



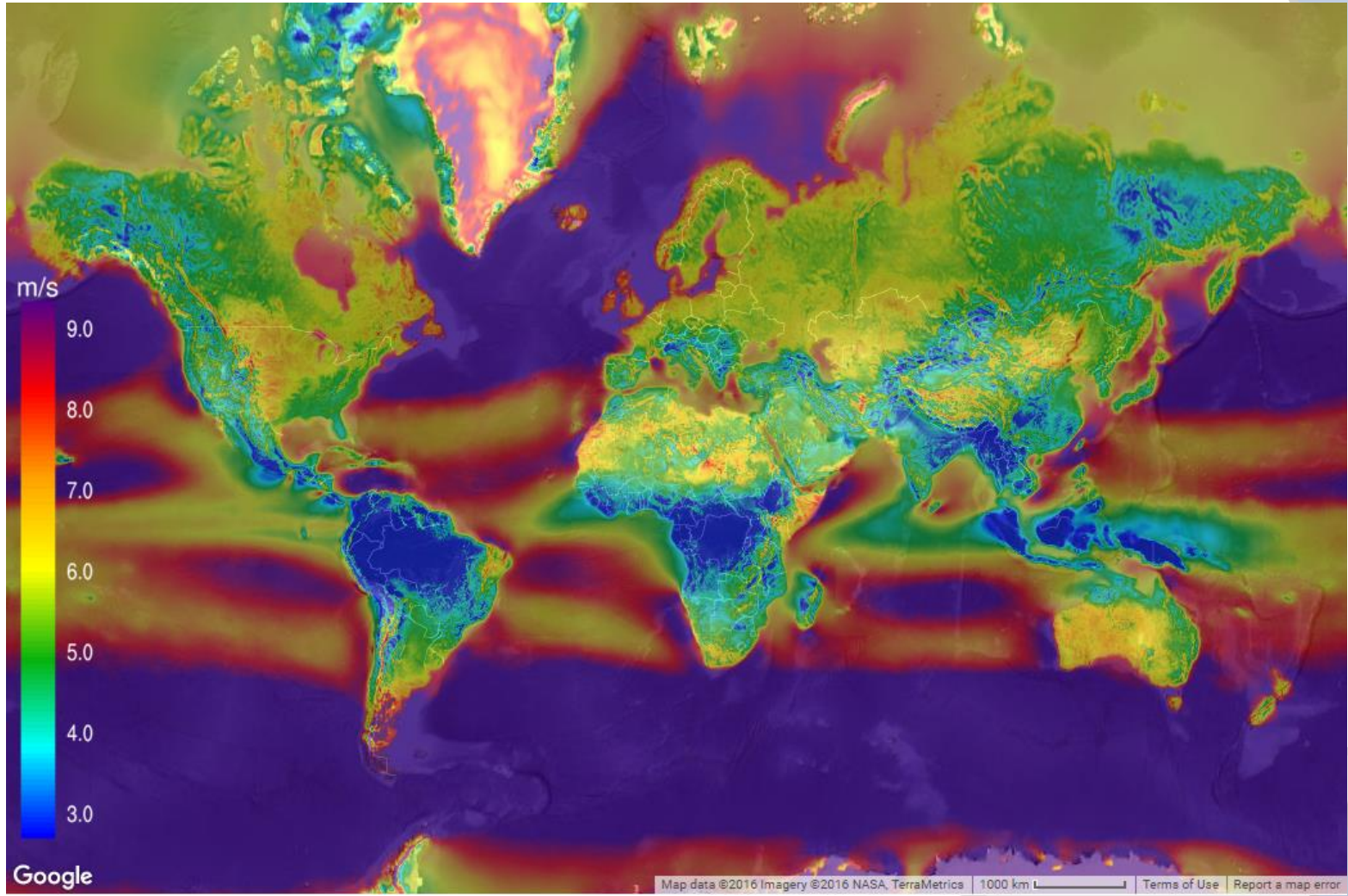
DISEÑO DE UN PARQUE EÓLICO



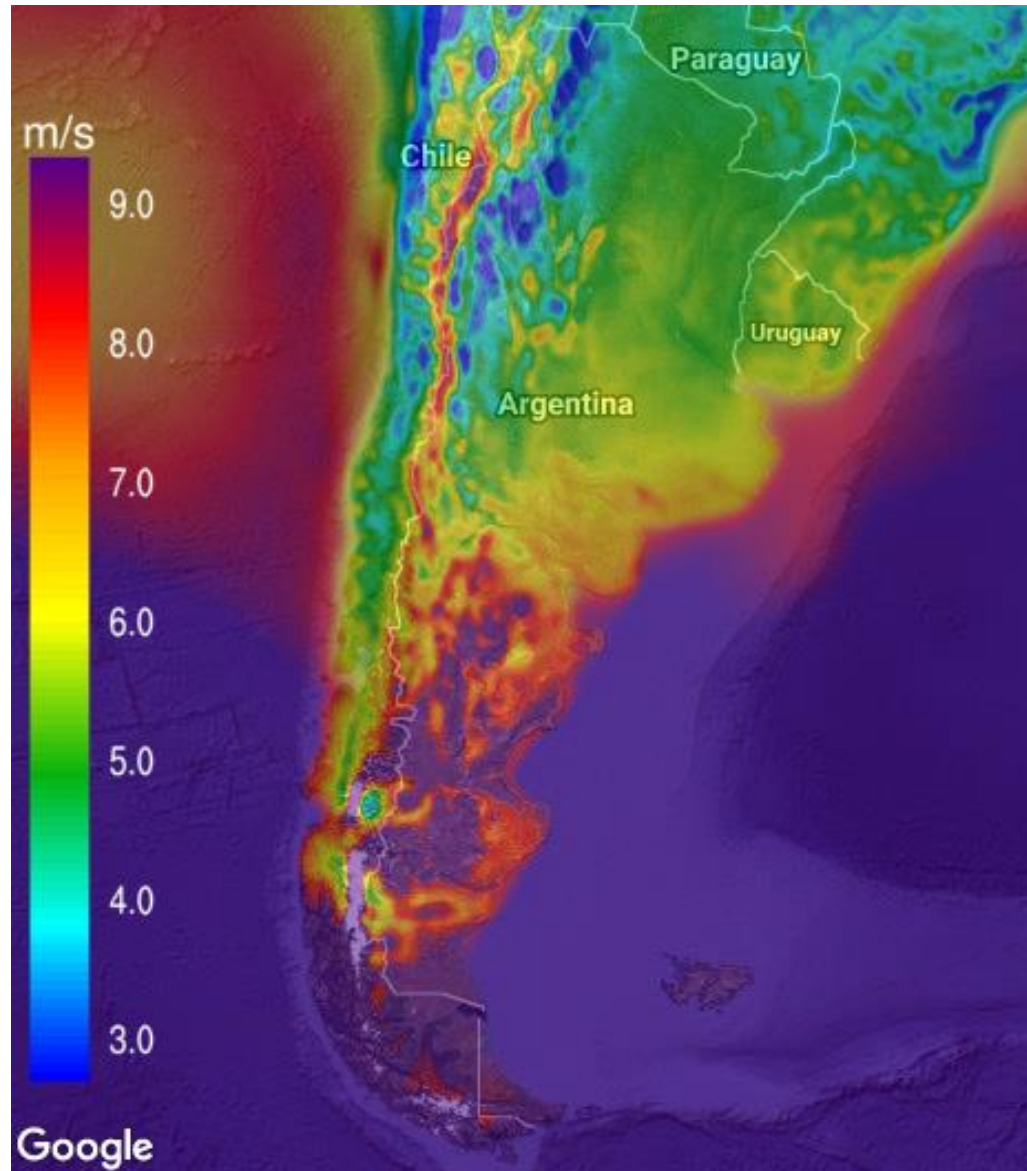
La energía eólica ha sido utilizada tradicionalmente como fuerza motriz de los buques de vela y para impulsar los molinos de viento. El uso de este tipo de energía fue cayendo en desuso con la difusión de la electricidad y con la amplia disponibilidad y el bajo coste de los motores alimentados con combustibles fósiles.



El viento como fuente de energía



El viento como fuente de energ ía



Diseño de un Parque Eólico

Los aerogeneradores operan como parte de los sistemas de producción y consumo de energía:

- Grandes redes eléctricas
- Sistemas de red aislados

El proceso de integración de la energía eólica en tales sistemas incluye decisiones sobre dónde instalar las turbinas eólicas, la conexión a los sistemas que consumen energía y la operación de la turbina.

