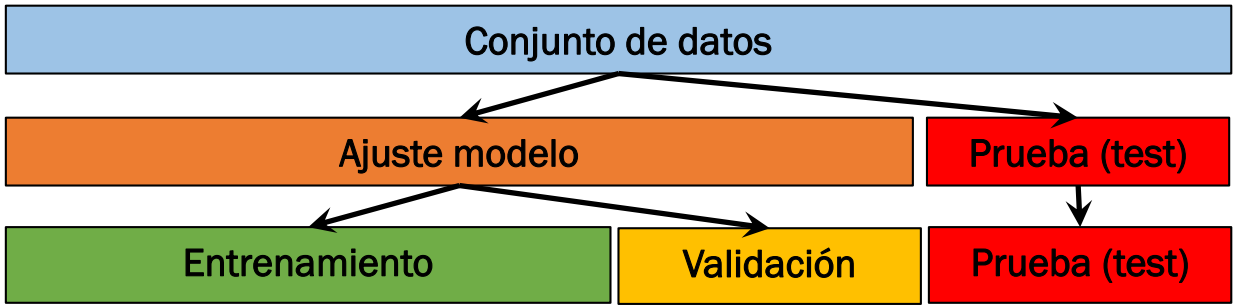
1) La existencia de **relaciones de dependencia** entre las variables objeto de estudio.
2) Disponer de suficiente cantidad de **datos** para definir los modelos de dependencia.

Inteligencia Artificial

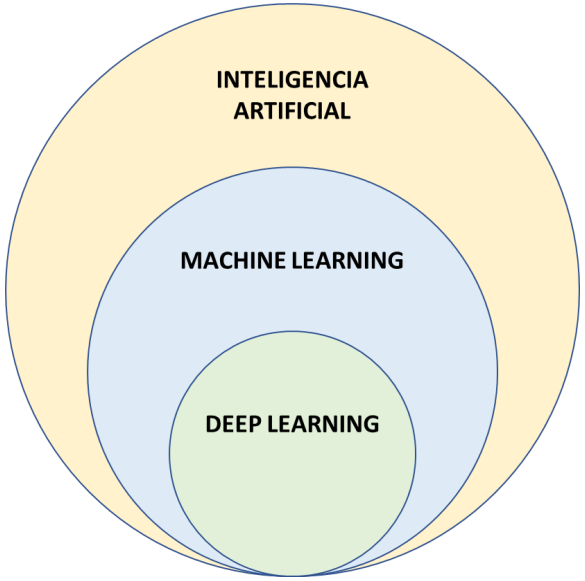


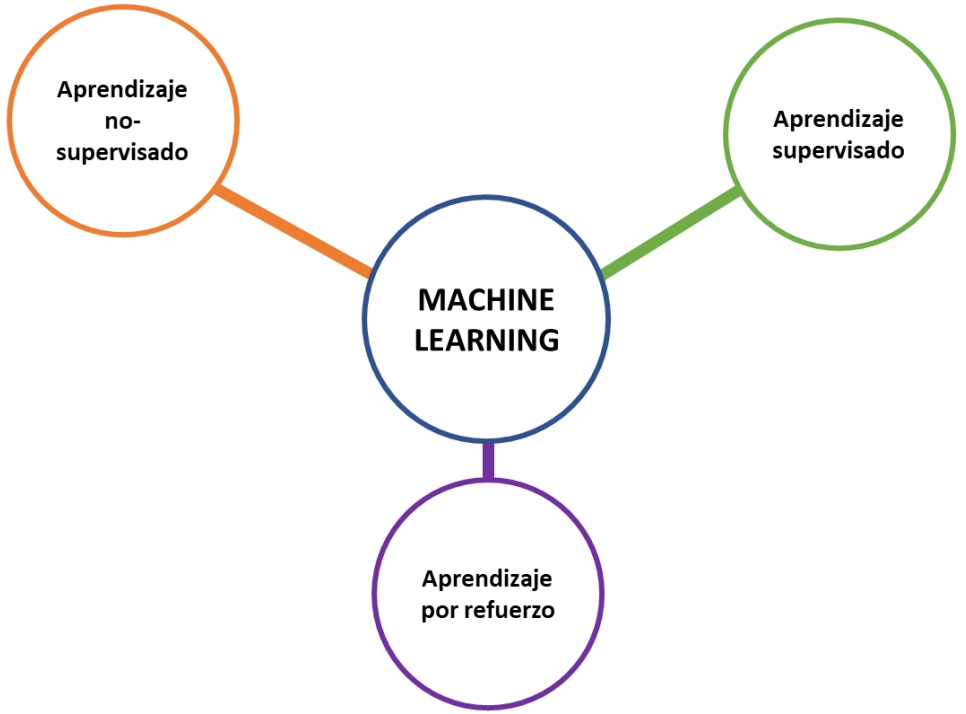
La correcta aplicación de cualquier algoritmo de IA se basa en el cumplimiento de las siguientes tres hipótesis fundamentales:

1) La existencia de **relaciones de dependencia** entre las variables objeto de estudio.
2) Disponer de suficiente cantidad de **datos** para definir los modelos de dependencia.
3) Definir dos fases en el ajuste de los algoritmos, previo a la prueba del modelo final: una **fase de entrenamiento** en el que se construye el modelo, y una **fase de validación** en la que se adopta éste como adecuado.



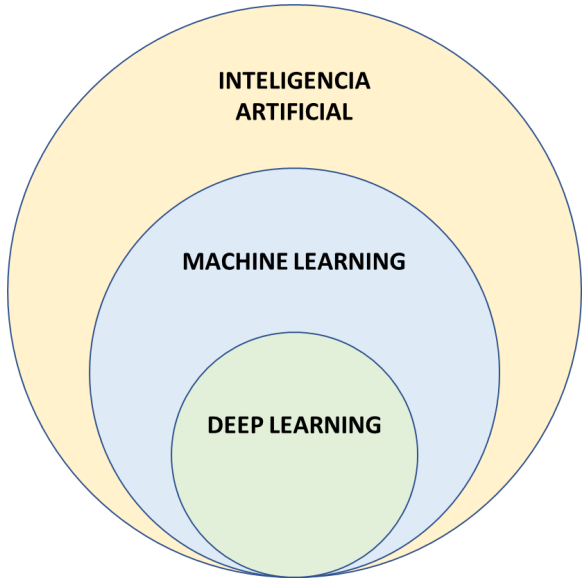
Inteligencia Artificial

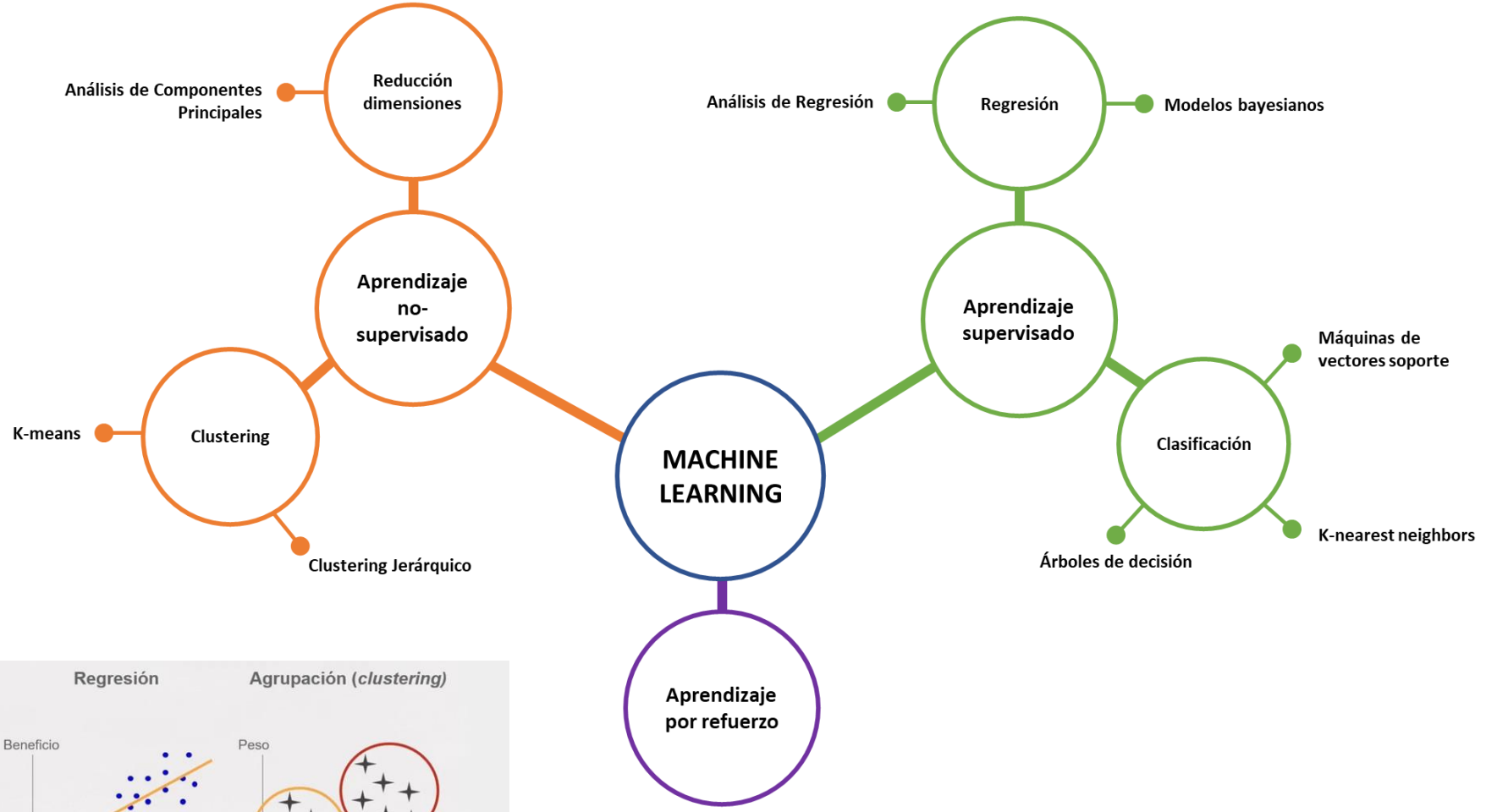


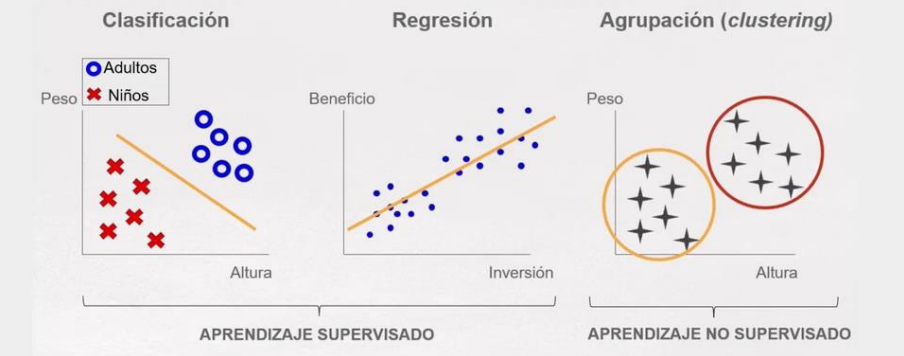


USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Inteligencia Artificial

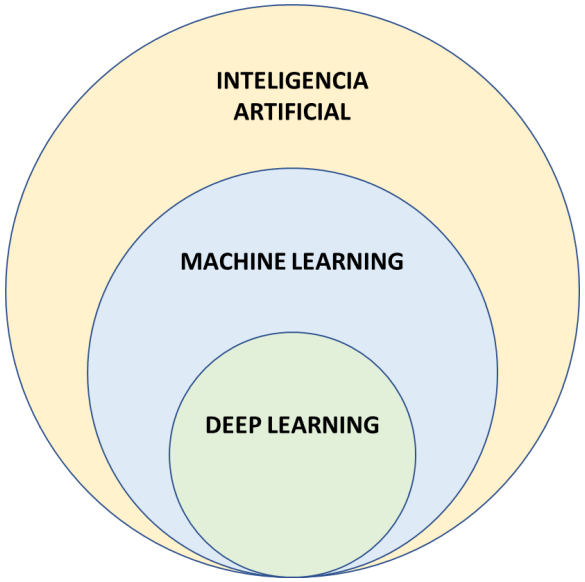


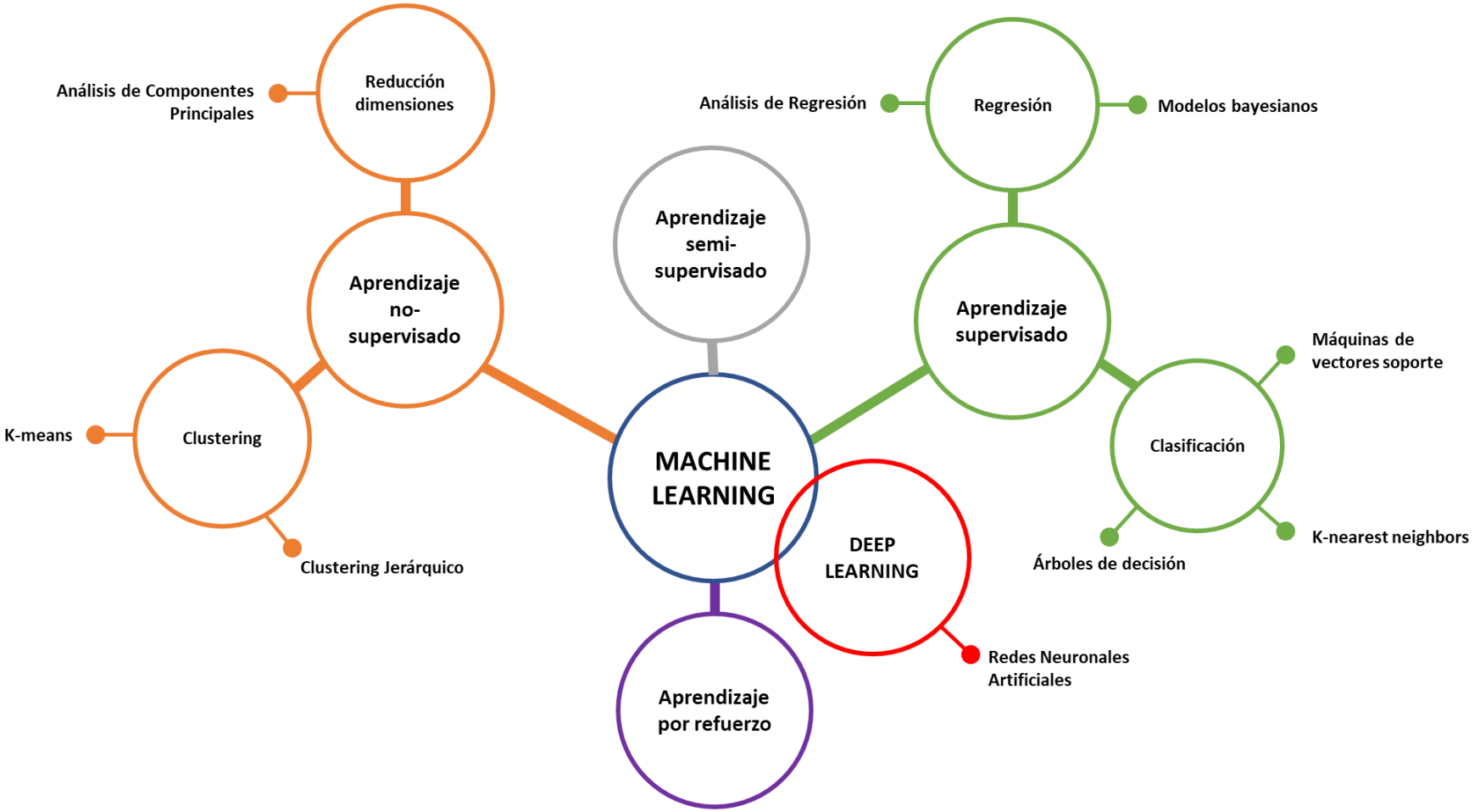




USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

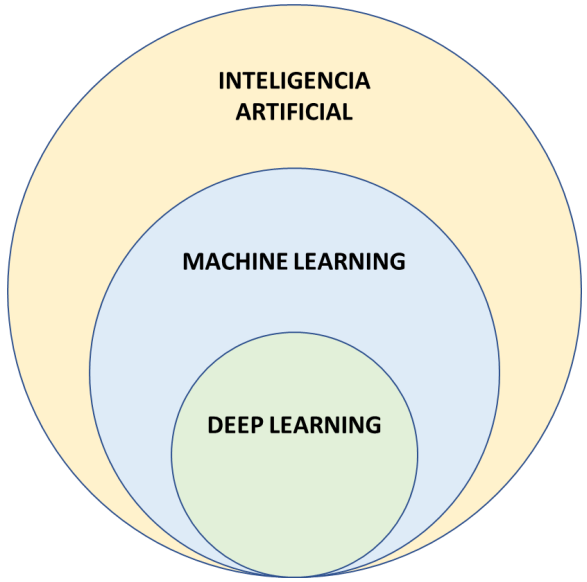
Inteligencia Artificial

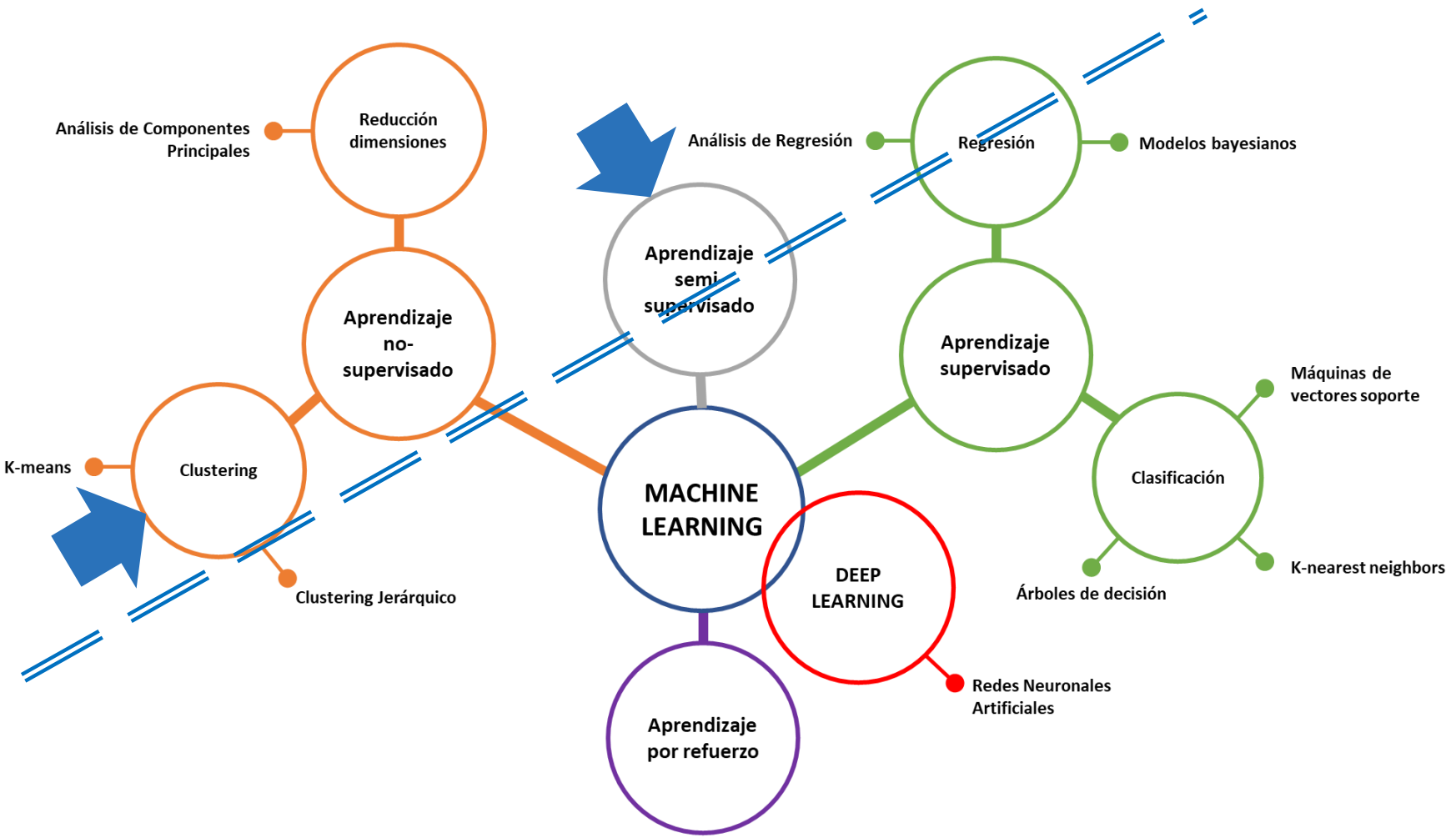




USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

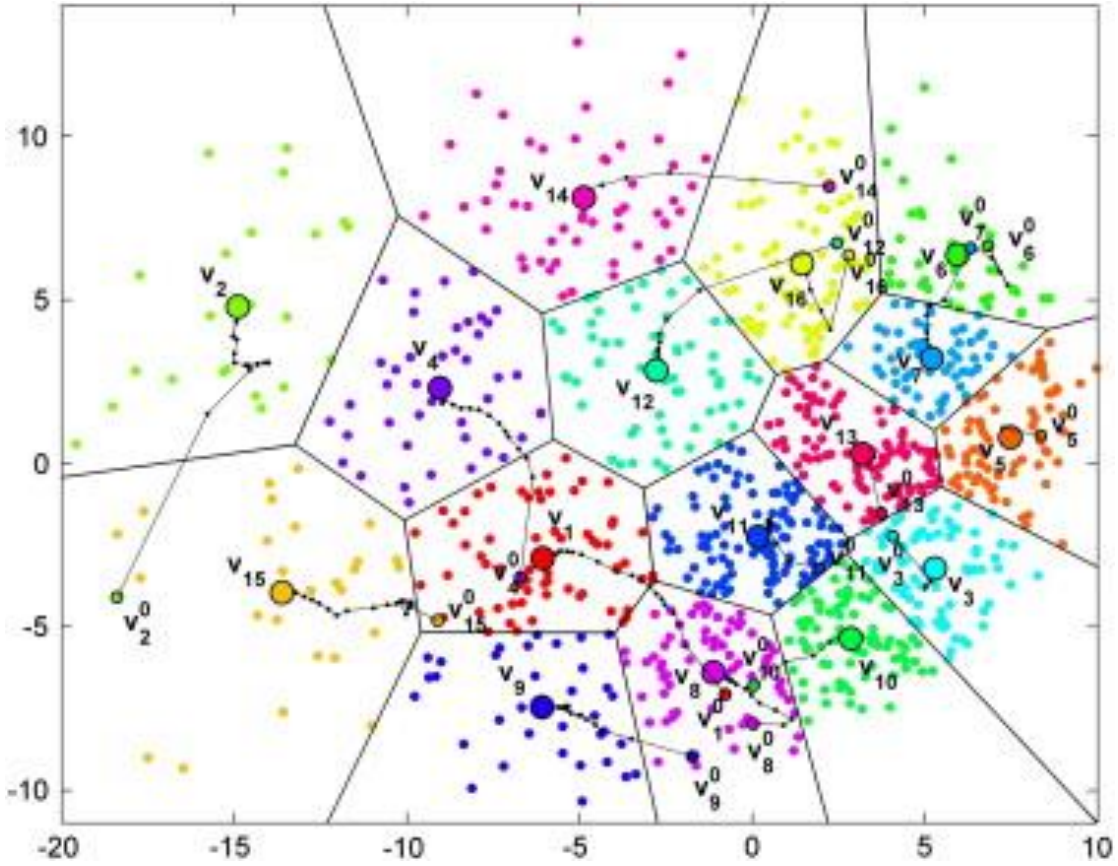
Inteligencia Artificial





Inteligencia Artificial

Conceptualización del algoritmo k-means:

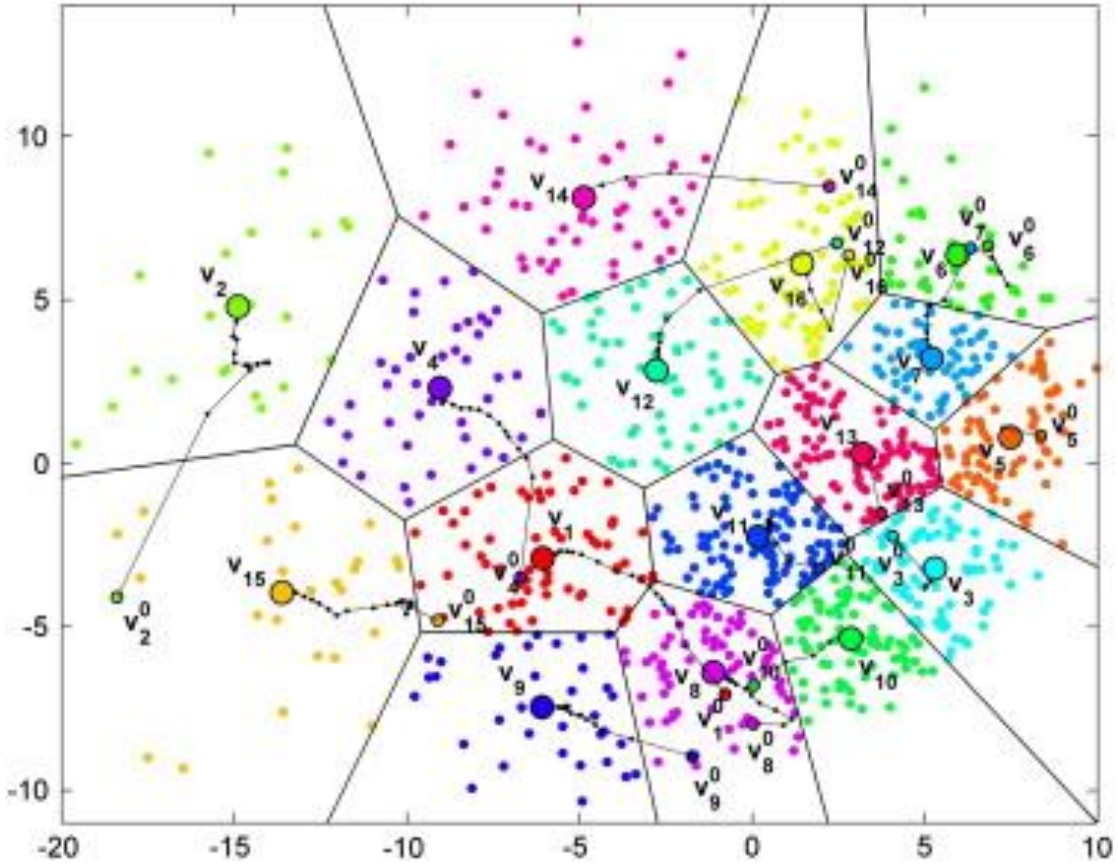


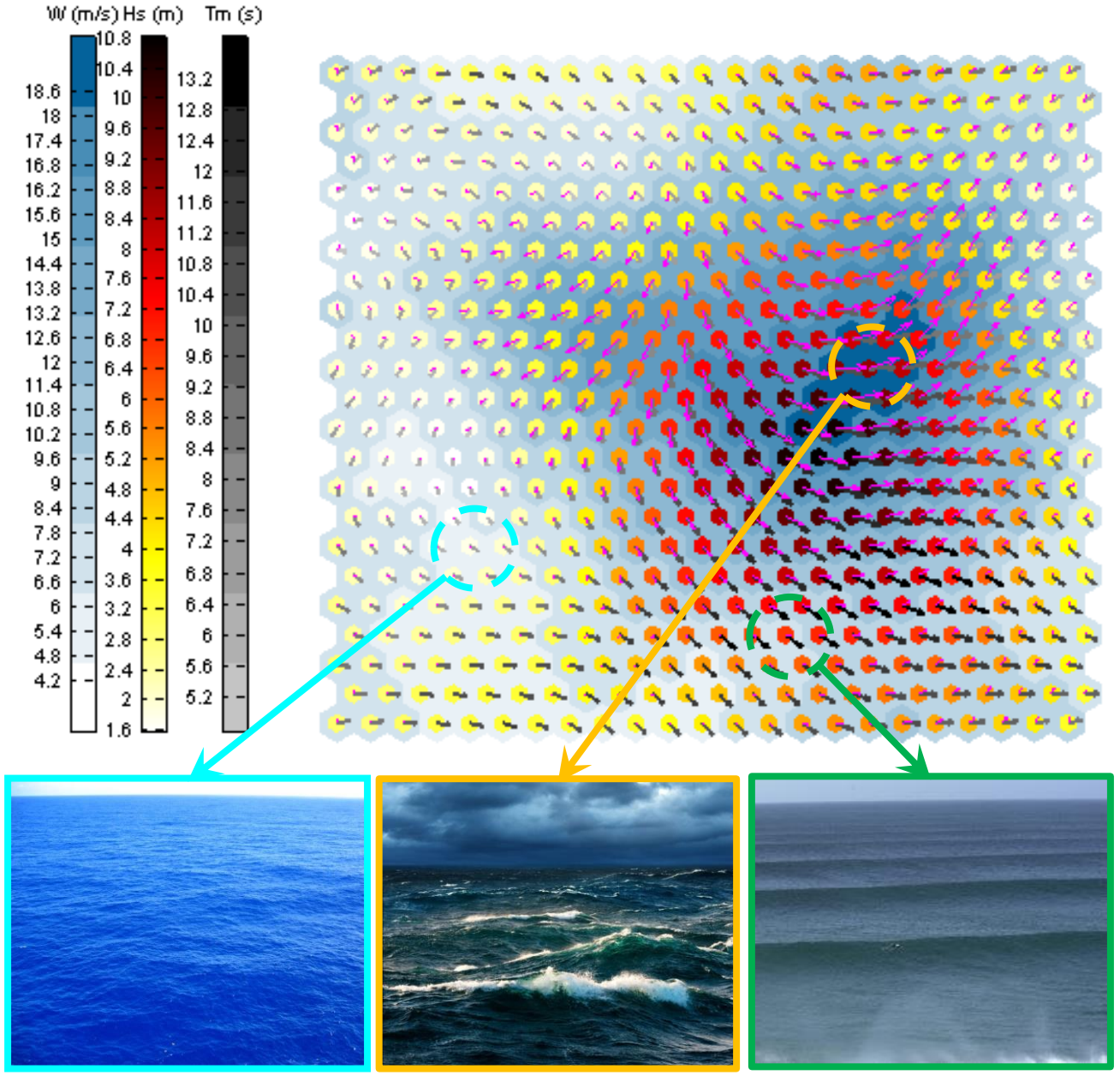
Camus, P.; Mendez, F.J.; Medina R.; Cofiño A.S. (2011). Analysis of clustering and selection algorithms for the study of multivariate wave climate. Coastal Engineering Vol. 58 (6), 453-462. https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2011.02.003.

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Inteligencia Artificial

Conceptualización del algoritmo k-means:





Camus, P.; Mendez, F.J.; Medina R.; Cofiño A.S. (2011). Analysis of clustering and selection algorithms for the study of multivariate wave climate. Coastal Engineering Vol. 58 (6), 453-462. https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2011.02.003.

ÍNDICE:

- IHCantabria
- Inteligencia Artificial
- **Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil)**
- Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España)
- Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España)
- Predicción de la operatividad del buque atracado en el Puerto Bahía de Algeciras (España)
- Conclusiones

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

La Terminal T1 está dedicada a graneles sólidos (mineral de hierro) y graneles líquidos (productos petrolíferos) con un acceso de 3 km de pantalanes sobre pilotes, 600 m de dique en talud (Core-loc 10 T) y 2 km de dique vertical de cajones. T1 pude operar buques Panamax, Capesize y Very Large Crude Carriers (VLCCs)

SISTEMA OPERACIONAL DE ALTA RESOLUCIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO DE AÇU (BRASIL)

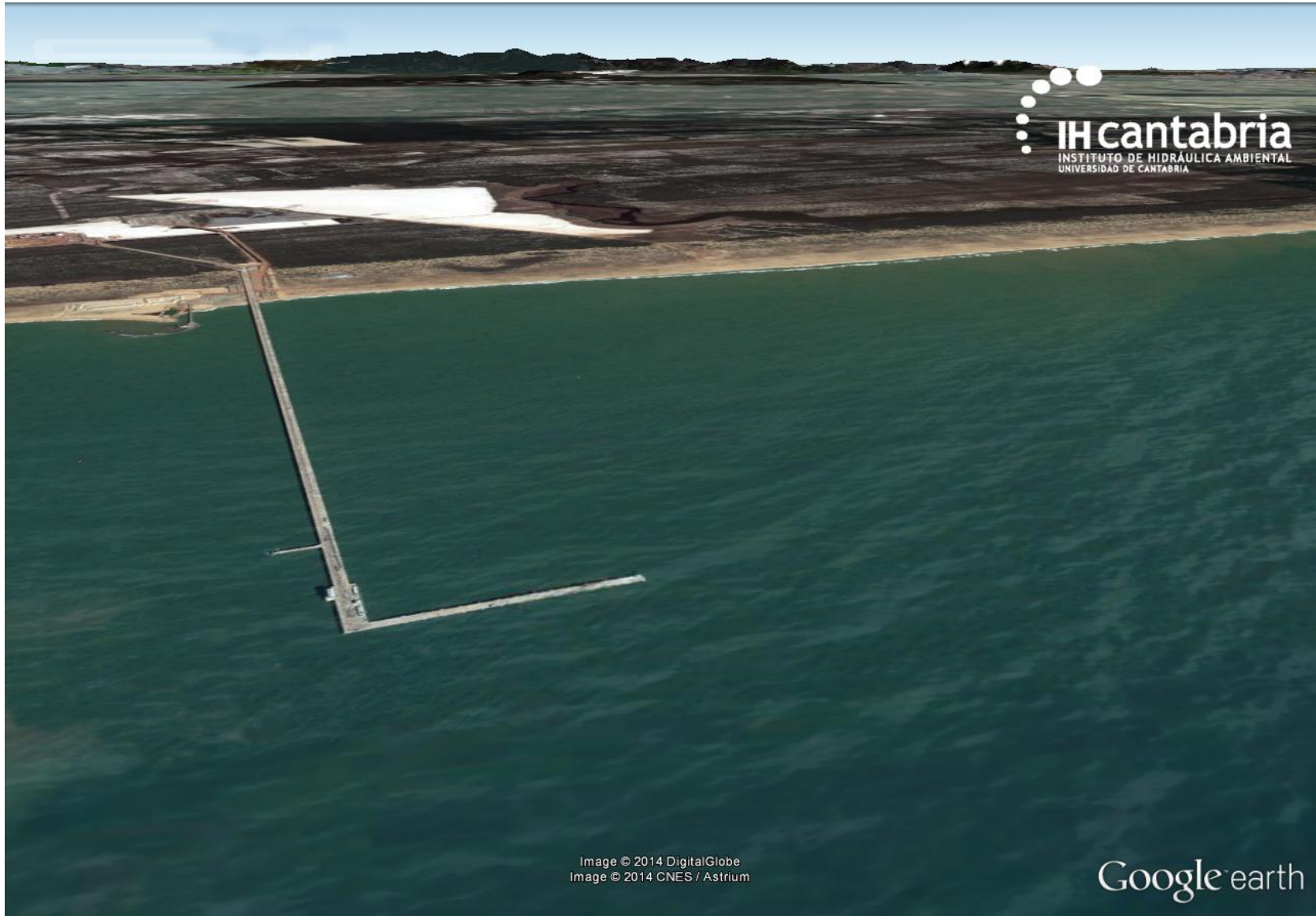
TX 1 AÇU

FCC TARRIO

Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

FASE 0:

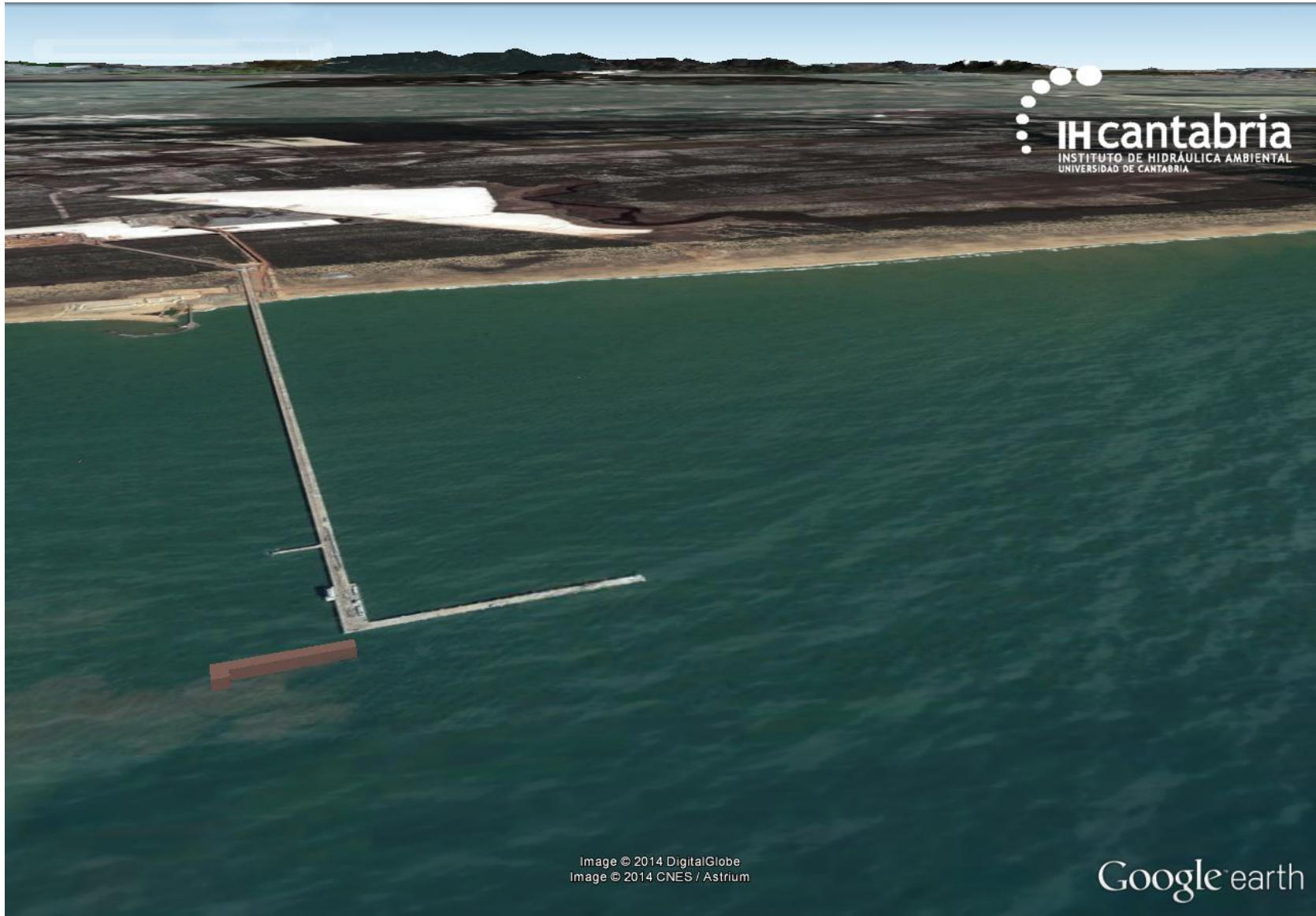
Previo al inicio de las obras.



Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

FASE 1:

5 cajones fondeados.



USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

Transporte 11 cajones y 2 cajoneras:

1º) España → Río de Janeiro

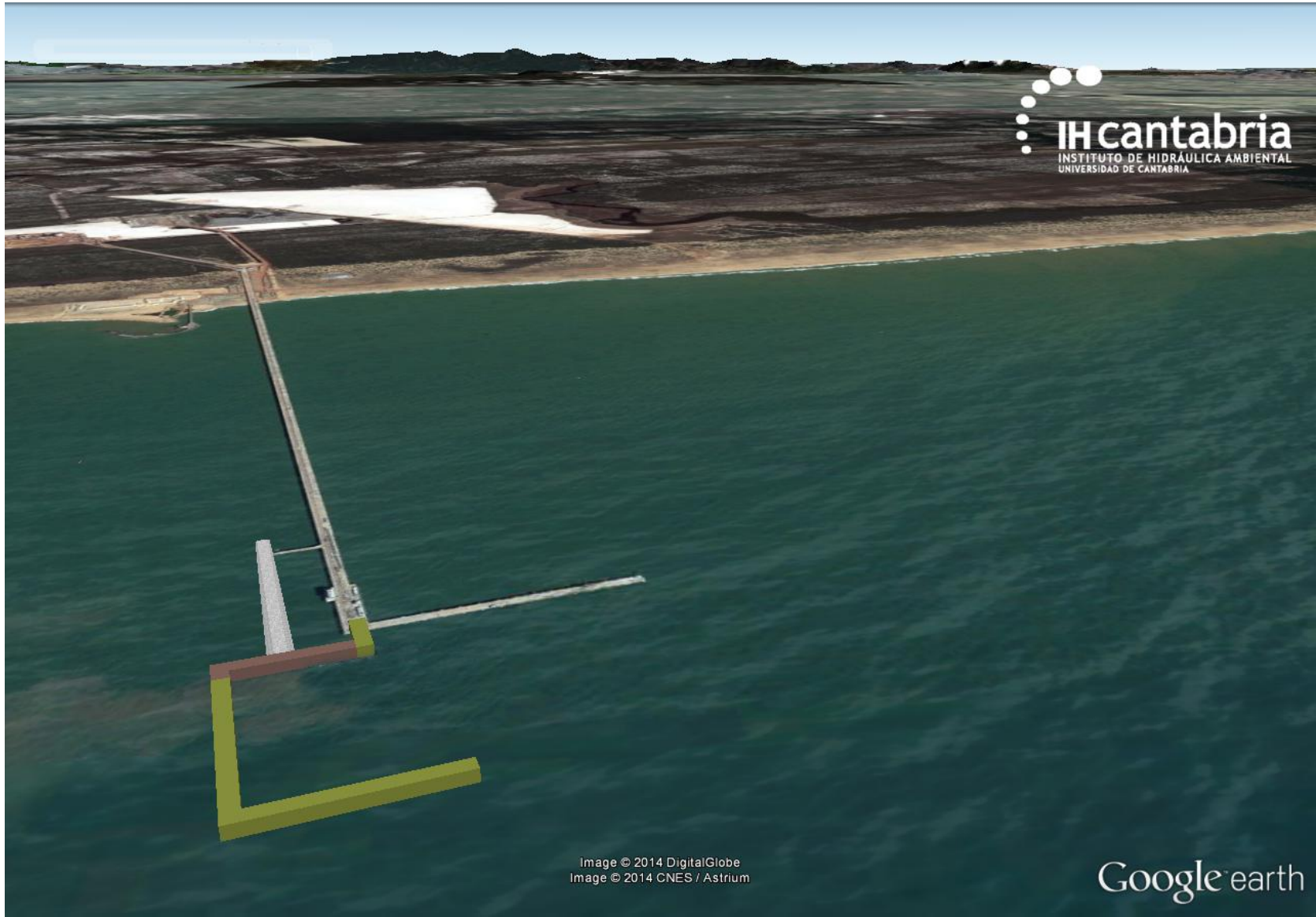
2º) Río de Janeiro → Puerto de Açu

Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

FASE 2

16 cajones fondeados

450 m dique en talud

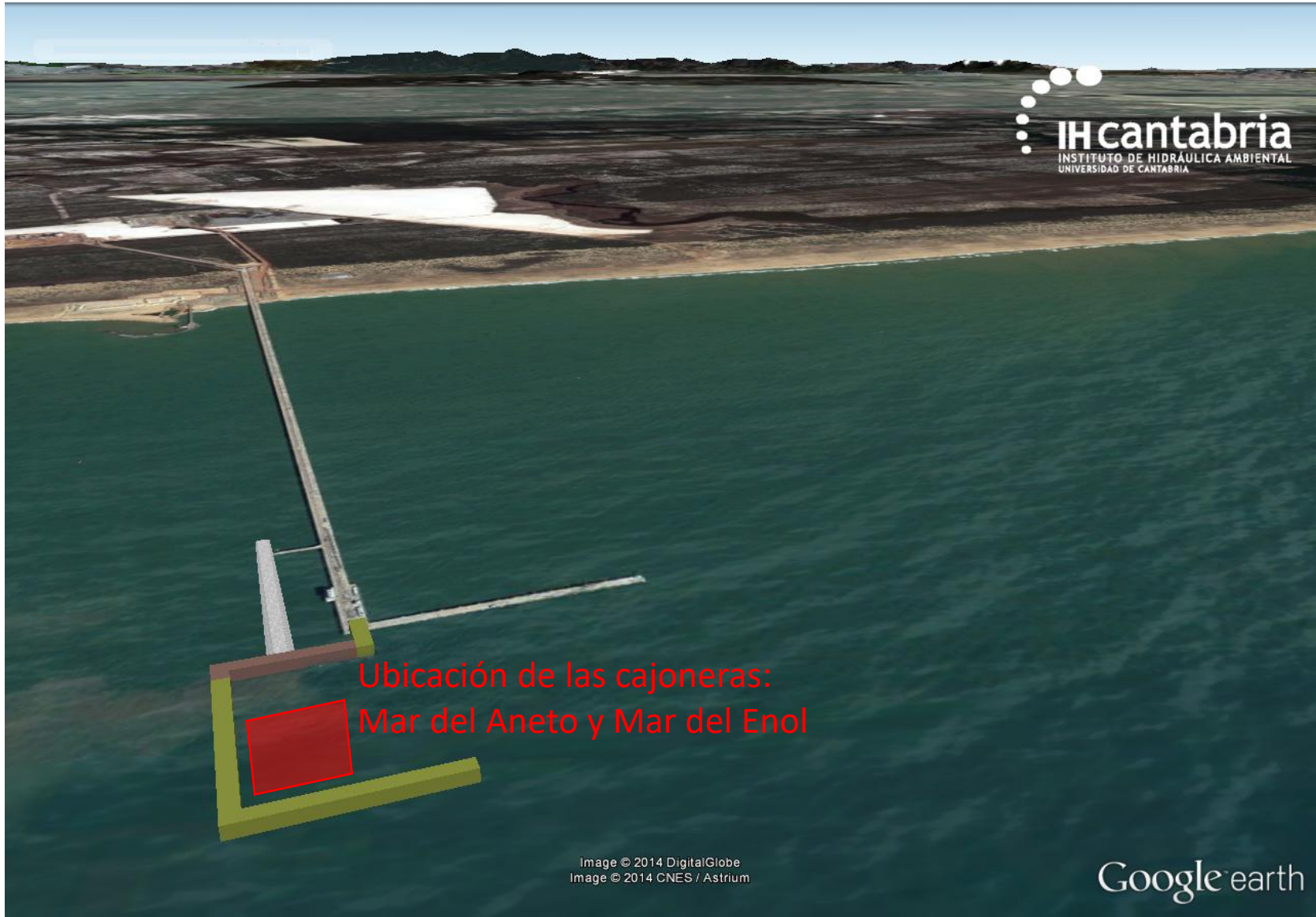


Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

FASE 2

16 cajones fondeados

450 m dique en talud

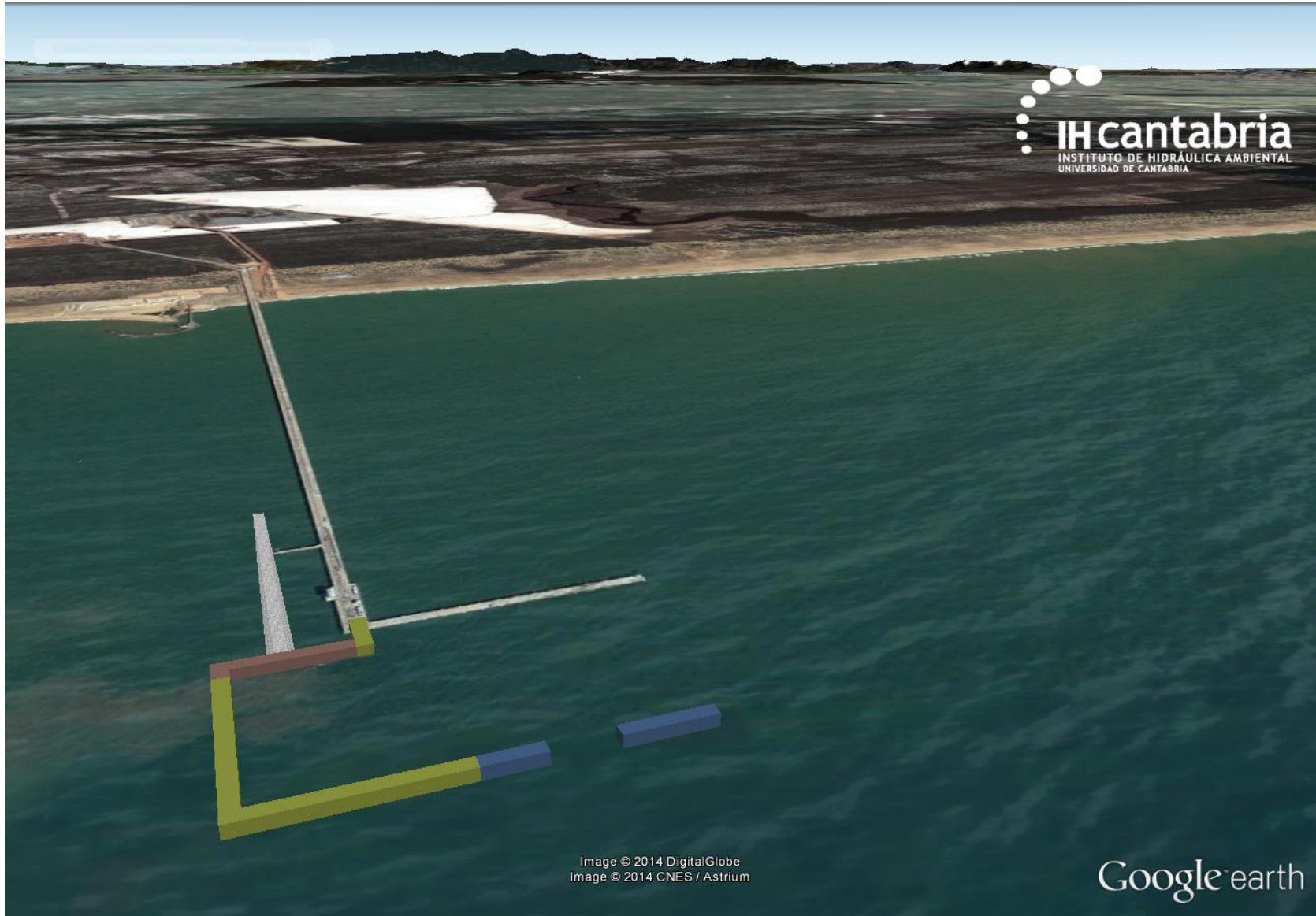


Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

FASE 2B:

21 cajones fondeados

600 m dique en talud

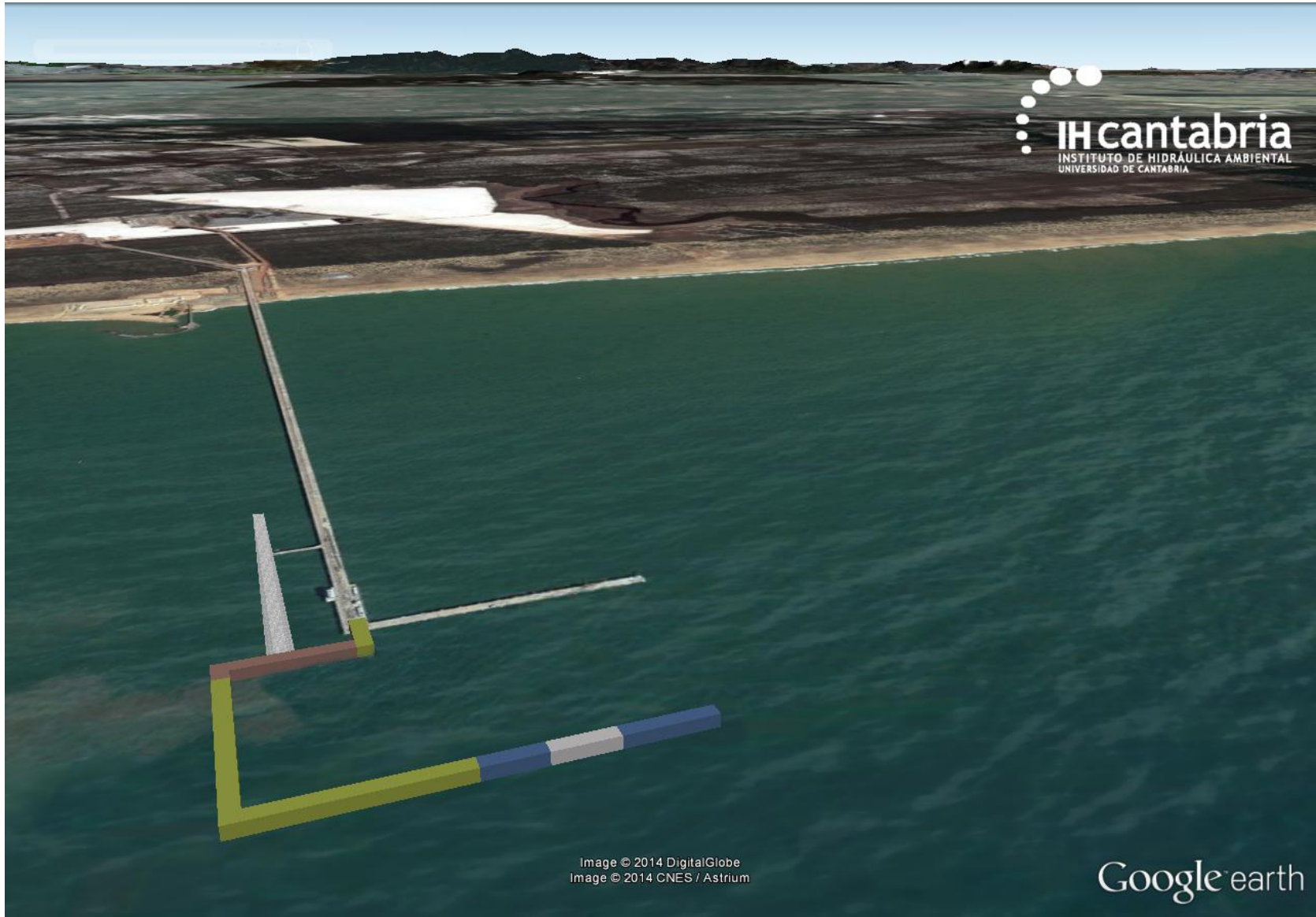


Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

FASE 2C:

23 cajones fondeados

600 m dique en talud

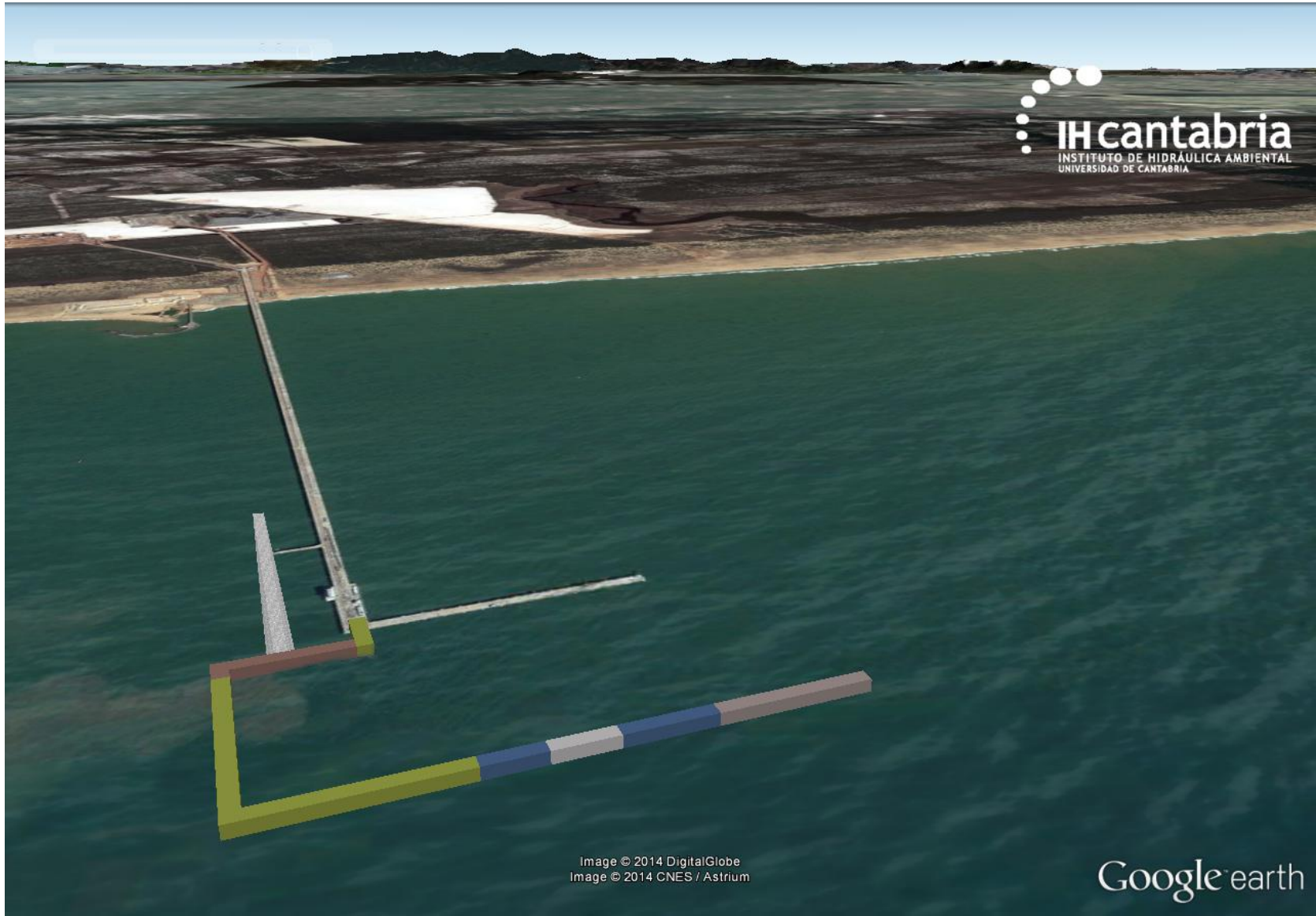


Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

FASE 3:

28 cajones fondeados

600 m dique en talud

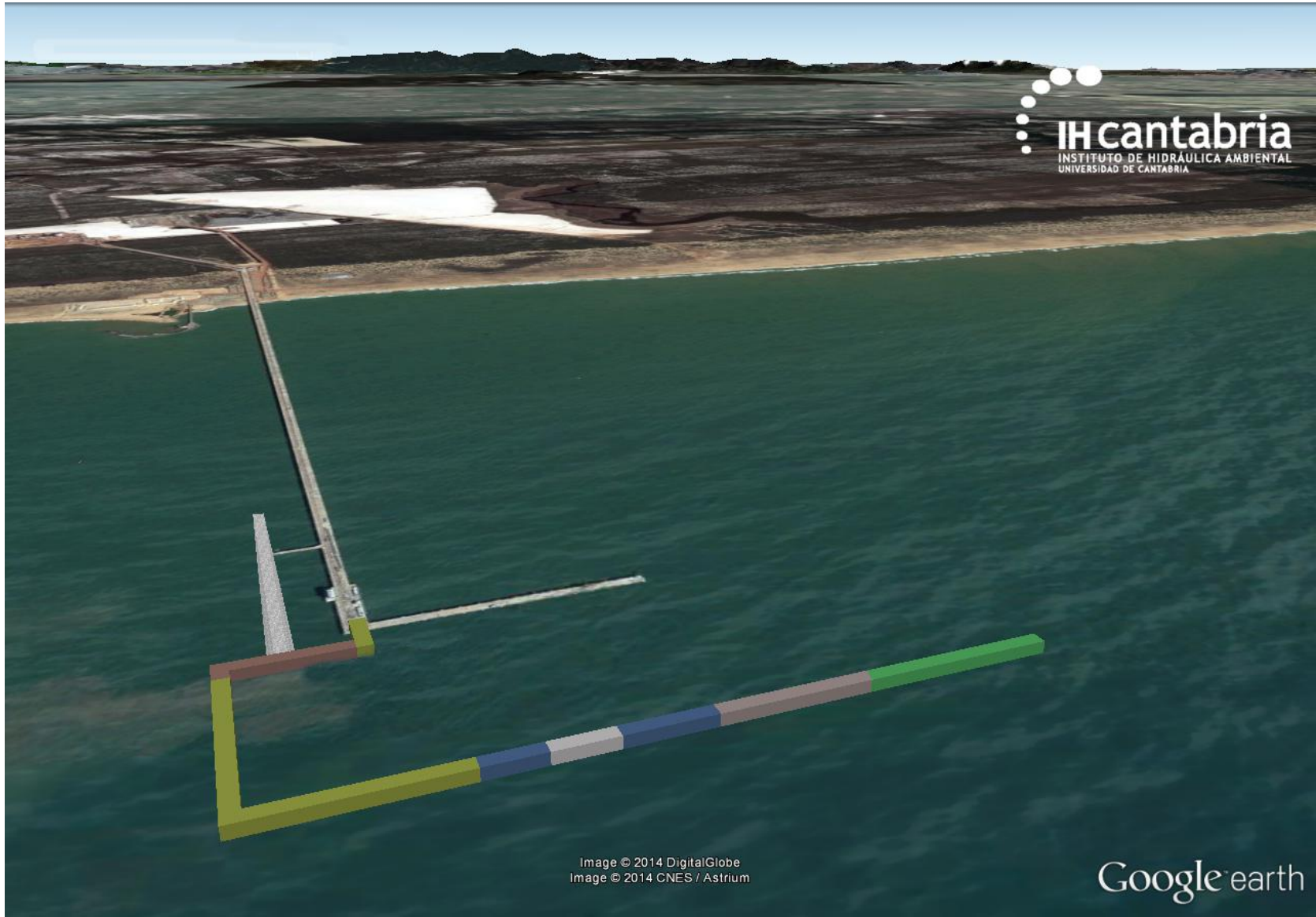


Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

FASE 4:

33 cajones fondeados

600 m dique en talud

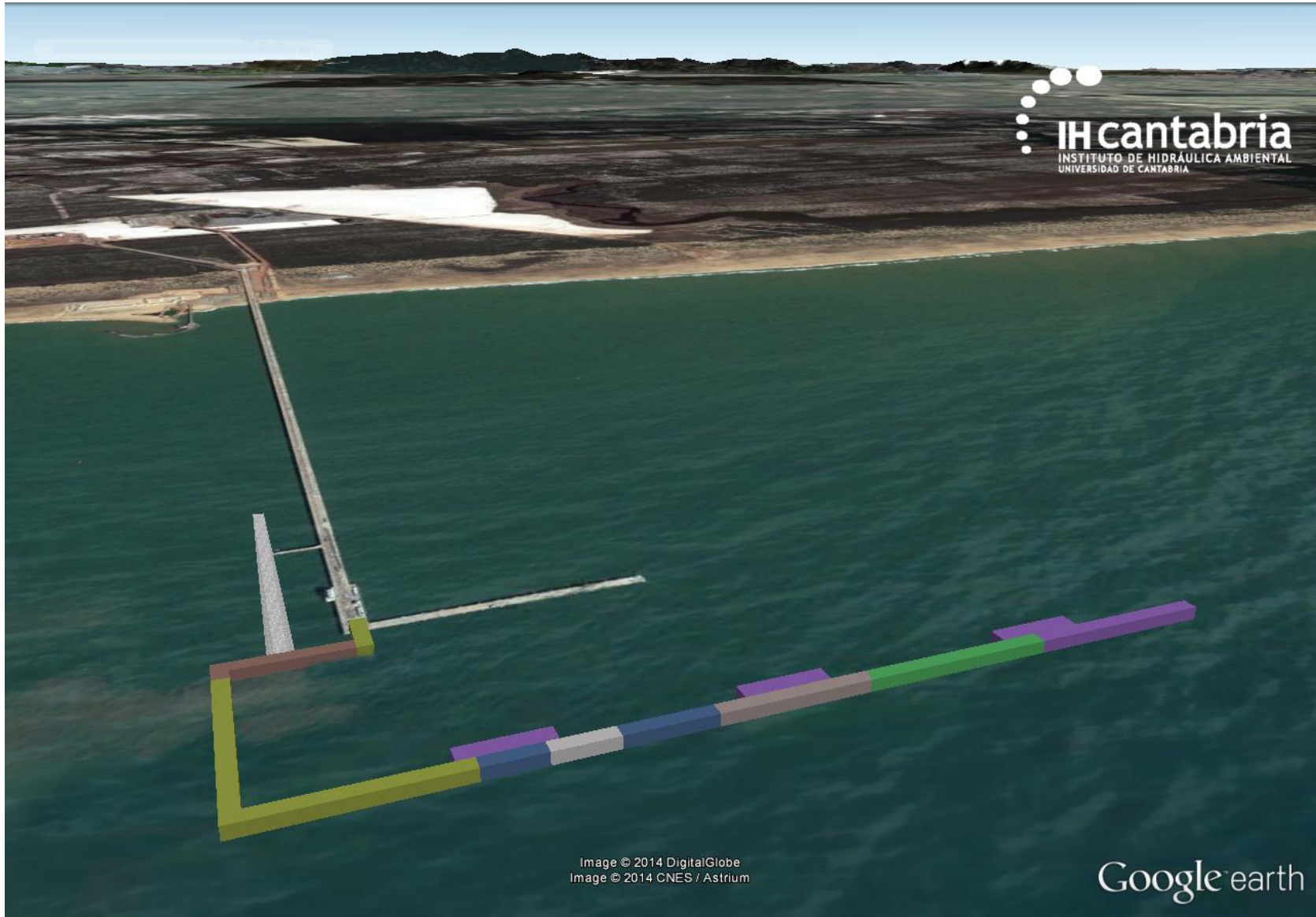


Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

FASE 5:

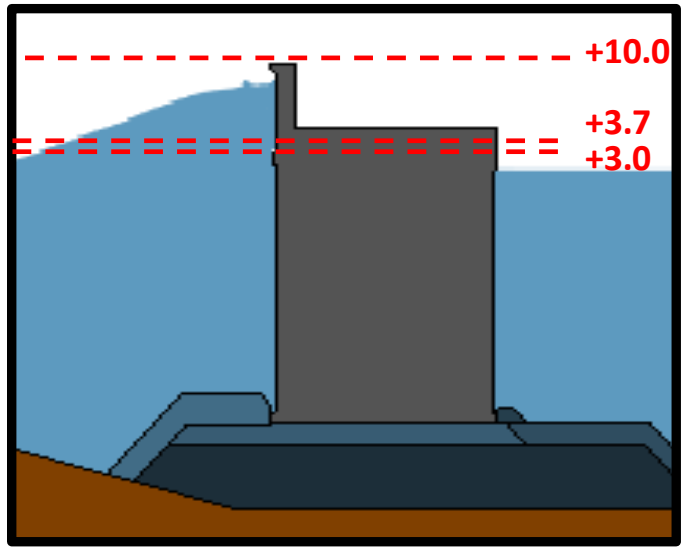
38+9 cajones fondeados

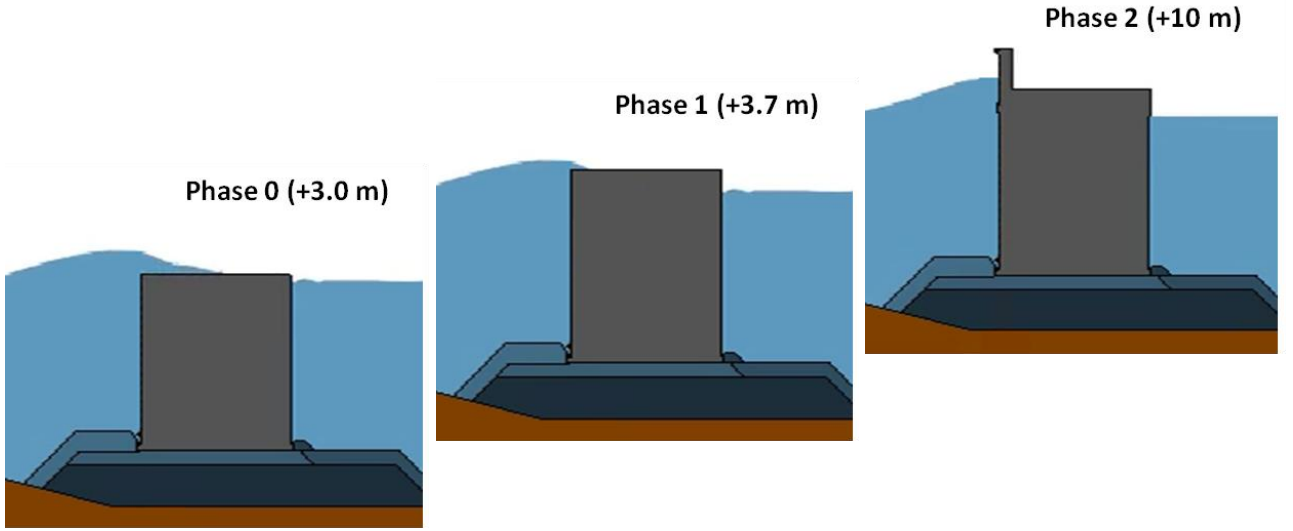
600 m dique en talud



Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

Tras el fondeo de los cajones, construcción de la superestructura en 3 fases (para tres secciones tipo distintas):





USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

Objetivos del proyecto:

El sistema operacional debe proporcionar diariamente condiciones de trabajo seguras y realistas con antelación (una semana de previsión) para:

- Transportar los cajones de hormigón desde Río de Janeiro hasta el puerto de Açu
- Construir los cajones de hormigón en las cajoneras
- Fondear los cajones de hormigón
- Construir la superestructura (espaldón) sobre los cajones de hormigón

El sistema debe estar disponible las 24 horas del día y actualizarse diariamente.

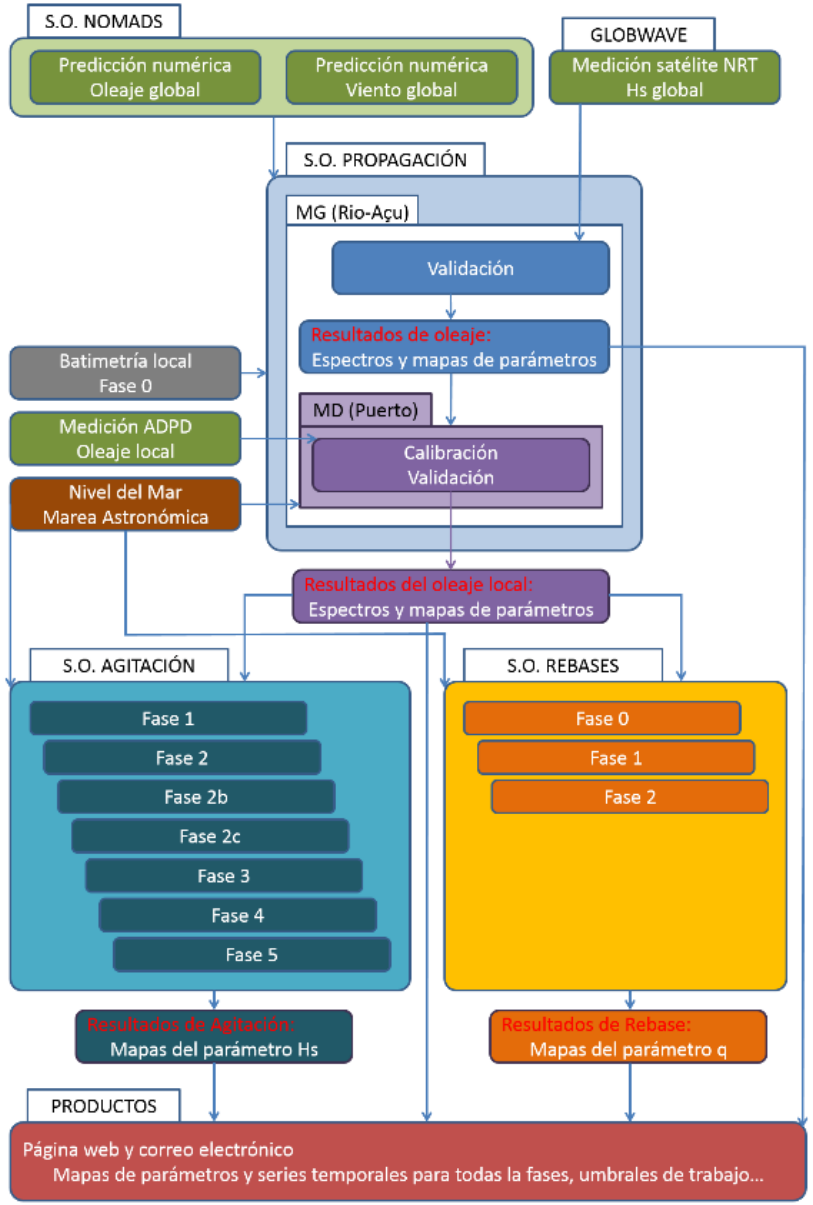
Los resultados deben proporcionar una rápida interpretación de las actividades diarias de la obra en las diferentes zonas del puerto.

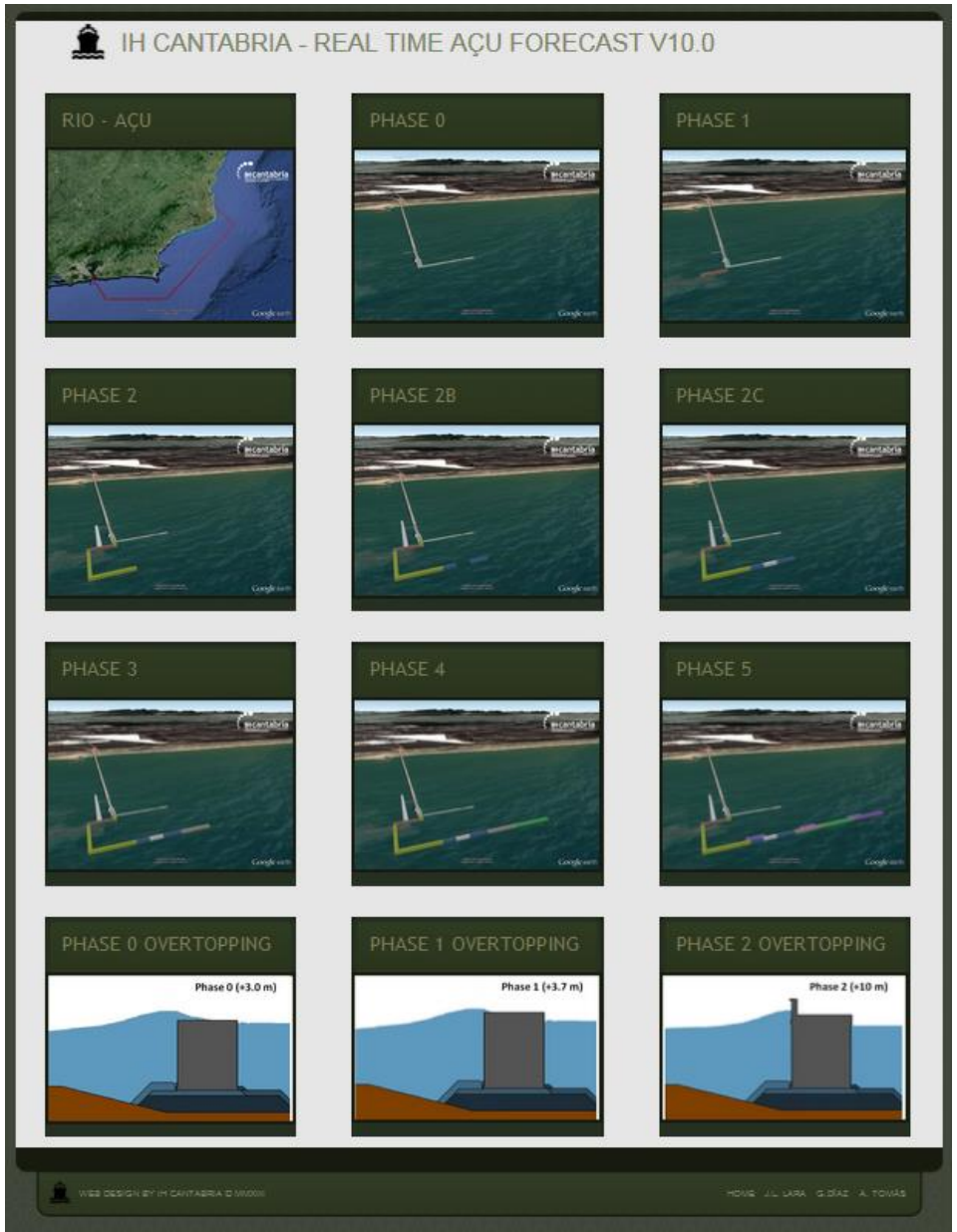
El sistema debe estar validado con información instrumental in situ en el puerto.

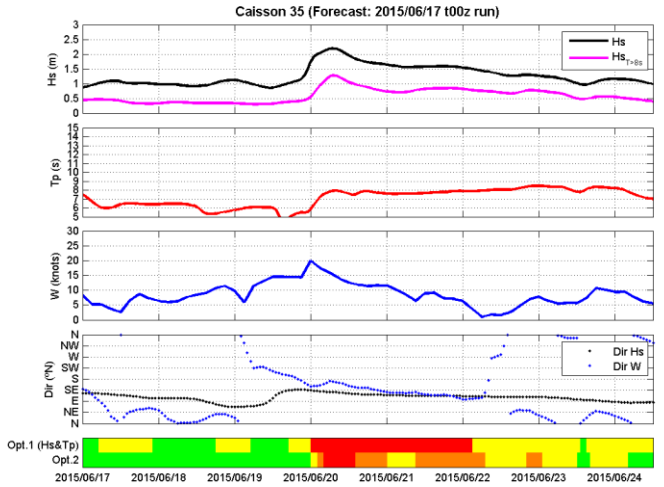
Los resultados deben tener en cuenta la evolución geométrica de las obras para cada fase constructiva.

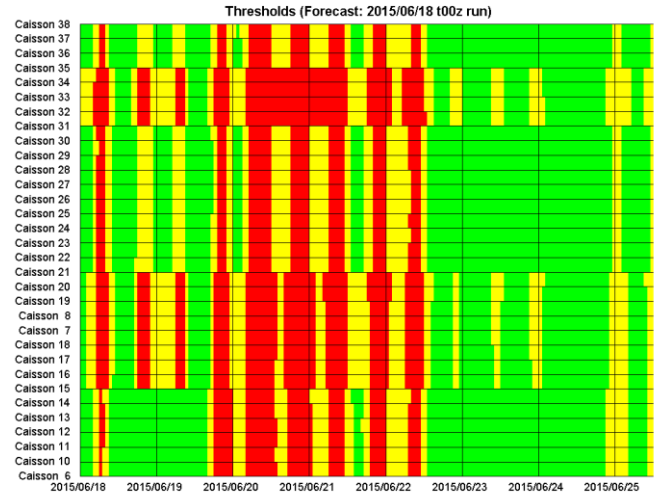
USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

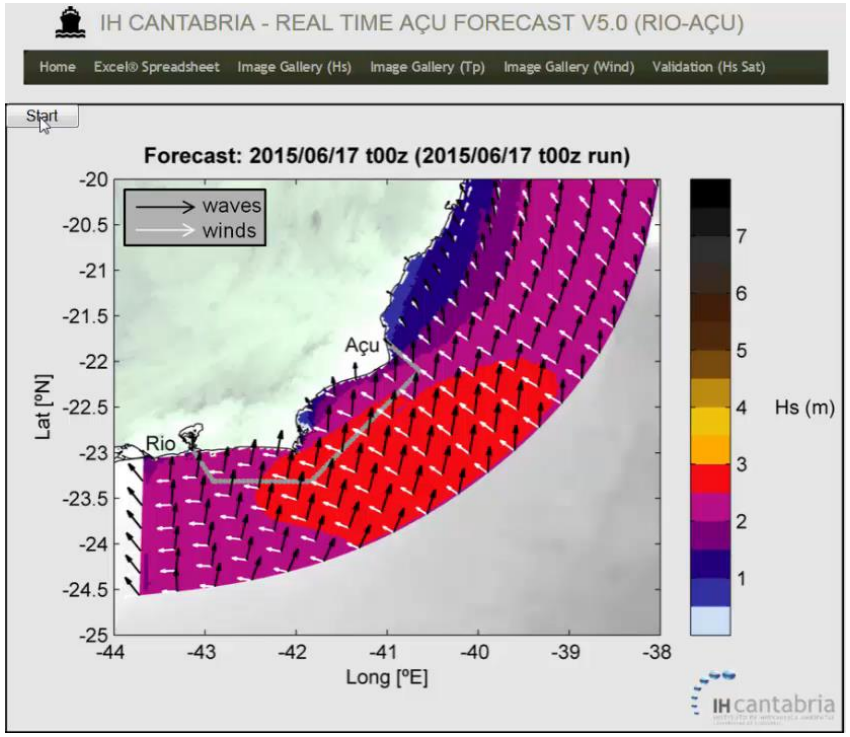
Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

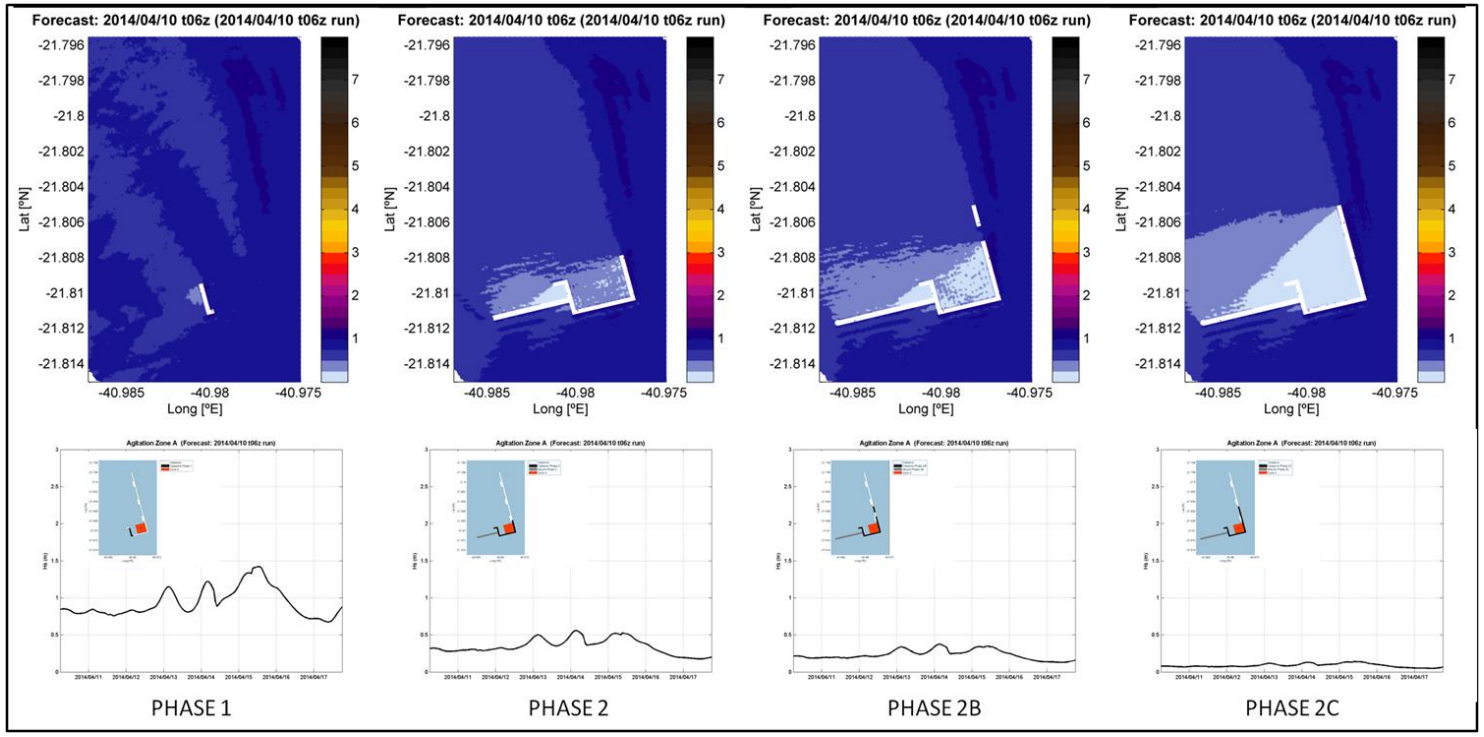


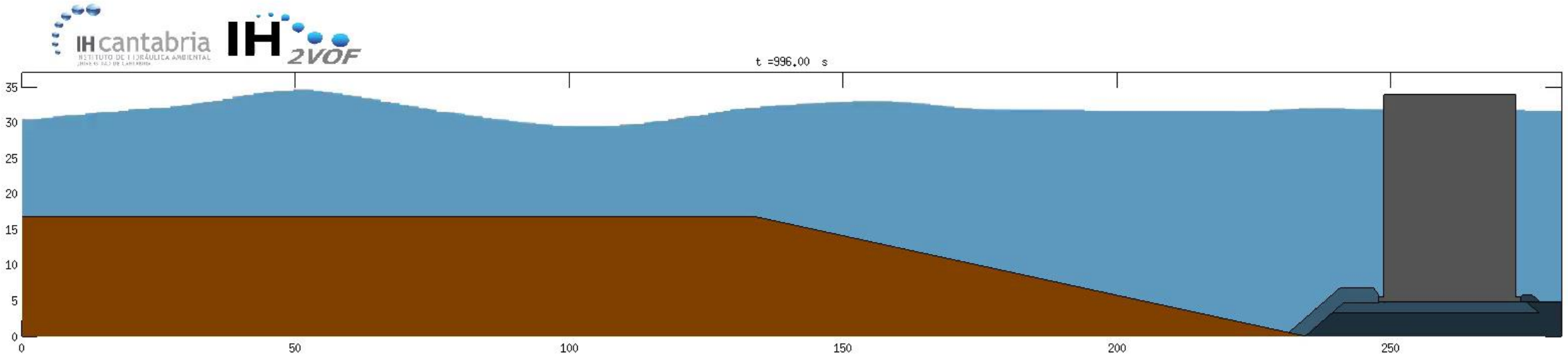







IH CANTABRIA - REAL TIME AÇU FORECAST V5.0 (RIO-AÇU)
Home
Excel® Spreadsheet
Image Gallery (Hs)
Image Gallery (Tp)
Image Gallery (Wind)
Validation (Hs Sat)
Start
Forecast: 2015/06/17 t00z (2015/06/17 t00z run)
waves
winds
Açu
Rio
Lat [ºN]
Long [ºE]
Hs (m)
IHcantabria


Forecast: 2014/04/10 t06z (2014/04/10 t06z run)
Lat [ºN]
Long [ºE]
PHASE 1
PHASE 2
PHASE 2B
PHASE 2C


IHcantabria
IH 2VOF
t =996.00 s

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

Metodología clásica con downscalling dinámico:

EL RETO

Los tiempos de cómputo de los modelos numéricos no son compatibles con una actualización adecuada del sistema operacional (2 - 4 veces al día).

