

# CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA AEROGENERADORES MARINOS EN LAS ISLAS CANARIAS MEDIANTE MODELOS DE DISTINTA COMPLEJIDAD

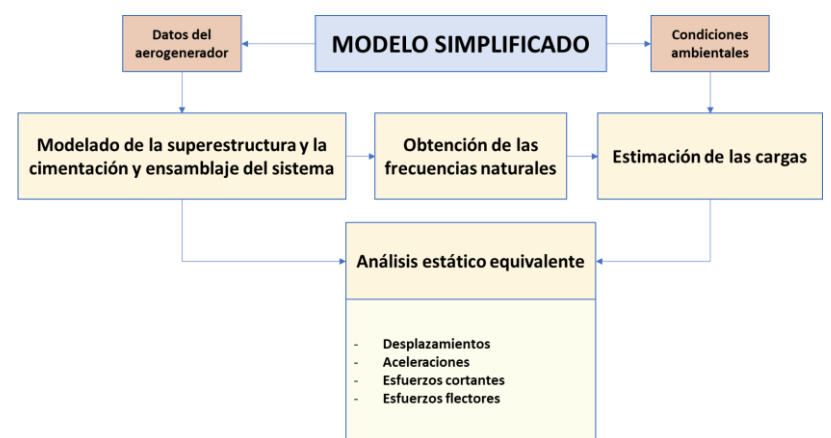
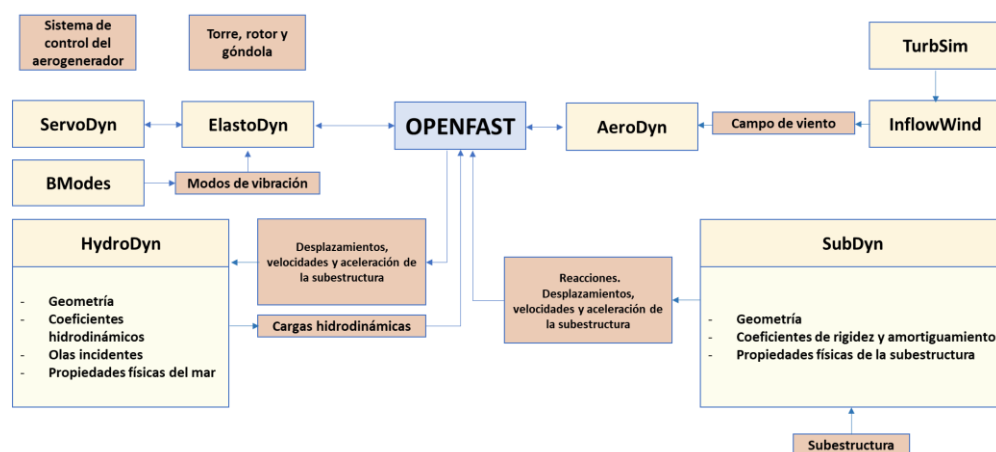
## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS:

La energía eólica ha experimentado significativos avances la última década. Una parte fundamental en su desarrollo consiste en el análisis estructural de los aerogeneradores, complejo por la cantidad de fenómenos que involucra y la incertidumbre asociada a parámetros. El objetivo de este trabajo es evaluar la influencia del modelo numérico empleado para dicho análisis estructural, a partir de un caso particular de estudio ubicado en las Islas Canarias.

## MODELOS NUMÉRICOS:

Los modelos numéricos empleados son:

- **OpenFast:** software de código abierto desarrollado en Fortran 95, compuesto por diferentes módulos que definen y simulan características aerodinámicas, hidrodinámicas, elásticas y estructurales en el dominio del tiempo.
- **Modelo simplificado de elementos finitos:** programa elaborado para este trabajo basado en la formulación de elementos finitos para realizar un análisis estático equivalente. Las cargas incorporadas al sistema se modelan de acuerdo con las normas de referencia.