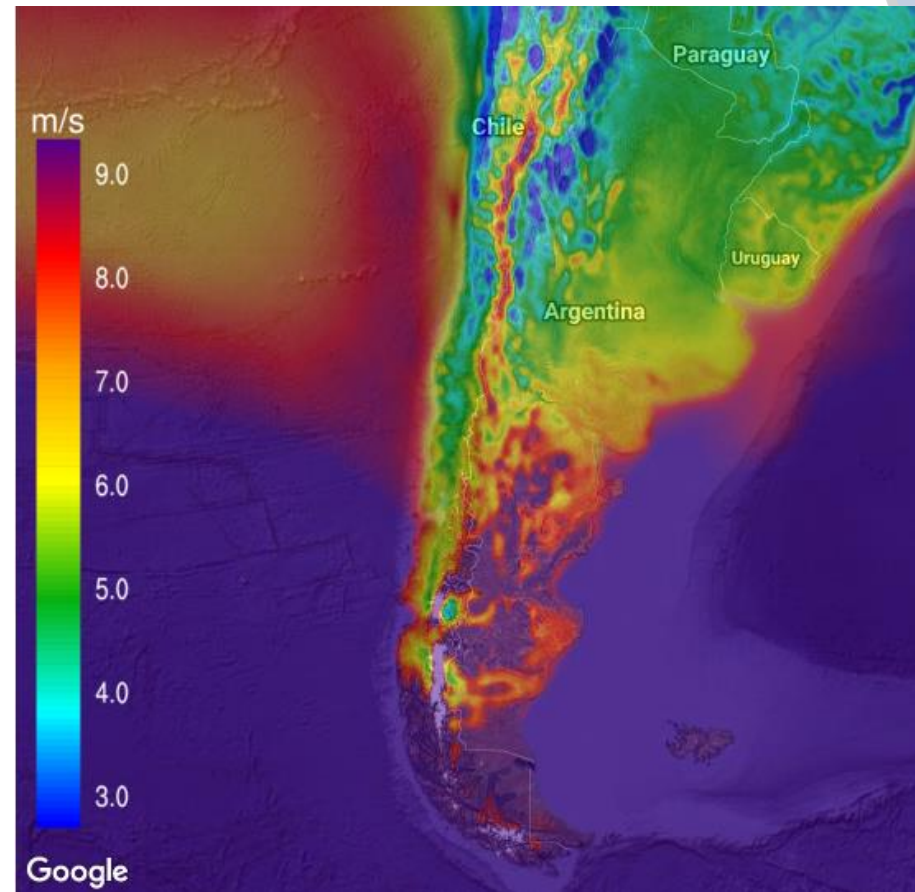
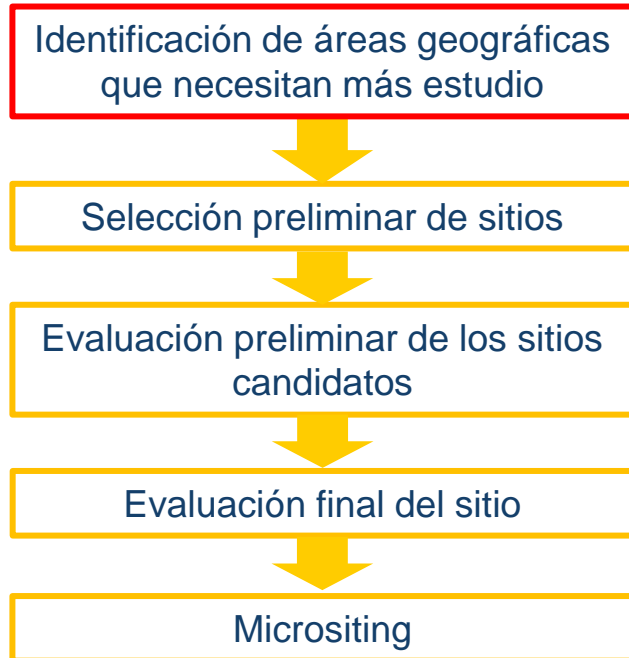


Los errores pueden ser muy costosos. Antes que los aerogeneradores puedan ser instalados y conectados a un sistema eléctrico, se deben definir exactamente las ubicaciones futuras. Una consideración principal es **maximizar la producción de energía**.