Análisis predictivo / forecast

Proveedor forecast (1)

Ejecución dinámica de modelos numéricos (interacción del oleaje con infraestructuras portuarias) para distintas fases constructivas en planta (8) y alzado (3).

Variables transformadas (2)

Diagnostico (3)

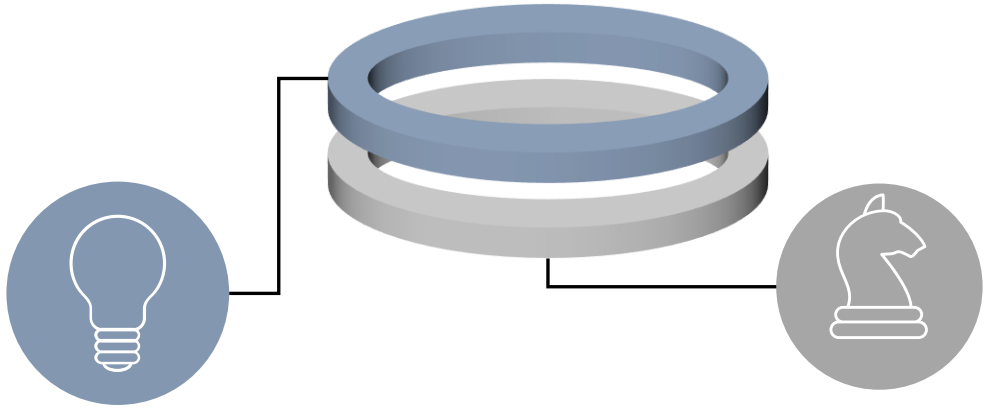
Ejecución en horas / días

Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

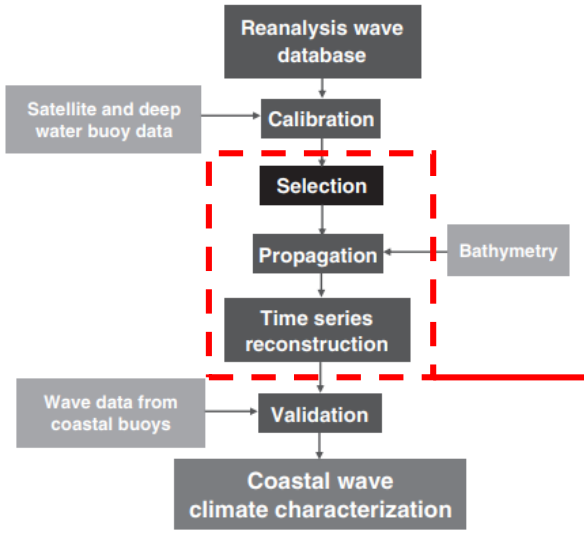
Metodología con IA (downscalling híbrido):

Diseño del Sistema Operacional en dos Fases

Fase 1: Histórica *HINDCAST*
(Base de conocimiento)



Fase 2: Predictiva
FORECAST



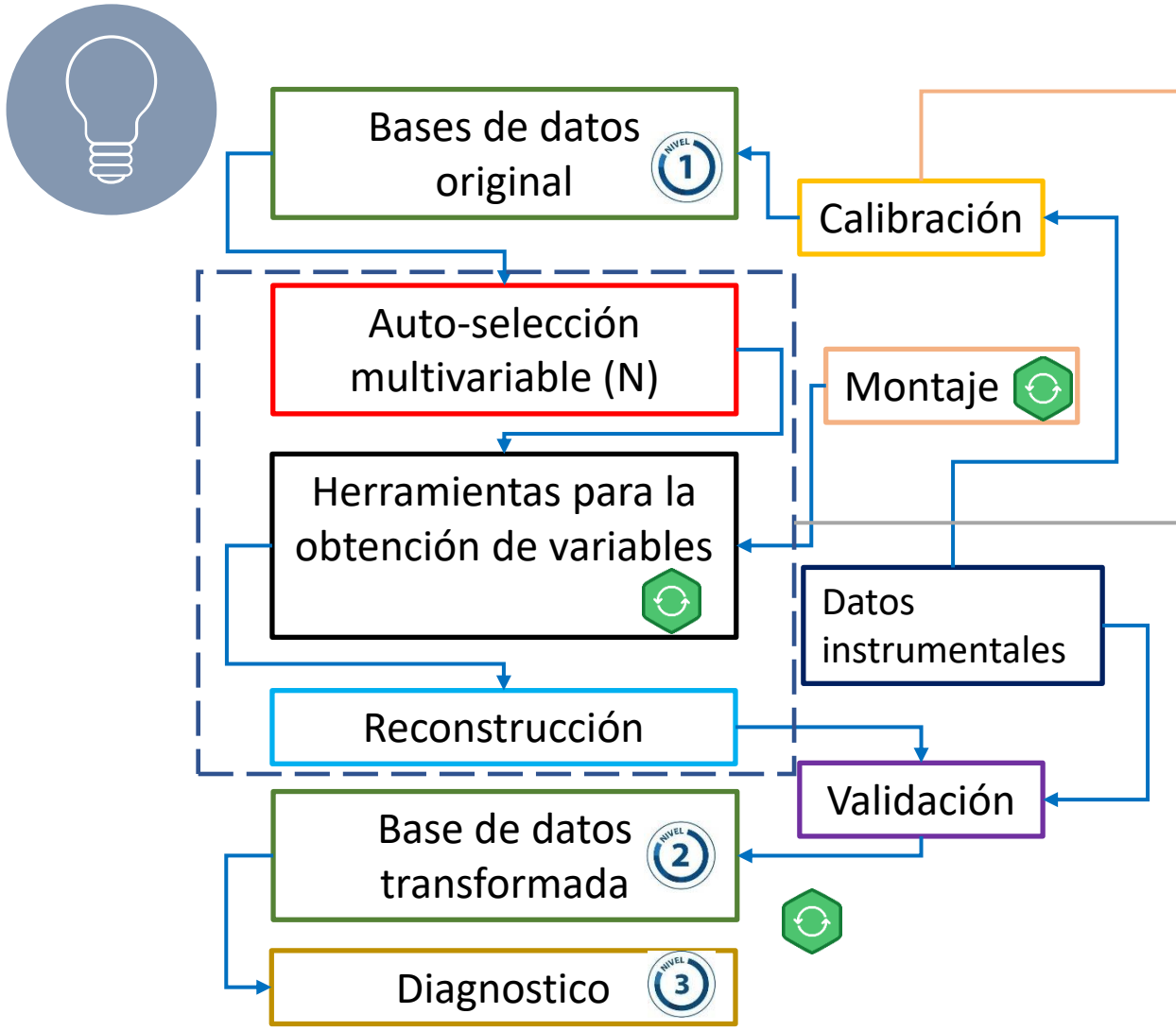
IA

Clusters
Pre-ejecución
Catálogo
Función de transferencia

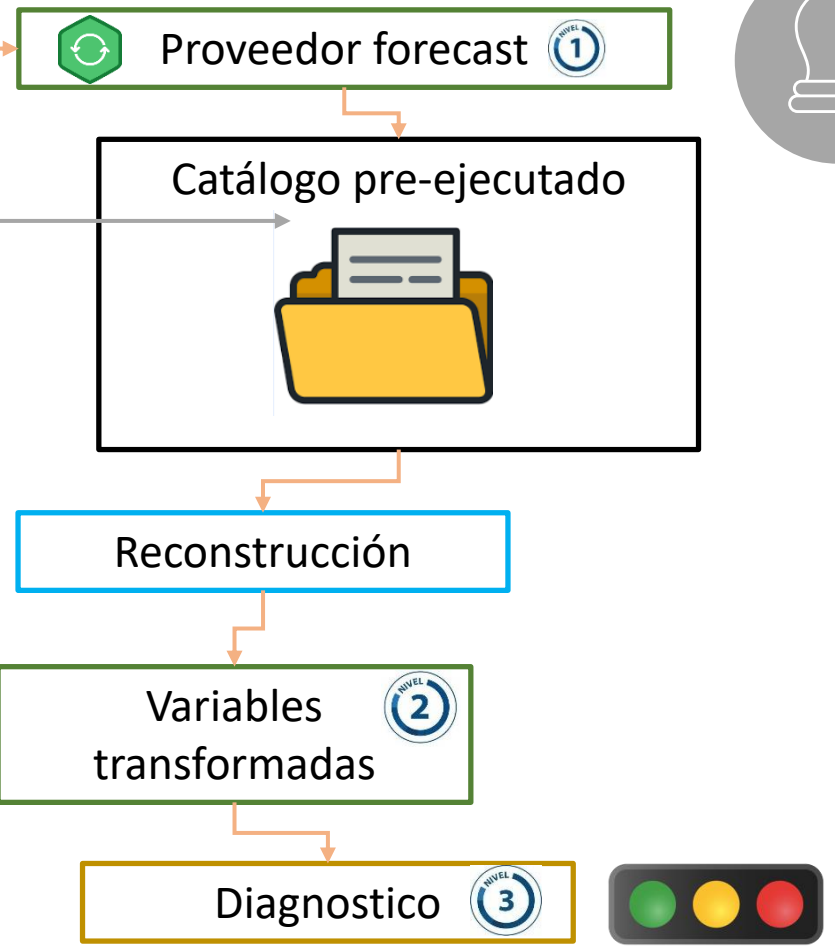
Camus, P.; Mendez, F.J.; Medina R..; Tomás, A.; Izaguirre, C.; (2013) High resolution downscaled ocean waves (DOW) reanalysis in coastal areas. Coastal Engineering, 72, 56-68. https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2012.09.002

Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil):

Fase 1. Análisis histórico y estadístico



Fase 2. Análisis predictivo / forecast



Ejecución en minutos

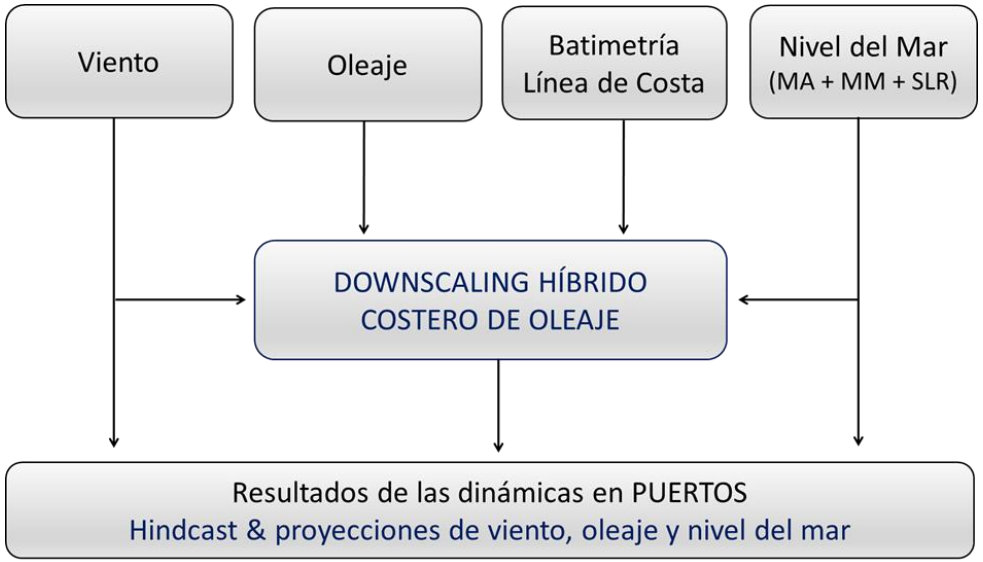
ÍNDICE:

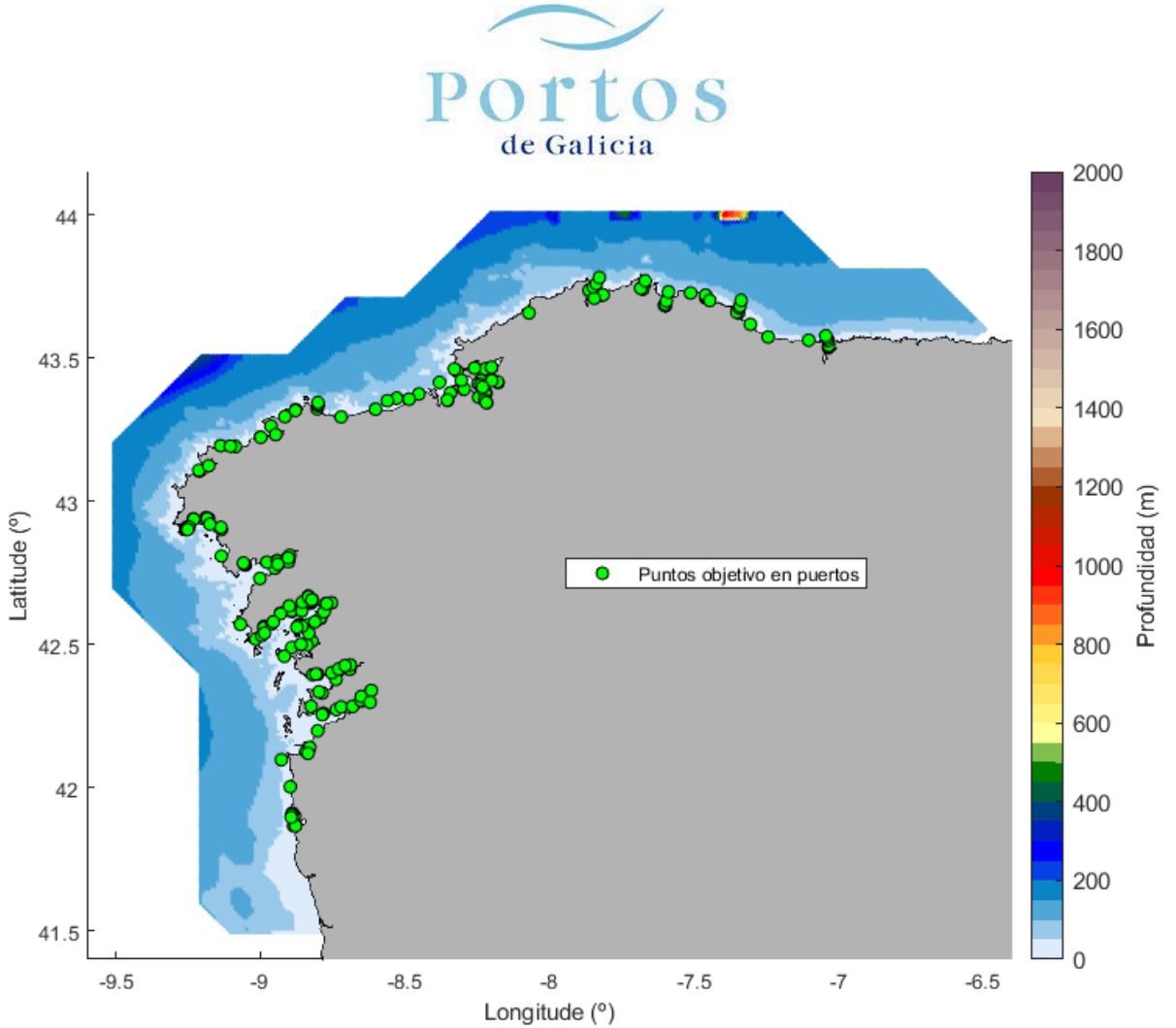
- IHCantabria
- Inteligencia Artificial
- Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil)
- **Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España)**
- Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España)
- Predicción de la operatividad del buque atracado en el Puerto Bahía de Algeciras (España)
- Conclusiones

Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España):

PLANES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LOS PUERTOS GESTIONADOS POR LA ENTIDAD PÚBLICA EMPRESARIAL PORTOS DE GALICIA

El objetivo principal de la Fase I del proyecto es la identificación y regionalización de variables mete-oceánicas para diferentes escenarios de Cambio Climático, así como la definición de las bases de datos de las dinámicas marinas en las 122 instalaciones portuarias competencia de Portos de Galicia, cuyo riesgo asociado se evaluará a posteriori para la elaboración de los planes de adaptación al cambio climático.





USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

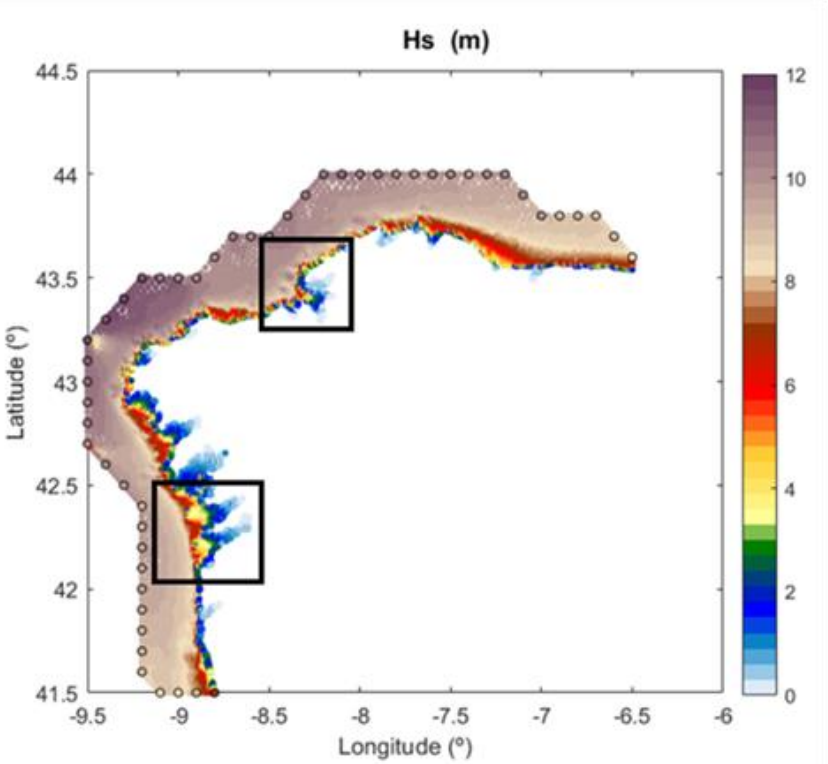
Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España):

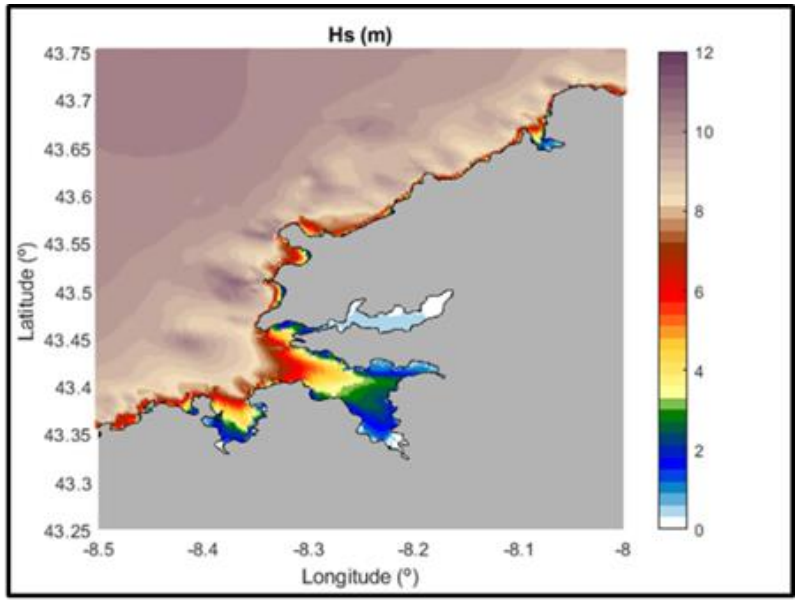
EL RETO

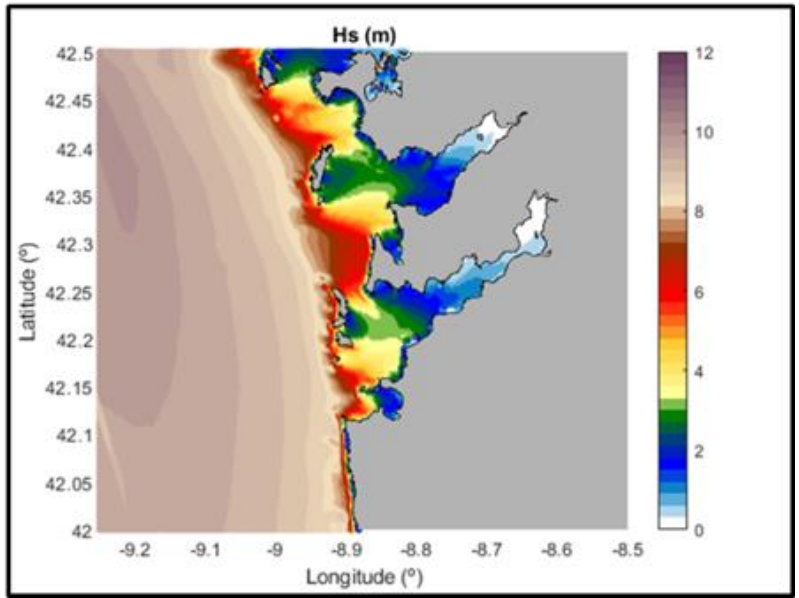
Propagación de las series horarias de oleaje de hindcast (1985-2019) y Proyecciones Climáticas a 122 puertos.