## METODOLOGÍA Y RESULTADOS:

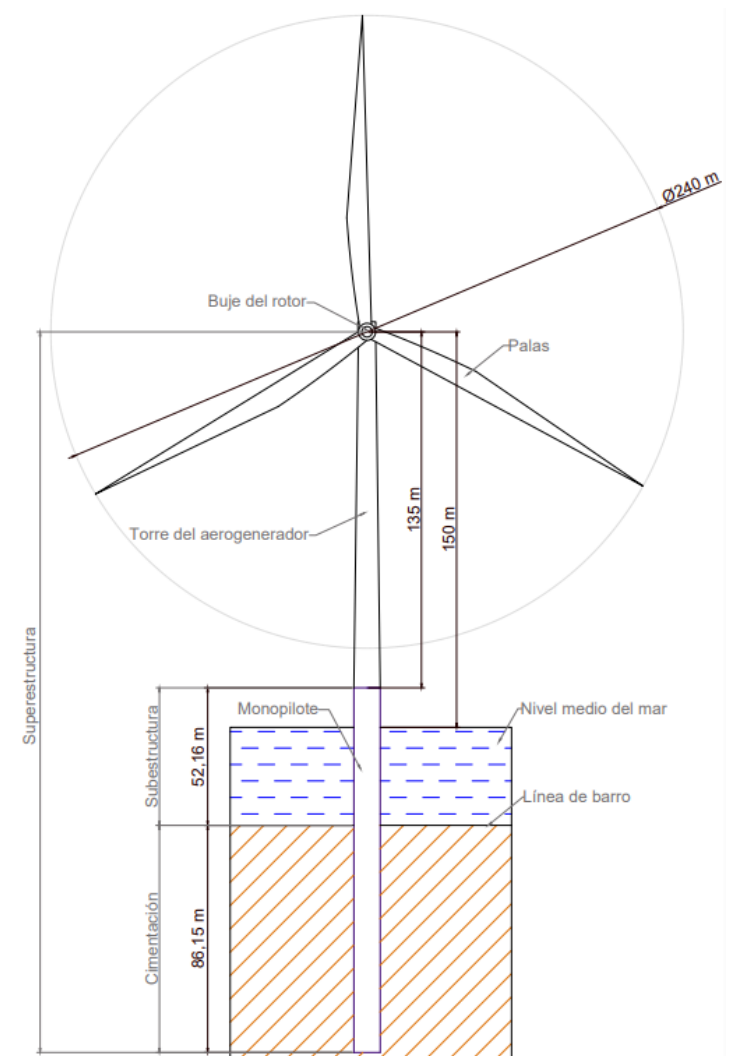
Se evalúa la ubicación más adecuada para emplazar el aerogenerador; así como el más eficiente a nivel energético y económico de entre tres modelos: de 5 MW (NREL-5MW), 10 MW (IEA-10.0-198-RWT) y 15 MW (IEA-15-240-RWT) de potencia nominal. Finalmente, se establecerá el aerogenerador de 15MW de potencia nominal en la costa sureste de la isla de Gran Canaria.

Los modelos numéricos se comparan analizando tres casos para el aerogenerador escogido: en base fija con el espesor del modelo de referencia, en base fija con las dimensiones del monopilote diseñado para el lugar de emplazamiento y en base flexible incorporando efectos de interacción suelo-estructura con las dimensiones diseñadas.

Los resultados obtenidos de las variables de interés analizadas muestran las siguientes diferencias:

Parámetro	Modelo simplificado	OpenFast
Dominio	Frecuencia (para prop.modales)	Tiempo
Tipo de análisis	Estático equivalente	Dinámico
Efectos inerciales	No	Sí
Amortiguamiento del sistema	No	Sí
Interacción suelo-estructura	Impendancias BEM-FEM	Elementos LPM

## AEROGENERADOR CON MONOPILOTE DISEÑADO



Parámetro	Modelo simplificado	OpenFast
Frecuencias naturales	Mod.Simplificado ≈ OpenFast	
Esfuerzo predominante	Viento	Oleaje
Esfuerzos cortantes	Mod.Simplificado < OpenFast	
Esfuerzos flectores	Mod.Simplificado > OpenFast	
Desplazamientos	Máximos en el rotor	
	Mod.Simplificado > OpenFast	
Aceleraciones	Máximos en el rotor	Máximo en punto intermedio de la torre
	Mod.Simplificado > OpenFast	
Incorporación fenómenos de interacción suelo-estructura (SSI)	Aumento de esfuerzos	Tiende a la disminución de esfuerzos
	Aumentan los desplazamientos	
Resultados entre modelos	Tienden al aumento de aceleraciones	
	No sigue una tendencia definida	
Validez del estudio con ambos modelos	Esfuerzos reproducibles y comparables entre ambos	
	Variables cinemáticas no reproducibles ni comparables	
Consideraciones	Apto para estudios con bajas turbulencias de viento	
	Carácter conservador del modelo simplificado	
	Efectos dinámicos no caracterizados adecuadamente en el mod.simplificado	
	Efectos del amortiguamiento aeroelástico	
Diferente predominancia de los efectos de interacción suelo-estructura		

## CONCLUSIONES:

Ambos modelos numéricos no deben contemplarse excluyentes uno del otro, sino que la potencialidad que alcanzan radica en la conjunción en el uso de ambos. En etapas iniciales de diseño de la estructura de soporte de aerogeneradores, el modelo simplificado es una herramienta adecuada con la que comenzar a abordar el problema, dado que su carácter simplificado permite realizar un primer análisis estructural haciendo uso de pocos recursos computacionales, obteniendo resultados conservadores, con menor complejidad en el tratamiento y procesado de datos y con una menor cantidad de tiempo empleado. Sin embargo, a partir de dichas consideraciones iniciales, OpenFast constituye una herramienta amplia y con un mayor grado de definición del problema, que permite realizar un análisis más profundo de la respuesta estructural que ofrece el aerogenerador.