Ubicación de los aerogeneradores – Siting

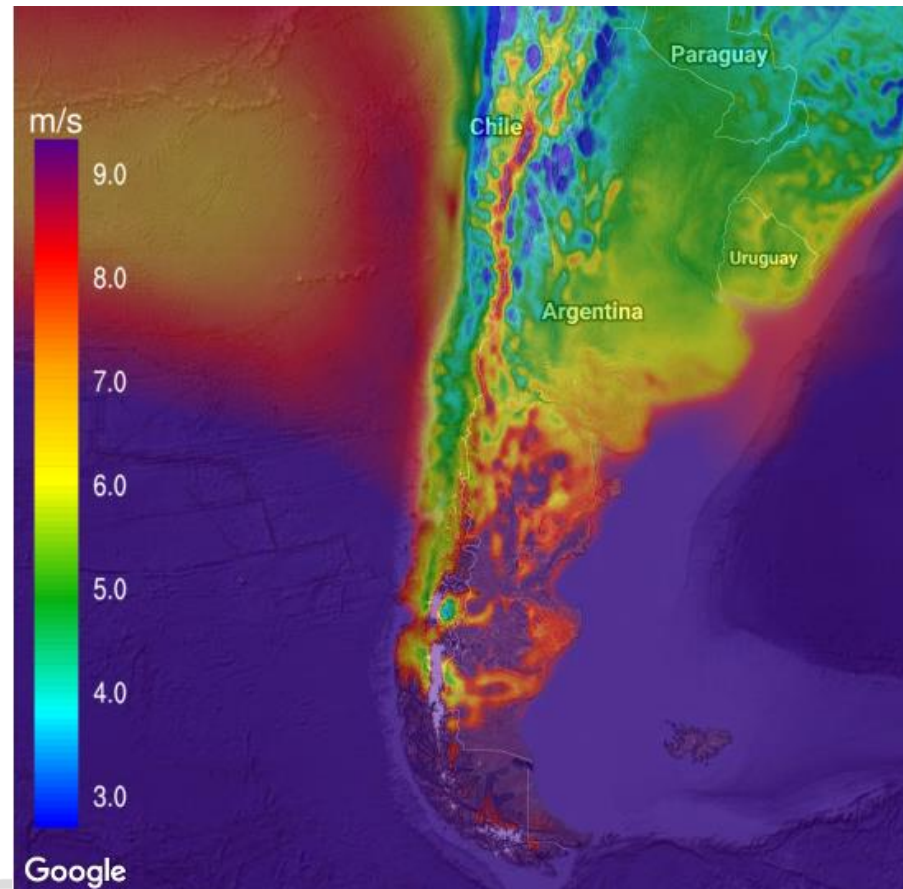
Antes de instalar los equipos, es necesario definir el área más apropiada. El objetivo principal del proceso es ubicar una turbina eólica (o turbinas) de modo que los ingresos netos se maximicen y se minimicen cosas como los Impactos ambientales y el costo total de la energía.





Identificación de áreas geográficas que necesitan más estudio

Se identifican áreas con velocidades de viento medio alto dentro de la región de interés utilizando un atlas de recursos eólicos y cualquier otro dato de viento disponibles. Las características de los tipos de turbinas que se consideran, se utilizan para establecer la velocidad mínima útil del viento para cada tipo.



Se identifican áreas con velocidades de viento medio alto dentro de la región de interés utilizando un atlas de recursos eólicos y cualquier otro dato de viento disponibles. **Las características de los tipos de turbinas que se consideran, se utilizan para establecer la velocidad mínima útil del viento para cada tipo.**