Proyecciones climáticas de 4 modelos climáticos para el periodo de referencia (1985-2005) y para dos trayectorias futuras de emisión de gases invernadero asociados al cambio climático (escenarios RCP4.5 y RCP8.5) a corto-medio plazo (2026-2045) y a largo plazo (2081-2100).

Propagación, a cada uno de los 122 puertos, de aproximadamente 20 series horarias de 20 años cada.





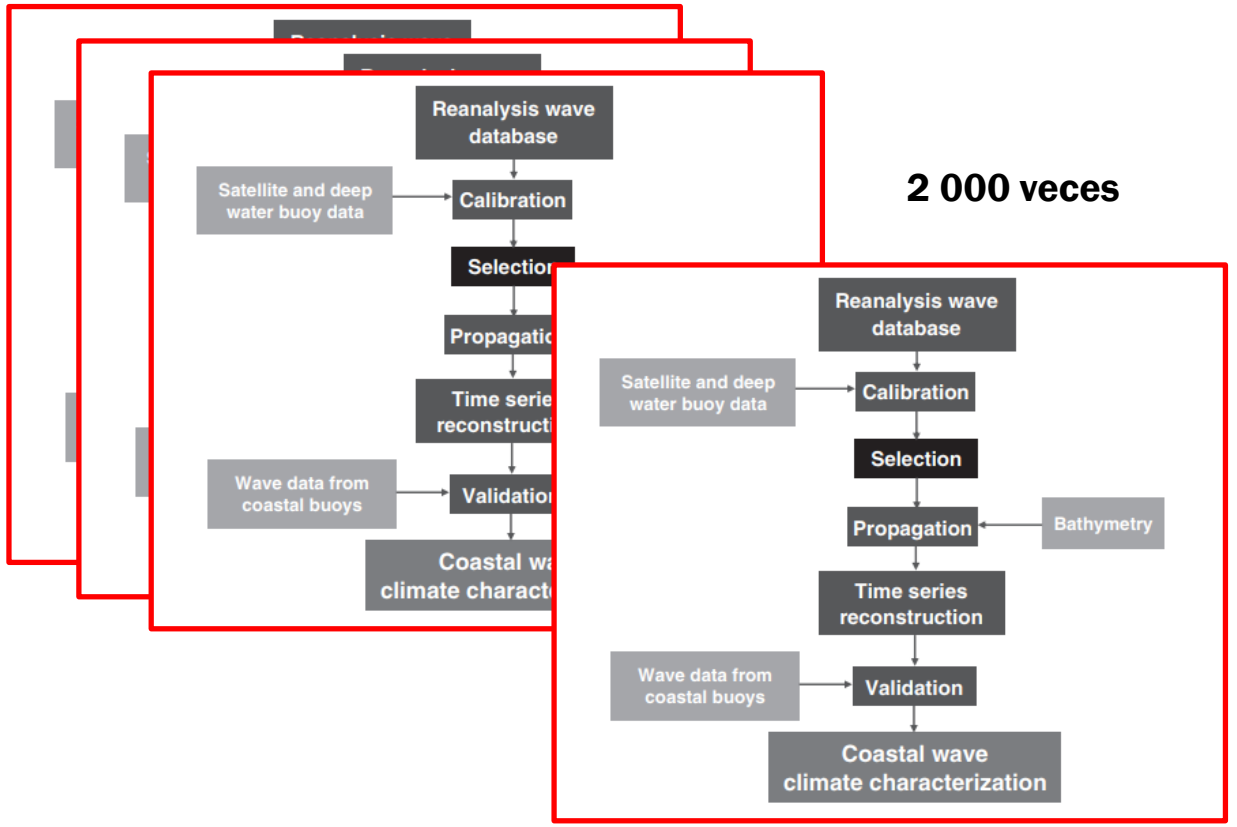


Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España):

Metodología clásica de dowscalling híbrido:

La propagación, a cada uno de los 122 puertos, de aproximadamente 20 series horarias de 20 años cada, supondría repetir el dowscalling hibrido 122 x 20 = > 2 000 veces. Cada uno implica simular en modelo numérico de propagación 500 veces para cada nivel del mar (3 niveles).

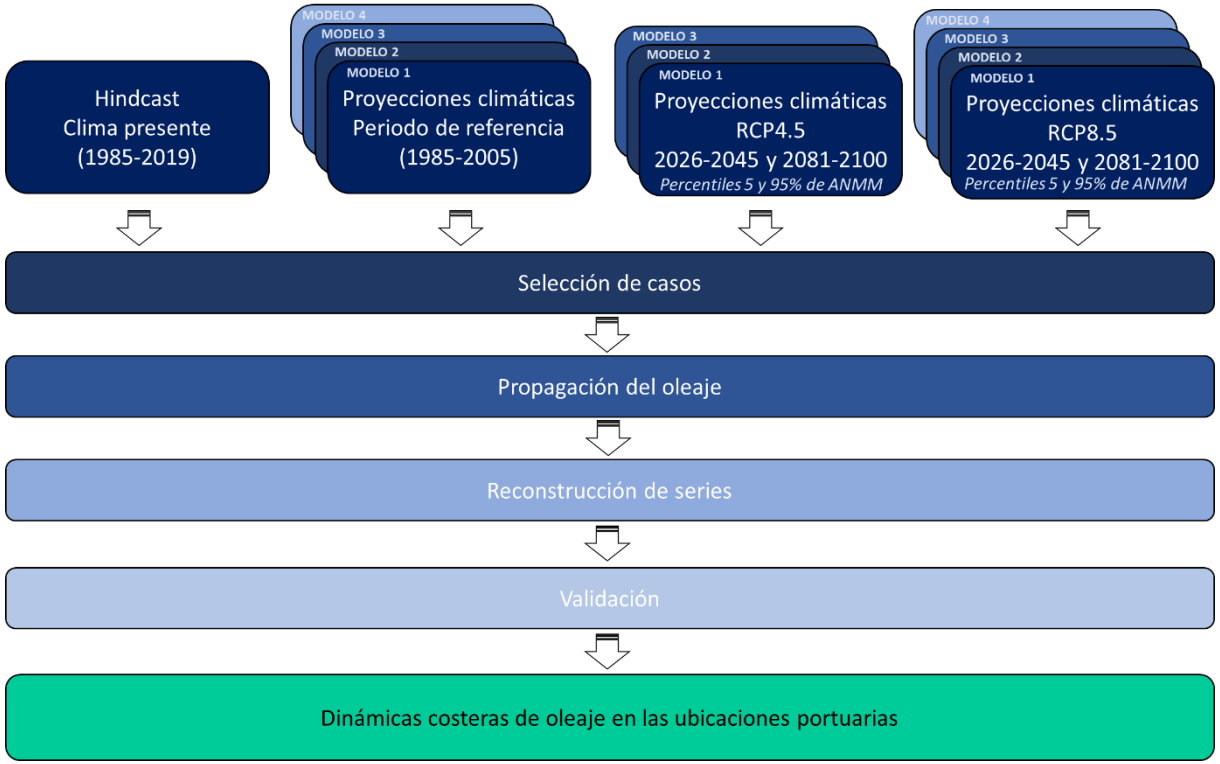
Todo ello supondría simular y gestionar más de 3 000 000 de simulaciones numéricas.



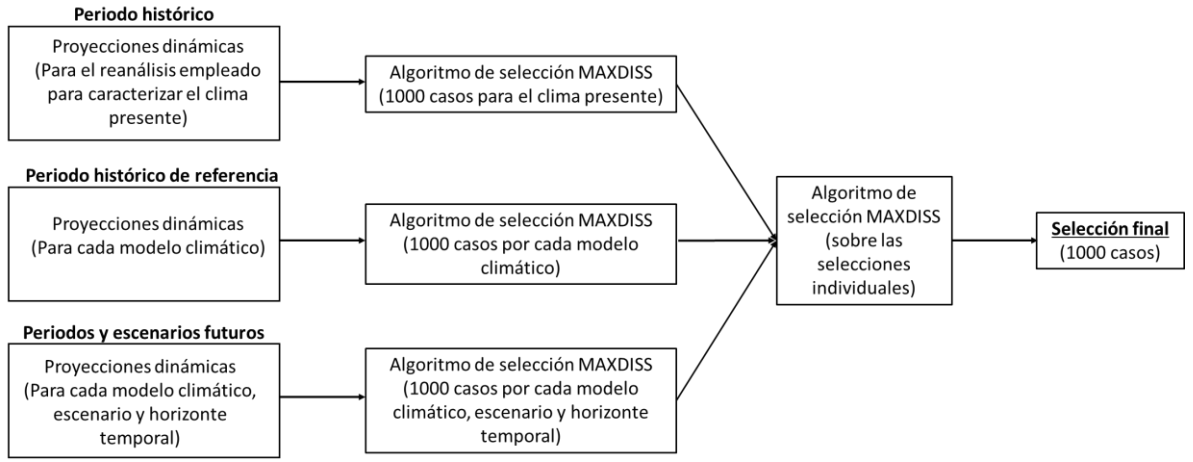
USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España):

Nueva metodología con IA:



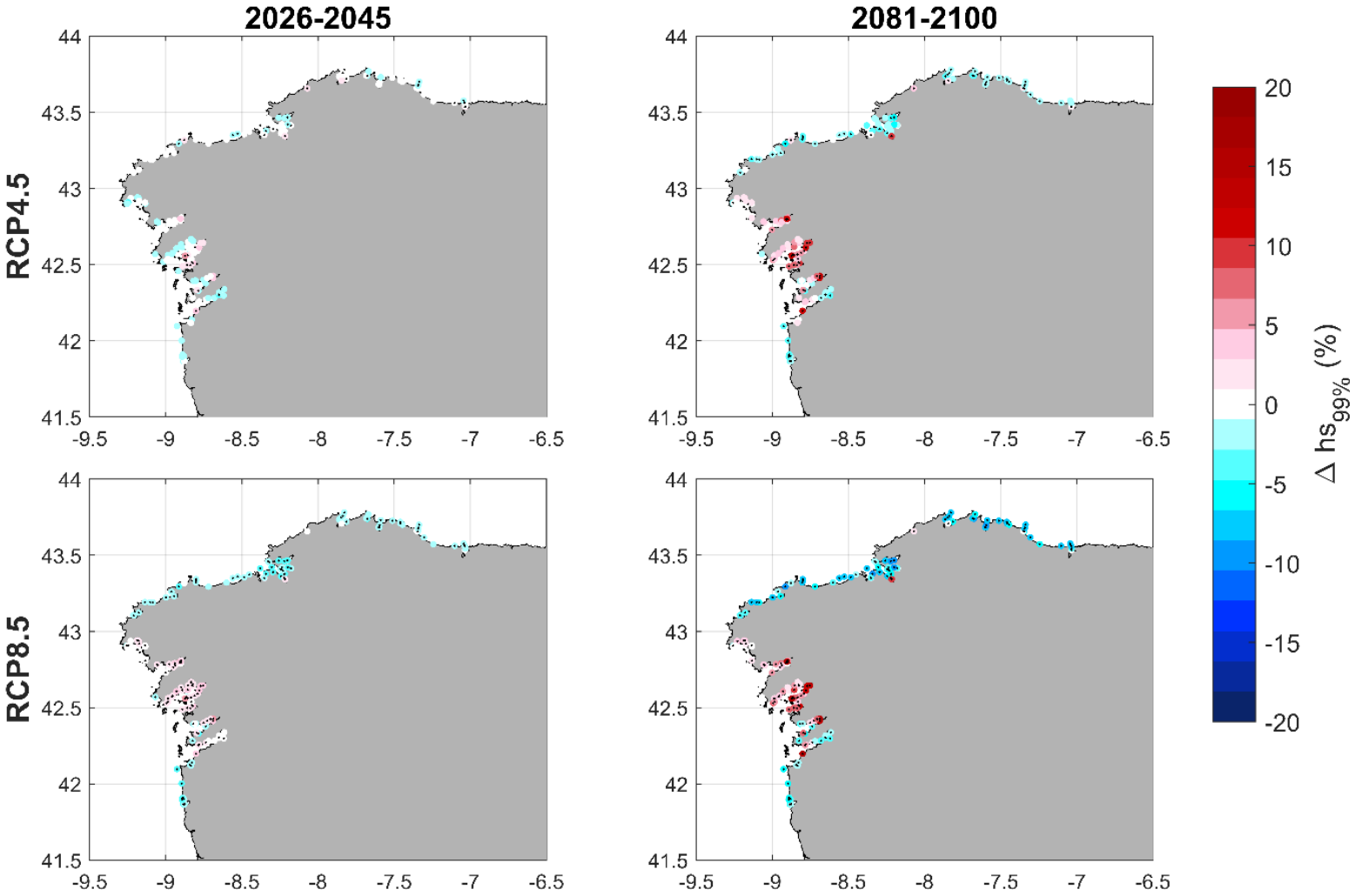
Se propagan correctamente todas las series horarias de oleaje de hindcast y Proyecciones Climáticas a los 122 puertos con base en únicamente 1000 simulaciones numéricas con metodología basada en técnicas de clustering:



Camus, P., Tomás, A., Díaz-Hernández, G., Rodríguez, B., Izaguirre, C., Losada, I.J. (2019) Probabilistic assessment of port operation downtimes under climate change. Coastal Engineering, 147, 12-24. https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.01.007

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España):



Portos de Galicia

SELA Sistema Económico Latinoamericano y del Caribe

RED Puertos

CAF Banco de Desarrollo de América Latina

Perú Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Autoridad Portuaria Nacional

Gobierno de España – Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana

Puerto de Santander

NextPort®

ÍNDICE:

- IHCantabria
- Inteligencia Artificial
- Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil)
- Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España)
- **Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España)**
- Predicción de la operatividad del buque atracado en el Puerto Bahía de Algeciras (España)
- Conclusiones

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España):

APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA MACHINE LEARNING PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS OPERACIONES DE REMOLQUE EN UN PUERTO

El objetivo principal del trabajo ha consistido en la realización de un marco metodológico para la modelización mediante algoritmos de machine learning del servicio portuario de remolque, con el fin de caracterizar e inferir los requerimientos de este servicio portuario ante unas condiciones de clima, tráfico y tipología de buque cualesquiera. Acompañando al desarrollo metodológico se ha aplicado lo desarrollado en un caso piloto, en concreto en el Puerto de Santander estudiándose la tipología General Cargo tanto para la situación climática y de demanda actual como bajo diferentes combinaciones de cambio climático y de flotas.

Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España):

EL RETO

Servicio Remolque= **f** (Características Buque, Condiciones climáticas)

 # Remolcadores
Tiro (ton.)
Potencia (HP)

?

⟺

Eslora
Manga
Calado
GT
Carga

,

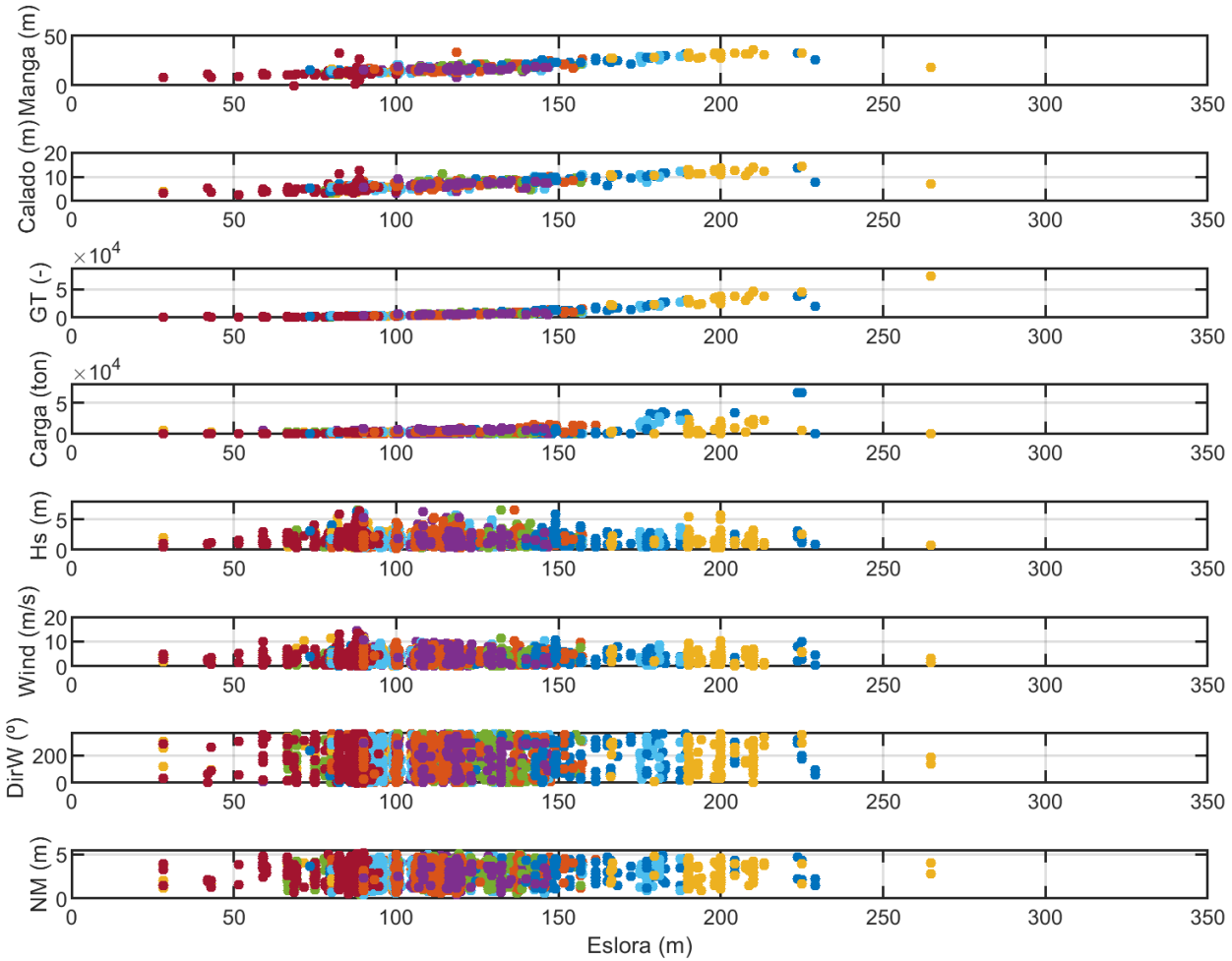
Hs
Viento
Dirección viento
Nivel del mar

La herramienta se entrena con la base de datos correspondiente al periodo **2015-2018** (4453 escalas) y se valida con la base de datos correspondiente al año **2019** (747 escalas), todo ello proporcionado por el Puerto de Santander.