Clases IEC

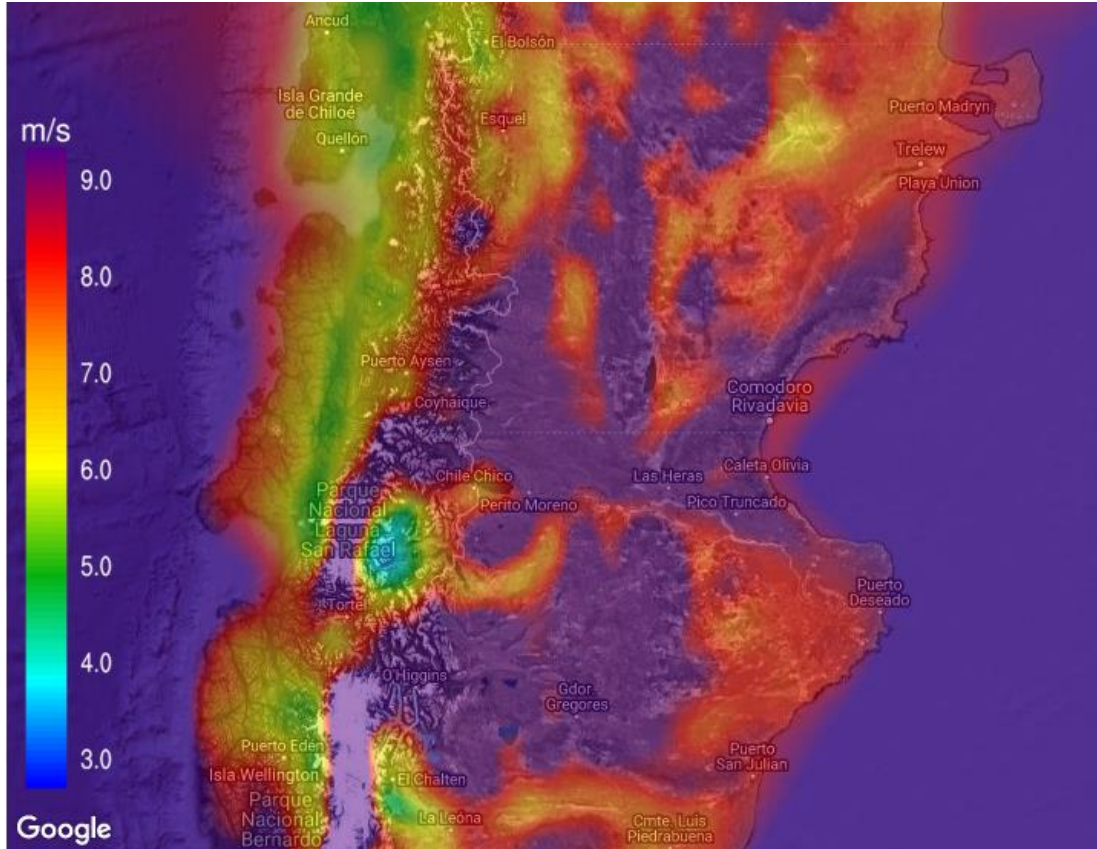
Las condiciones externas condicionan el tipo de aerogenerador a instalar. La Norma IEC 61400-1 define las clases de WTGS en términos de velocidad de viento y turbulencia.

Parámetros de la Velocidad del Viento para Clases de Turbinas de Viento

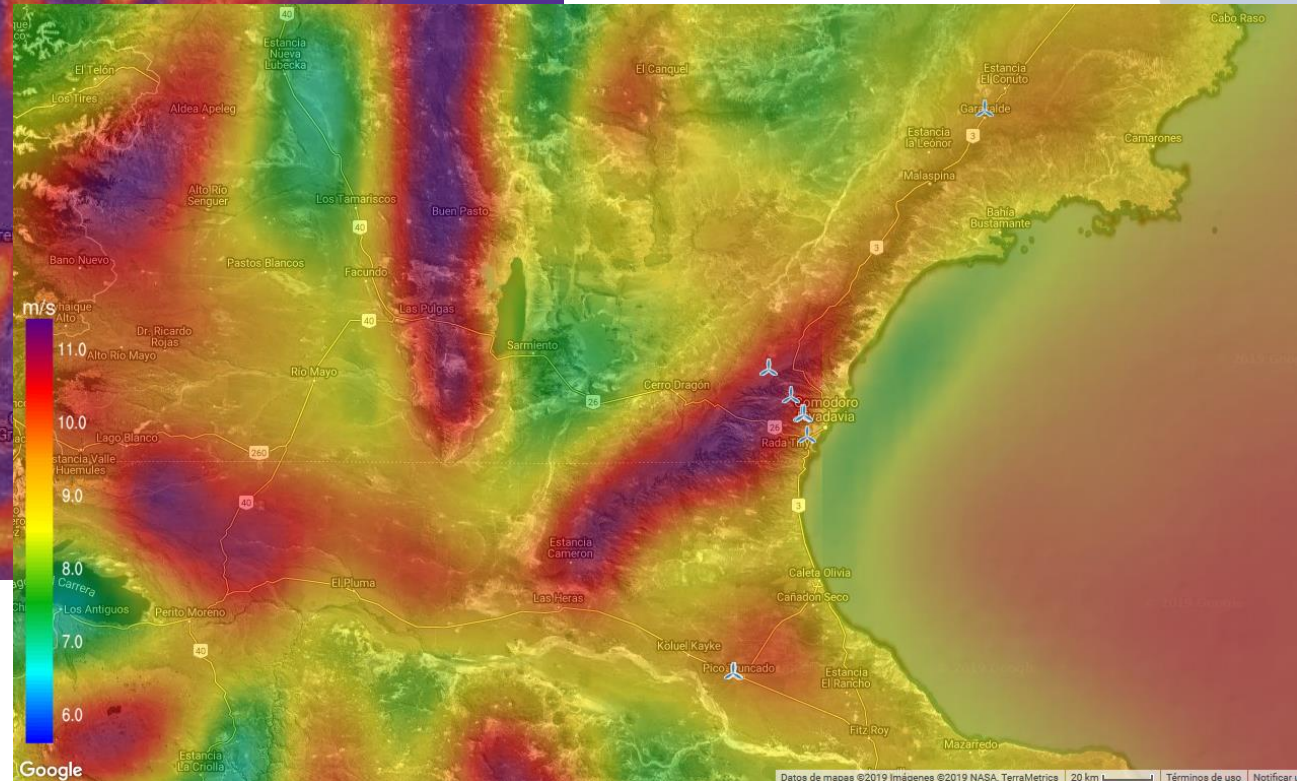
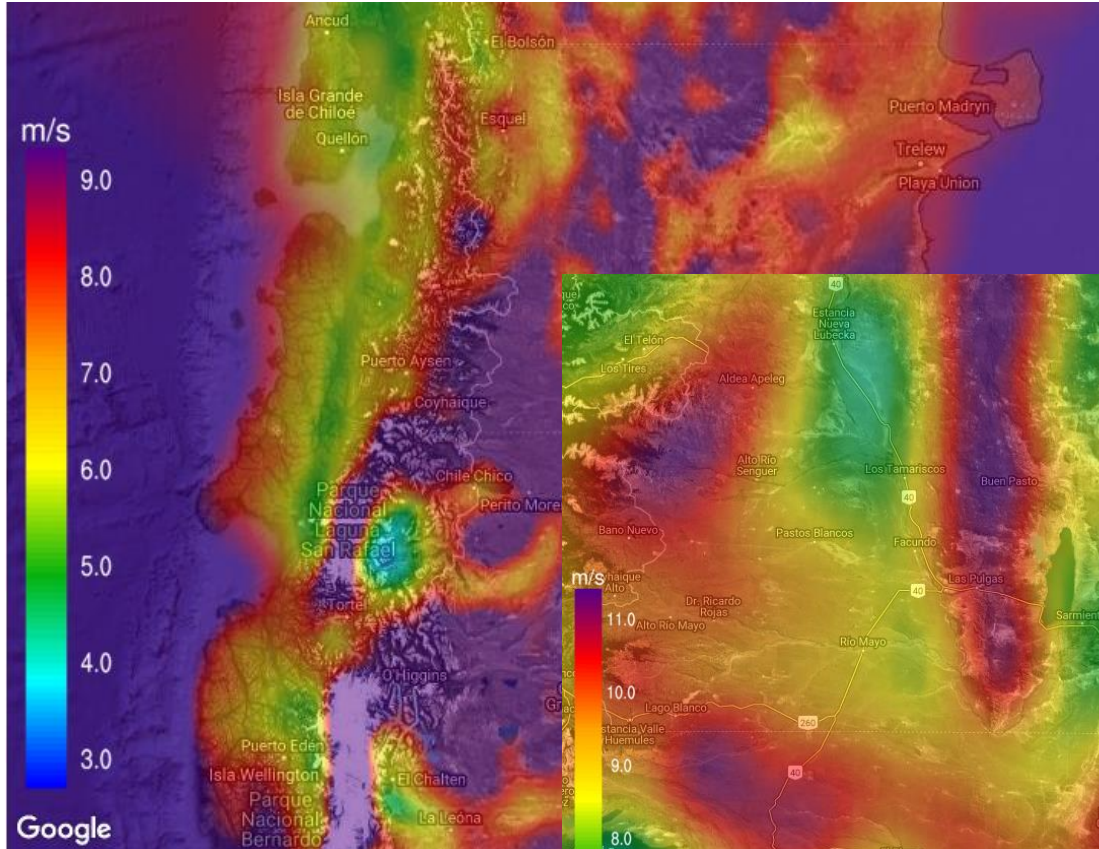
Parámetro		Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase S
Velocidad de referencia, U_{ref} (m/s)		50.00	42.50	37.50	30.0	
Velocidad anual promedio, U_{ave} (m/s)		10.00	8.50	7.50	6.00	Valores a ser especificados por el diseñador
A Alta	Intensidad de turbulencia a 15m/s I_{15}	0.18	0.18	0.18	0.18	
Turbulencia	Parámetro de la pendiente α	2.00	2.00	2.00	2.00	
B Baja	Intensidad de turbulencia a 15m/s I_{15}	0.16	0.16	0.16	0.18	
Turbulencia	Parámetro de la pendiente α	3.00	3.00	3.00	3.00	
50 year return gust speed, $1.4U_{ref}$ (m/s)		70.0	59.5	52.5	42.0	
1 year return gust speed, $1.05U_{ref}$ (m/s)		52.5	44.6	39.4	31.5	