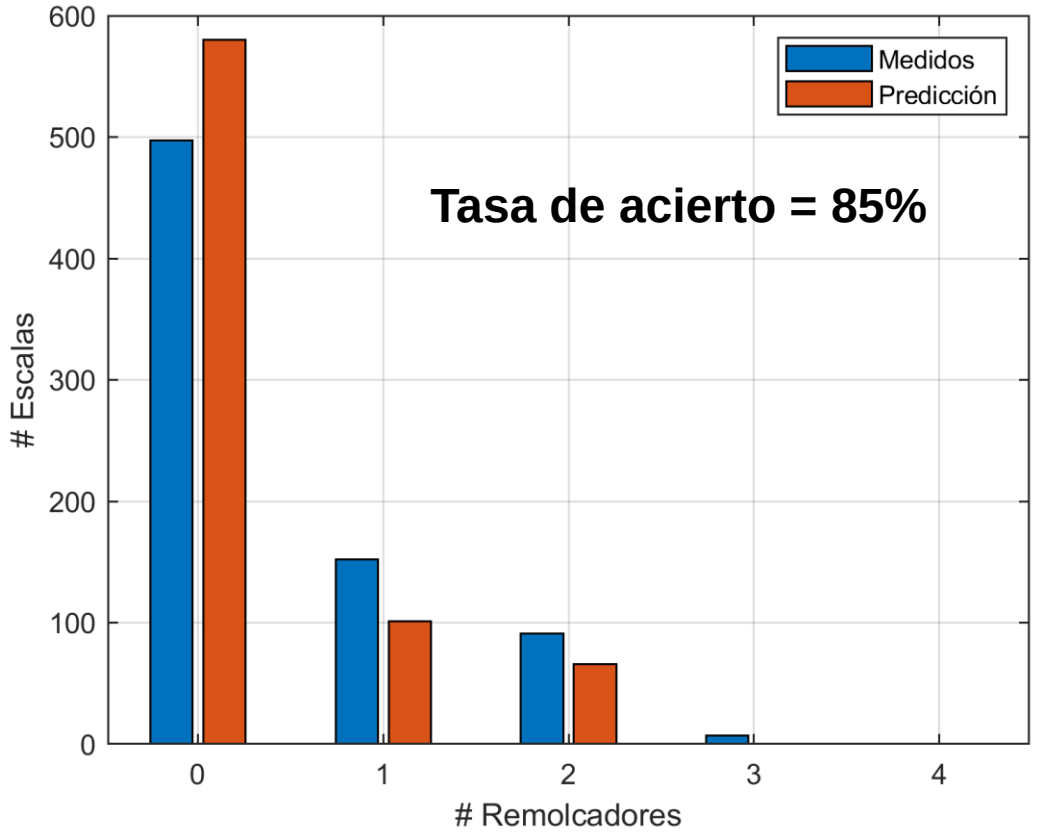
Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España):

Aplicación algoritmo K-means (25 clusters) con Regresión Guiada (Camus et al., 2016):

ENTRENAMIENTO:



VALIDACIÓN:



Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España):

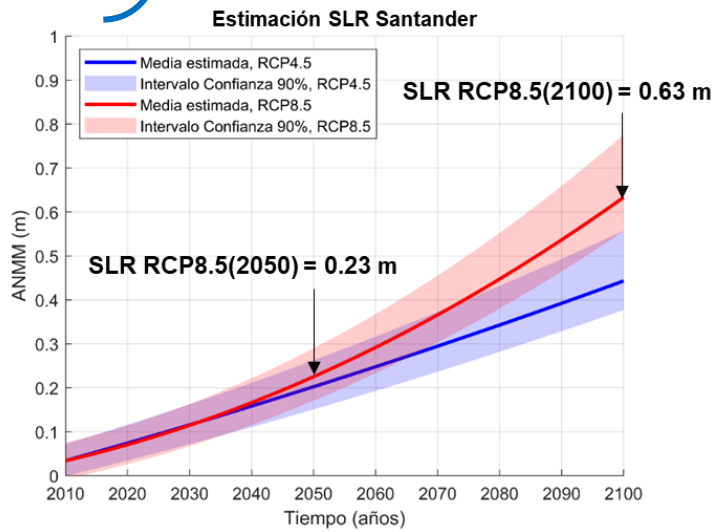
Una vez validada la herramienta, se aplica la herramienta predictiva del servicio de remolque para la tipología GENERAL CARGO bajo la hipótesis de distintos escenarios futuros:
(1) Cambio Climático
(2) Flotas

Servicio Remolque = **f** (Características Buque, Condiciones climáticas)

[?] ⟷ [Eslora, Manga, Calado, GT, Carga] , [Hs, Viento, Dirección viento, Nivel del mar + SLR]

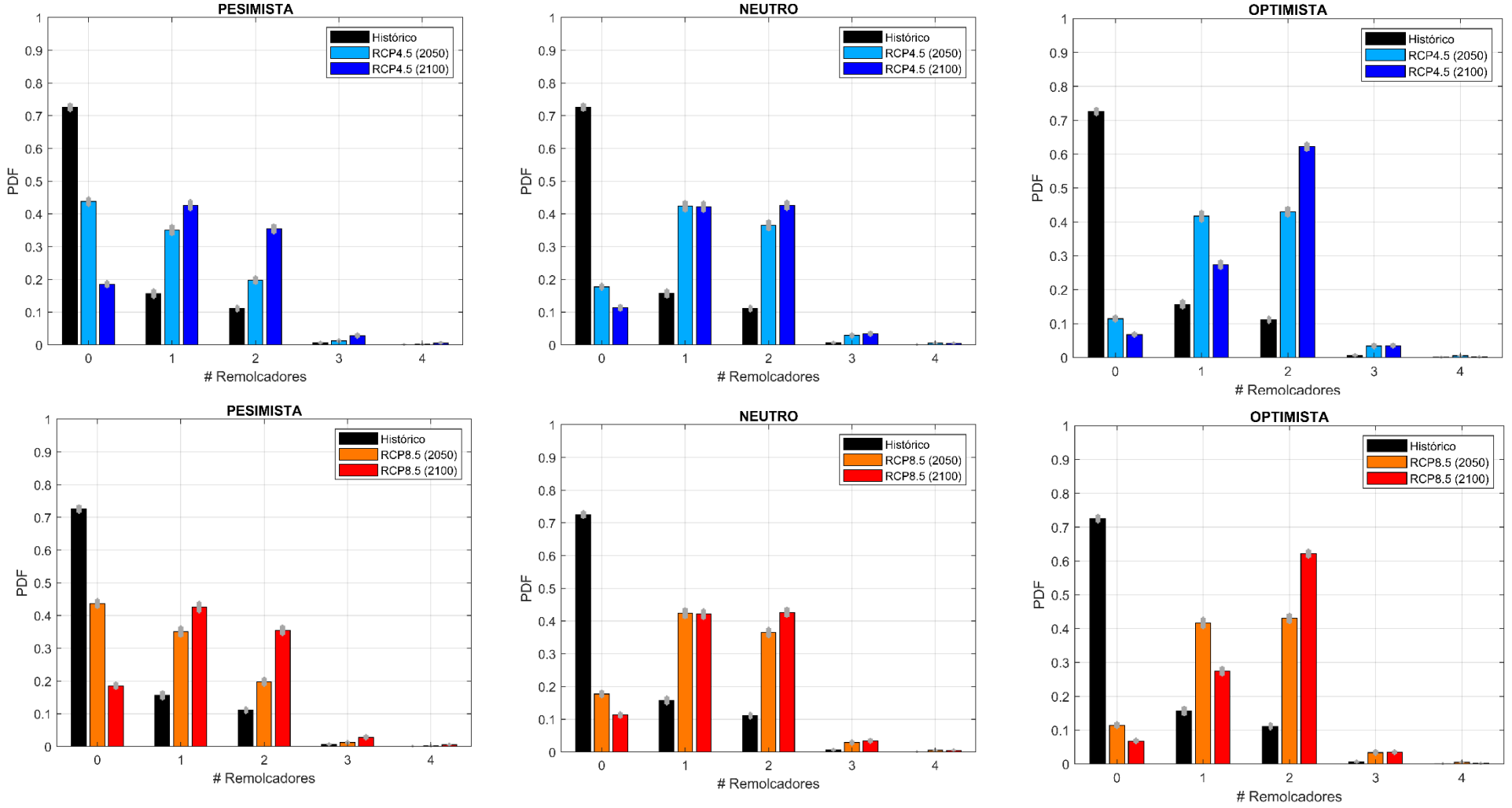
Remolcadores
Tiro (ton.)
Potencia (HP)

Cambio dimensiones respecto periodo referencia histórico (2015-2019)



USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España):



ÍNDICE:

- IHCantabria
- Inteligencia Artificial
- Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil)
- Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España)
- Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España)
- **Predicción de la operatividad del buque atracado en el Puerto Bahía de Algeciras (España)**
- Conclusiones

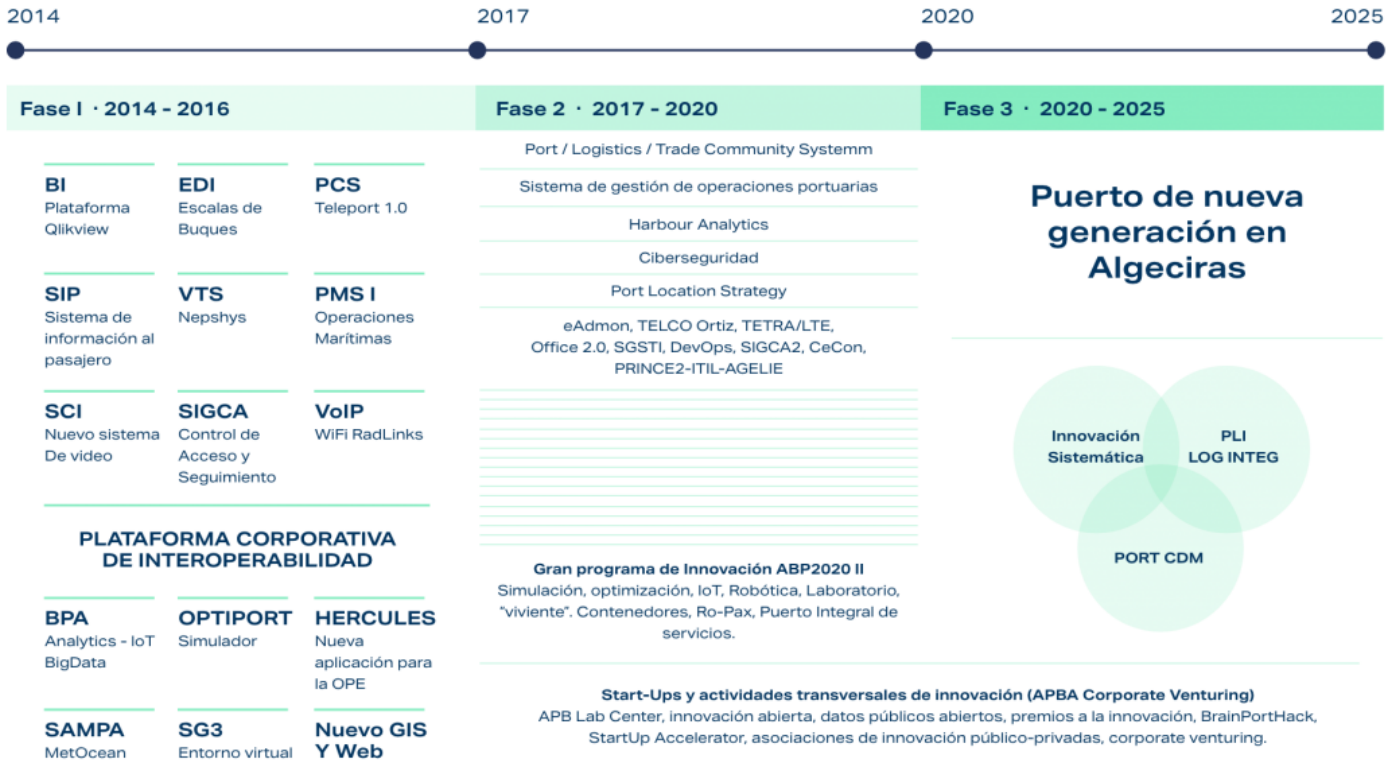
USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Operatividad del buque atracado en el Puerto de Bahía de Algeciras (España):

Travesía de la innovación

¿Qué es Algeciras BrainPort?

El Programa de Innovación **Algeciras BrainPort (ABP)** se concibe como el eje vehicular de la estrategia de innovación de la APBA y abarca tanto la cartera de proyectos de innovación como el conjunto de actividades y actuaciones de carácter transversal en innovación. Se trata de un programa de carácter táctico y operativo con actuaciones concretas en innovación.



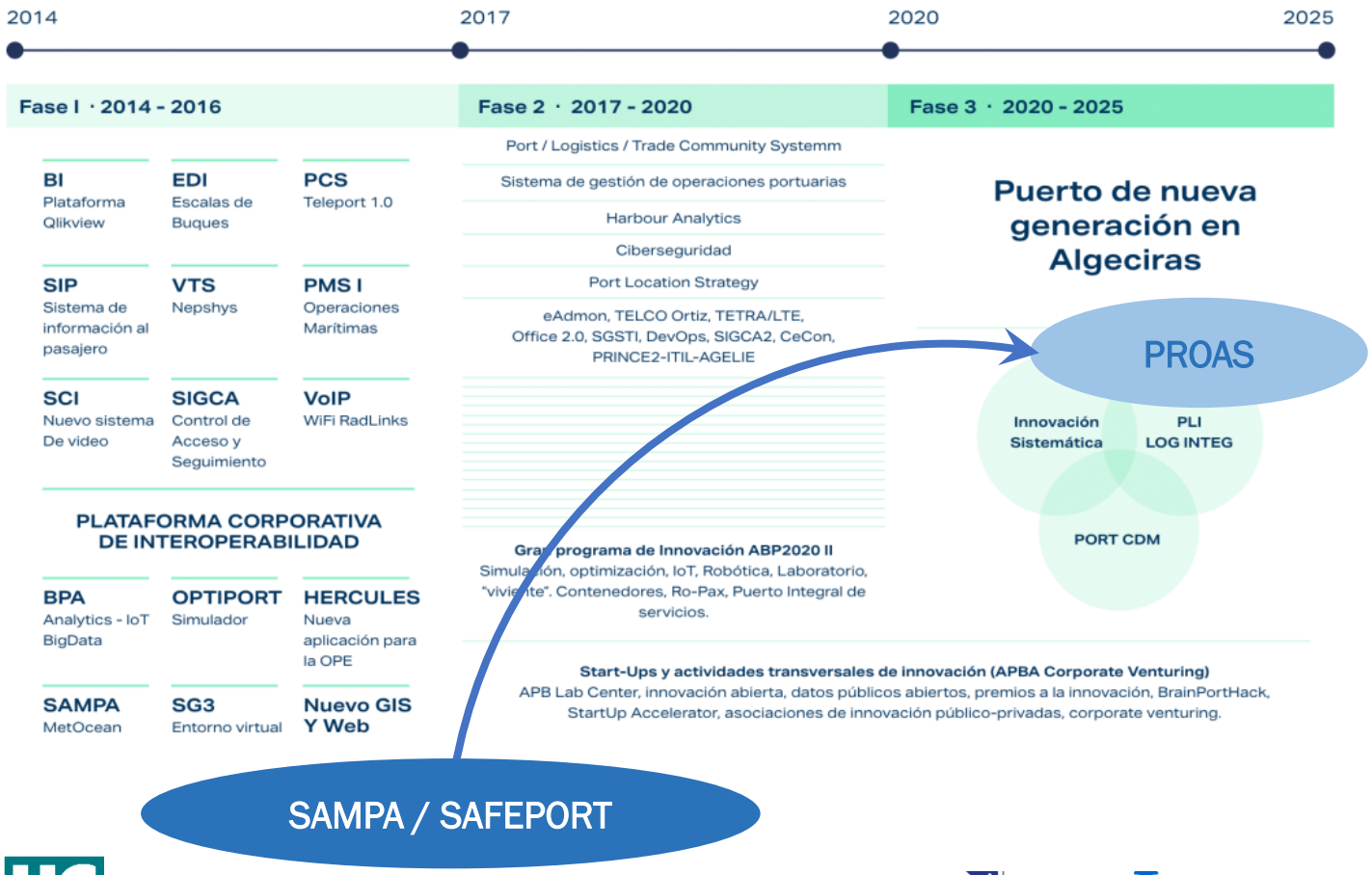
USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Operatividad del buque atracado en el Puerto de Bahía de Algeciras (España):

Travesía de la innovación

¿Qué es Algeciras BrainPort?

El Programa de Innovación **Algeciras BrainPort (ABP)** se concibe como el eje vehicular de la estrategia de innovación de la APBA y abarca tanto la cartera de proyectos de innovación como el conjunto de actividades y actuaciones de carácter transversal en innovación. Se trata de un programa de carácter táctico y operativo con actuaciones concretas en innovación.



PROYECTO PROAS: SISTEMA AVANZADO DE PREDICCIÓN DE LA OPERATIVIDAD BUQUE-INFRAESTRUCTURA

El objetivo principal de este sistema es desarrollar una herramienta predictiva de los niveles de seguridad y eficiencia de las operaciones portuarias a partir de información particularizada para cada atraque (predicciones del medio físico, planificación de la escala de buques y las operaciones previstas)

https://www.youtube.com/watch?v=J75QIkRp7EA

15 años de **I+D+i** para un desarrollo sostenible

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Operatividad del buque atracado en el Puerto de Bahía de Algeciras (España):

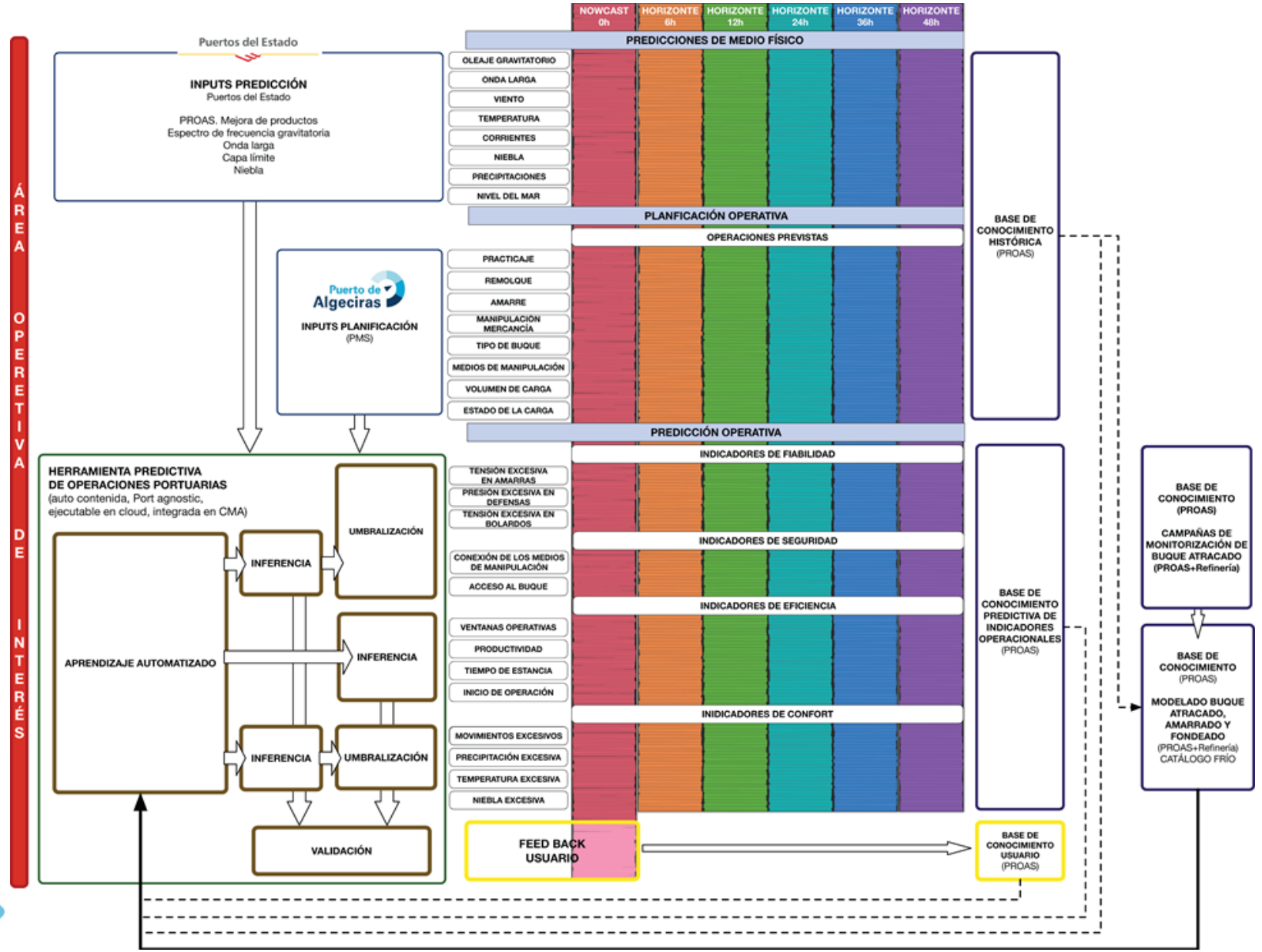
Metodología "PORT – AGNOSTIC":

Se muestran en distintos colores los horizontes temporales en los que se organiza tanto la predicción operativa de los indicadores de fiabilidad, seguridad, la eficiencia y confort (objetivo del proyecto) como las predicciones del medio físico y planificación de las operaciones previstas (inputs del proyecto).

Toda esta información conforma la base de conocimiento en la que se fundamenta la metodología, que a su vez se ve complementada y enriquecida con la información de las campañas de campo específicas, el modelado del buque y el *feed-back* del usuario.

Dicha base de conocimiento (que irá aumentando a lo largo del proyecto) sirve para ajustar de forma dinámica y mediante herramientas de Inteligencia Artificial la herramienta predictiva de operaciones portuarias, aplicable a los distintos horizontes temporales.