U_{ref} : velocidad del viento promedio extrema de 10 min con un periodo de recurrencia de 50 años

Identificación de áreas geográficas que necesitan más estudio



Identificación de áreas geográficas que necesitan más estudio



Selección preliminar de sitios

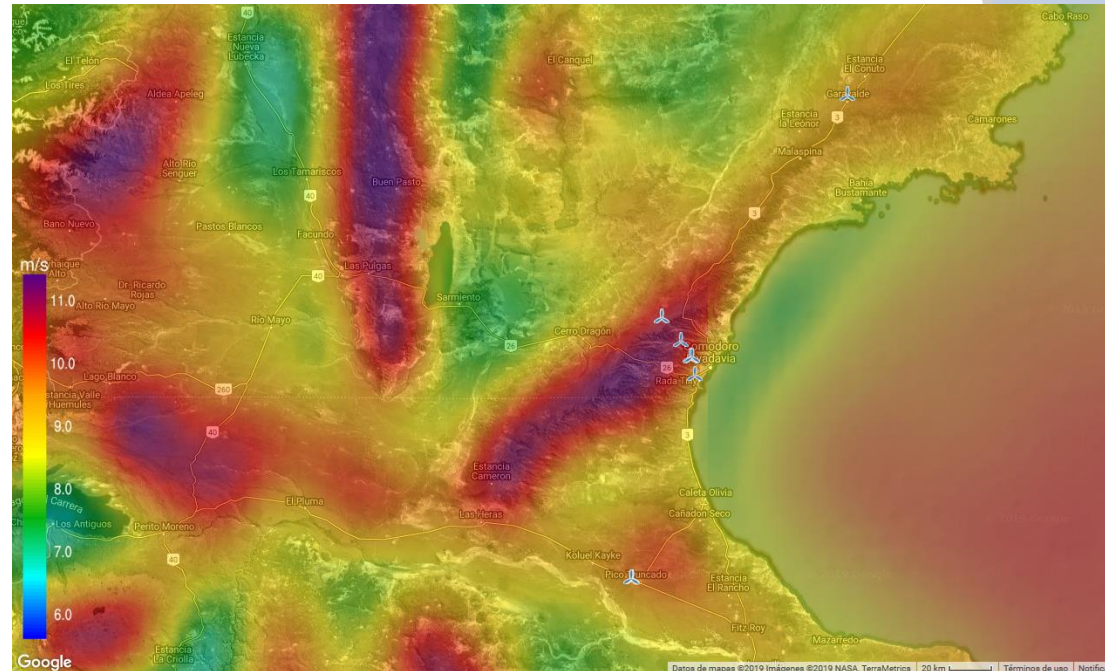
Identificación de áreas geográficas que necesitan más estudio