EL RETO



USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Operatividad del buque atracado en el Puerto de Bahía de Algeciras (España):

Metodología validada con base de datos disponible* en el Puerto exterior de A Coruña:

Boya Langosteira (REDCOS):

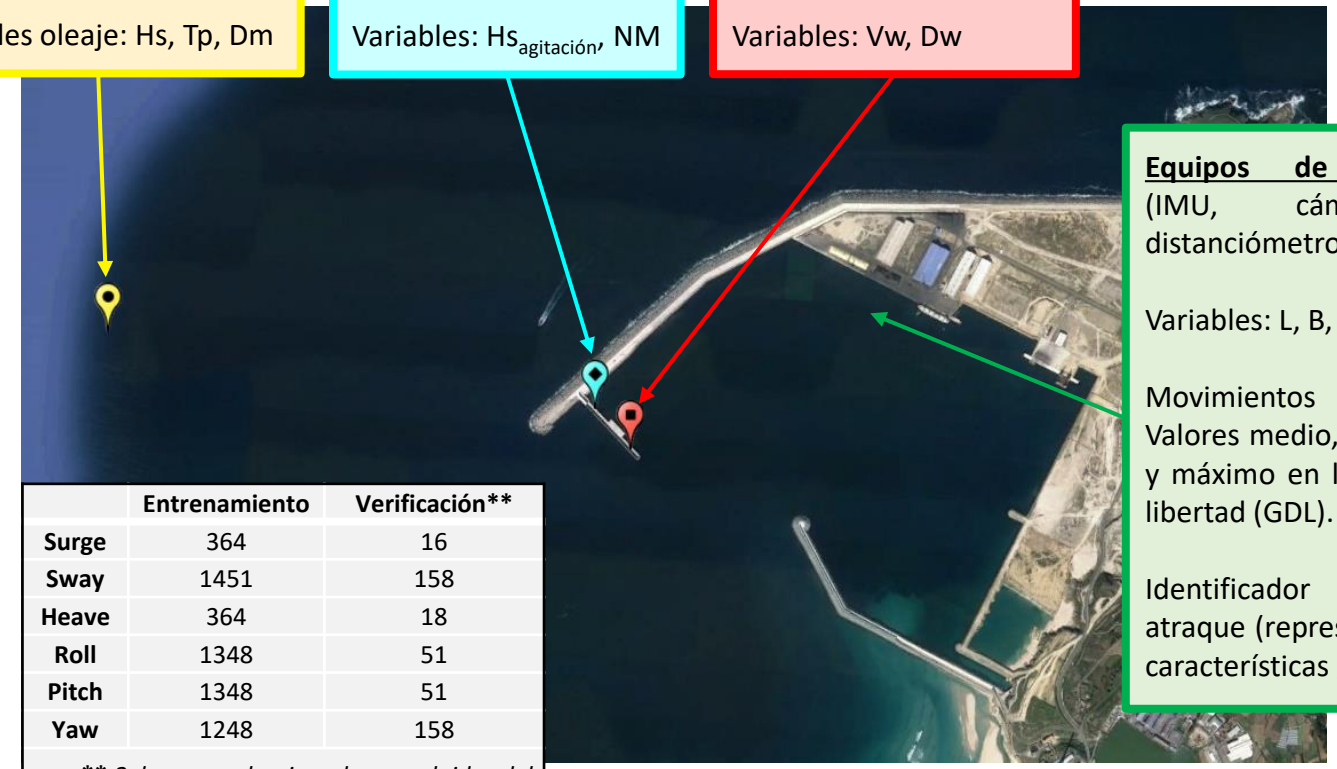
Variables oleaje: Hs, Tp, Dm

Mareógrafo (REDMAR):

Variables: $Hs_{agitación}$, NM

Estación meteorológica:

Variables: Vw, Dw



Equipos de medición (IMU, cámaras y distanciómetros láser):

Variables: L, B, DWT

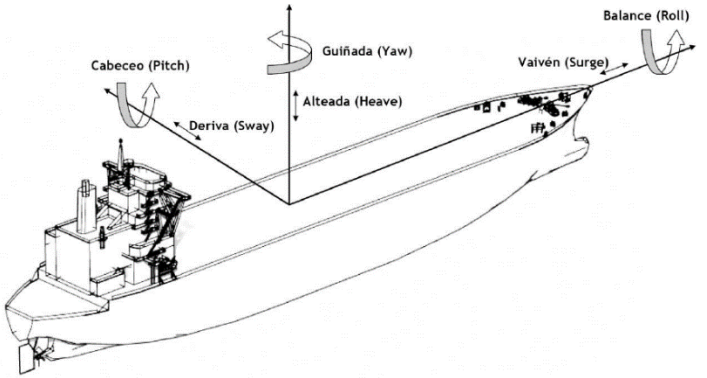
Movimientos de buque. Valores medio, significante y máximo en los 6 grados libertad (GDL).

Identificador zonas de atraque (representativo de características geom.)

	Entrenamiento	Verificación**
Surge	364	16
Sway	1451	158
Heave	364	18
Roll	1348	51
Pitch	1348	51
Yaw	1248	158

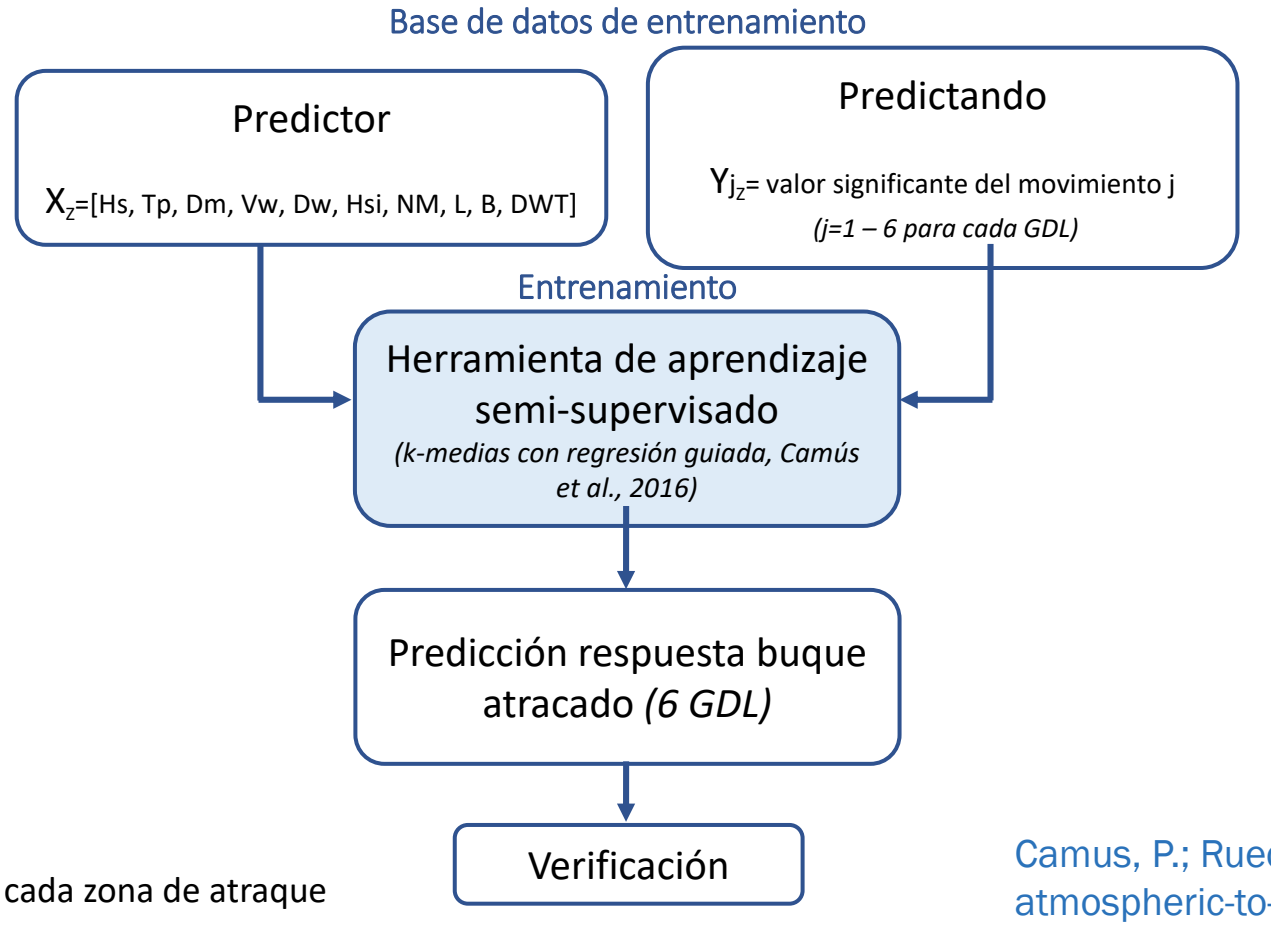
** *2 buques seleccionados y excluidos del conjunto de datos de entrenamiento*

- Campañas de campo: 2015 – 2020
- 46 buques (25 carga general + 21 graneleros)
- Datos horarios
- Tamaño muestras variables para los diferentes equipos de medición



* Alvarellos, A. aalvarell/ship-movement-dataset: Outer Port of Punta Langosteira ship movement dataset (Version v1.0.0). Github 2021.

Operatividad del buque atracado en el Puerto de Bahía de Algeciras (España):

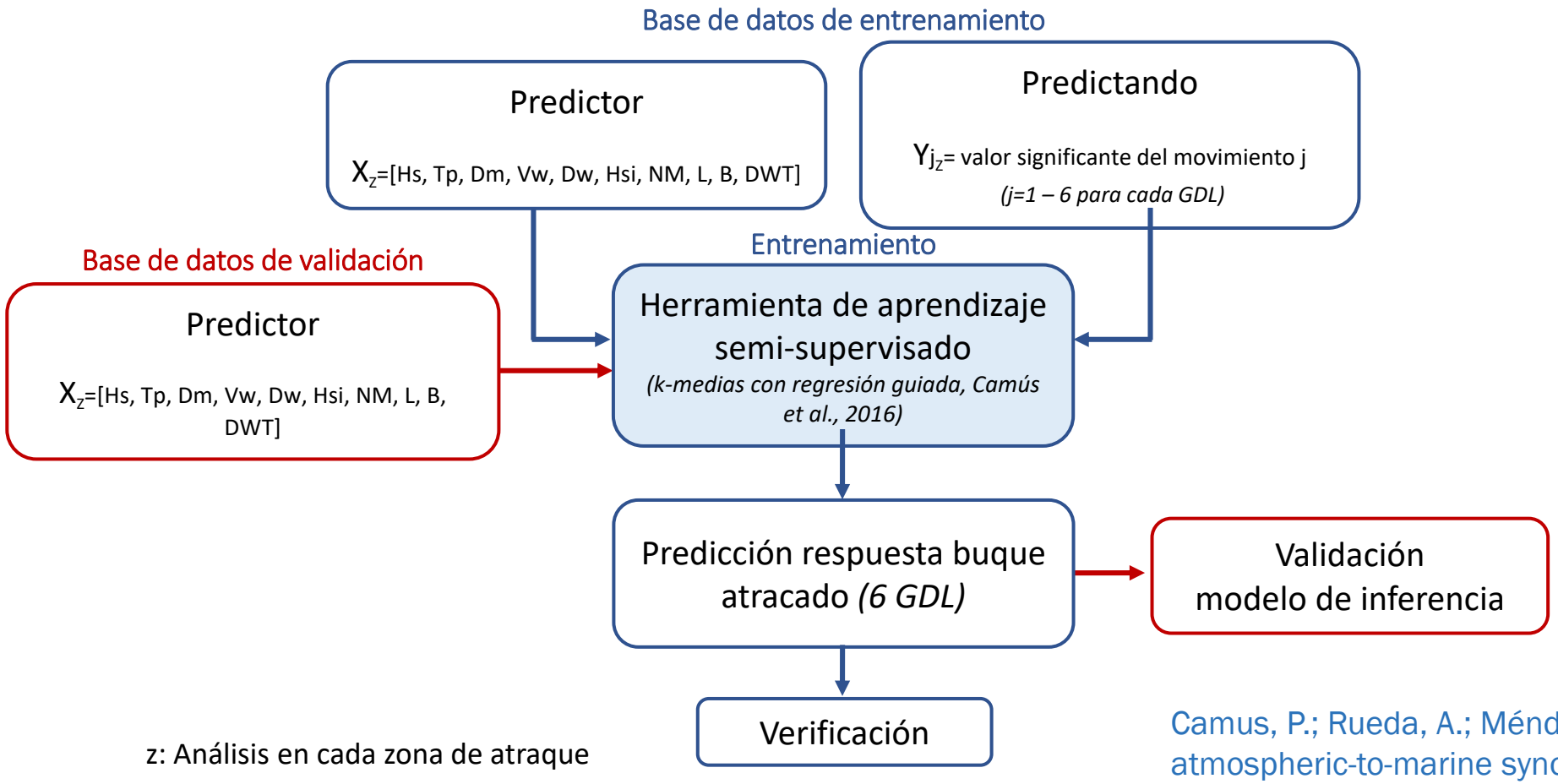


z: Análisis en cada zona de atraque

Camus, P.; Rueda, A.; Méndez, F.J.; Losada, I.J. (2016). An atmospheric-to-marine synoptic classification for statistical downscaling marine climate. Ocean Dynamics 66, 1589–1601. https://doi.org/10.1007/s10236-016-1004-5

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Operatividad del buque atracado en el Puerto de Bahía de Algeciras (España):



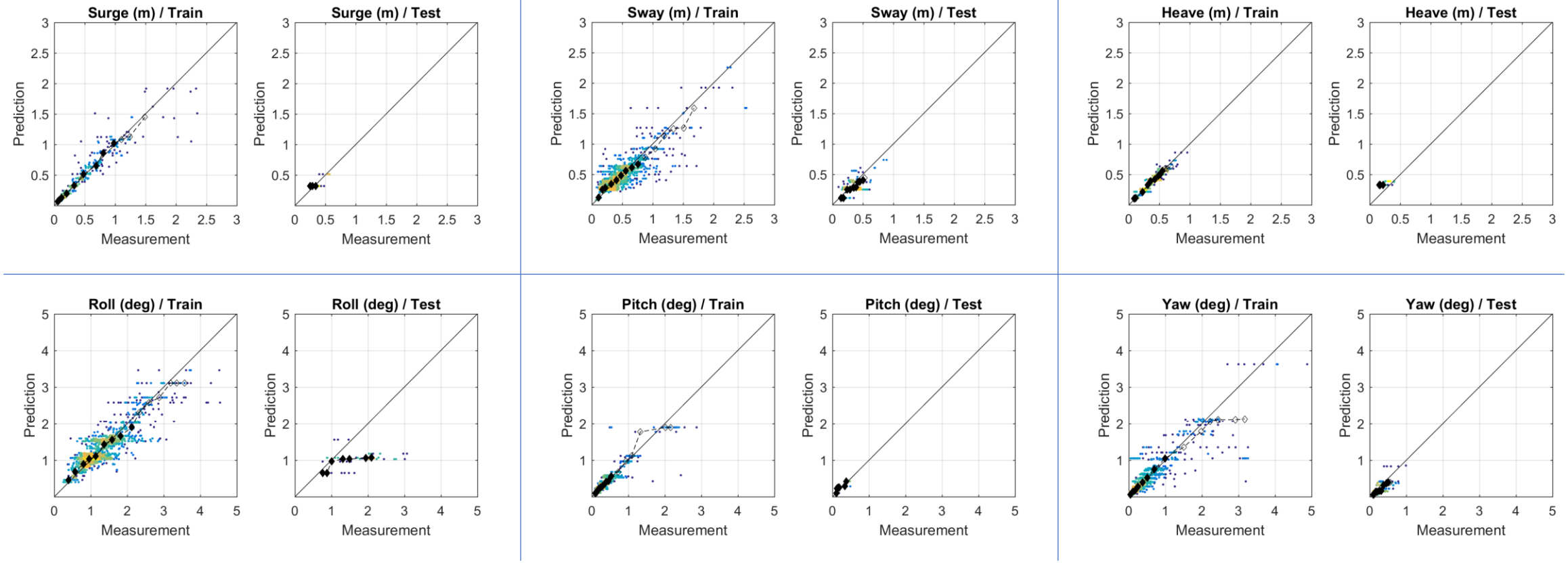
z: Análisis en cada zona de atraque

Camus, P.; Rueda, A.; Méndez, F.J.; Losada, I.J. (2016). An atmospheric-to-marine synoptic classification for statistical downscaling marine climate. Ocean Dynamics 66, 1589–1601. https://doi.org/10.1007/s10236-016-1004-5

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Operatividad del buque atracado en el Puerto de Bahía de Algeciras (España):

Metodología validada con base de datos disponible* en el Puerto exterior de A Coruña:



* Alvarellos, A. aalvarell/ship-movement-dataset: Outer Port of Punta Langosteira ship movement dataset (Version v1.0.0). Github 2021.

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Operatividad del buque atracado en el Puerto de Bahía de Algeciras (España):

Metodología validada con base de datos disponible* en el Puerto exterior de A Coruña:

Tabla comparativa de los distintos algoritmos de Machine Learning para la predicción de los 6 GDL del movimiento de buque atracado:

		VERIFICACIÓN											
		Alteada		Vaivén		Deriva		Guiñada		Cabeceo		Balance	
		R2	RMSE (m)	R2	RMSE (m)	R2	RMSE (m)	R2	RMSE (º)	R2	RMSE (º)	R2	RMSE (º)
Aprendizaje supervisado	Regresión lineal multivariada	0.90	0.05	0.82	0.20	0.72	0.19	0.79	0.31	0.70	0.21	0.73	0.39
	Arboles de decisión (Gradient Boosting)	0.92	0.03	0.86	0.11	0.92	0.04	0.95	0.06	0.98	0.04	0.91	0.11
Aprendizaje no supervisado	K-means	0.94	0.04	0.89	0.15	0.75	0.17	0.78	0.32	0.84	0.14	0.78	0.34
Aprendizaje semi-supervisado	K-means (Regression Guide)	0.90	0.05	0.88	0.15	0.77	0.16	0.81	0.30	0.85	0.13	0.80	0.32
Aprendizaje profundo	Redes Neuronales Artificiales	0.95	0.05	0.99	0.03	0.99	0.02	0.98	0.01	0.98	0.02	0.99	0.06
	0.1·RANGO		0.09		0.23		0.25		0.48		0.28		0.43

* Alvarellos, A. aalvarell/ship-movement-dataset: Outer Port of Punta Langosteira ship movement dataset (Version v1.0.0). Github 2021.

USO DE TÉCNICAS DE IA PARA LA ASISTENCIA AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS

Operatividad del buque atracado en el Puerto de Bahía de Algeciras (España):

Metodología validada con base de datos disponible* en el Puerto exterior de A Coruña:

Tabla comparativa de los distintos algoritmos de Machine Learning para la predicción de los 6 GDL del movimiento de buque atracado:

VERIFICACIÓN

		Alteada		Vaivén		Deriva		Guiñada		Cabeceo		Balance	
		R2	RMSE (m)	R2	RMSE (m)	R2	RMSE (m)	R2	RMSE (º)	R2	RMSE (º)	R2	RMSE (º)
Aprendizaje supervisado	Regresión lineal multivariada	0.90	0.05	0.82	0.20	0.72	0.19	0.79	0.31	0.70	0.21	0.73	0.39
	Arboles de decisión (Gradient Boosting)	0.92	0.03	0.86	0.11	0.92	0.04	0.95	0.06	0.98	0.04	0.91	0.11
Aprendizaje no supervisado	K-means	0.94	0.04	0.89	0.15	0.75	0.17	0.78	0.32	0.84	0.14	0.78	0.34
Aprendizaje semi-supervisado	K-means (Regression Guide)	0.90	0.05	0.88	0.15	0.77	0.16	0.81	0.30	0.85	0.13	0.80	0.32
Aprendizaje profundo	Redes Neuronales Artificiales	0.95	0.05	0.99	0.03	0.99	0.02	0.98	0.01	0.98	0.02	0.99	0.06
	0.1·RANGO		0.09		0.23		0.25		0.48		0.28		0.43

VALIDACIÓN

		Alteada		Vaivén		Deriva		Guiñada		Cabeceo		Balance	
		R2	RMSE (m)	R2	RMSE (m)	R2	RMSE (m)	R2	RMSE (º)	R2	RMSE (º)	R2	RMSE (º)
Aprendizaje supervisado	Regresión lineal multivariada	0.55	0.08	0.51	0.23	0.50	0.15	0.17	0.37	0.35	0.19	0.47	1.06
	Arboles de decisión (Gradient Boosting)	-	0.09	-	0.39	-	0.11	-	0.28	-	0.24	-	1.04
Aprendizaje no supervisado	K-means	0.52	0.14	0.43	0.17	0.48	0.14	0.55	0.17	0.66	0.10	0.50	0.89
Aprendizaje semi-supervisado	K-means (Regression Guide)	0.53	0.11	0.65	0.07	0.53	0.13	0.58	0.15	0.72	0.08	0.51	0.90
Aprendizaje profundo	Redes Neuronales Artificiales	-	0.12	-	0.10	-	0.15	-	0.15	-	0.11	-	0.90

* Alvarellos, A. aalvarell/ship-movement-dataset: Outer Port of Punta Langosteira ship movement dataset (Version v1.0.0). Github 2021.

ÍNDICE:

- IHCantabria
- Inteligencia Artificial
- Sistema Operacional de ayuda a la construcción del Puerto de Açu (Brasil)
- Análisis del impacto del Cambio Climático en los Puertos de Galicia (España)
- Caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander (España)
- Predicción de la operatividad del buque atracado en el Puerto Bahía de Algeciras (España)
- **Conclusiones**

Conclusiones

- IA permite **mejorar la forma de resolver problemas.** “ODS”
- Verificar la existencia de **relaciones de dependencia** entre las variables objeto de estudio. “Y=f(X)”
- Disponer de **bases de datos con calidad y** suficiente cantidad de datos para definir los modelos de dependencia correctamente. “Base de conocimiento”
- **Validación** exhaustiva de resultados obtenidos. “Calidad”
- **Entender** siempre los resultados. “Inteligencia humana”
- Las técnicas de IA, **cuanto más simple, mejor**, para resolver cada problema. “The simpler, the better”

SISTEMA ECONÓMICO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE

RED PUERTOS DIGITALES Y COLABORATIVOS

BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA

PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones — Autoridad Portuaria Nacional

GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA — Puerto de Santander — Autoridad Portuaria de Santander

NextPort®

¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

IHcantabria 15 años
INSTITUTO DE HIDRÁULICA AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

I+D+i PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE

http://www.ihcantabria.com

@ihcantabria

antonio.tomas@unican.es