Selección preliminar de sitios

Evaluación preliminar de los sitios candidatos

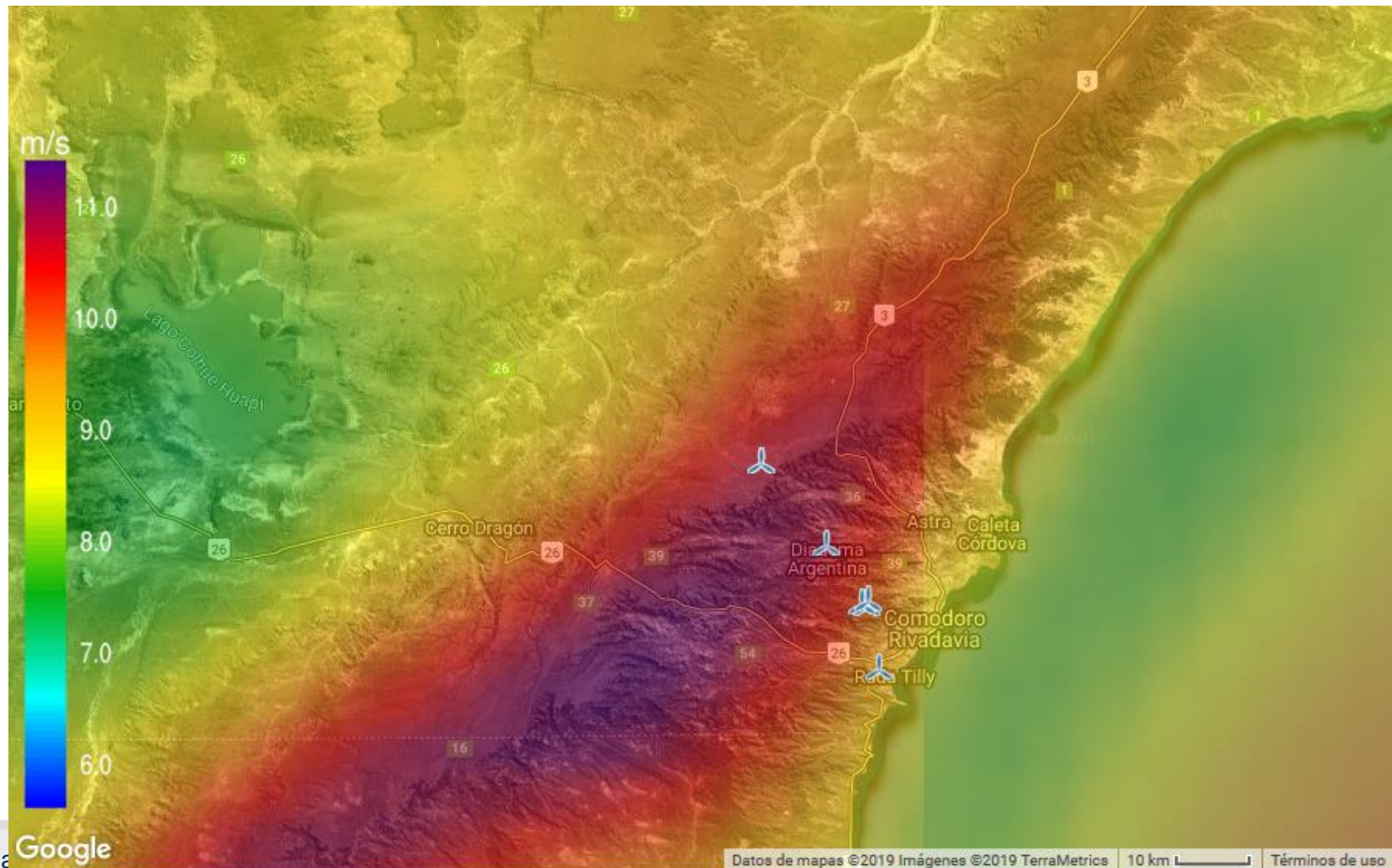
Evaluación final del sitio

Micrositing



Selección preliminar de sitios

Se identifican los sitios con mayor potencial eólico dentro de la región donde la instalación de uno o más equipos parezca ser práctica desde el punto de vista de la ingeniería y aceptación pública. En esta etapa se tienen, consideraciones topográficas, ambientales y se utilizan modelos computacionales para evaluar el recurso eólico.



Evaluación preliminar de los sitios candidatos

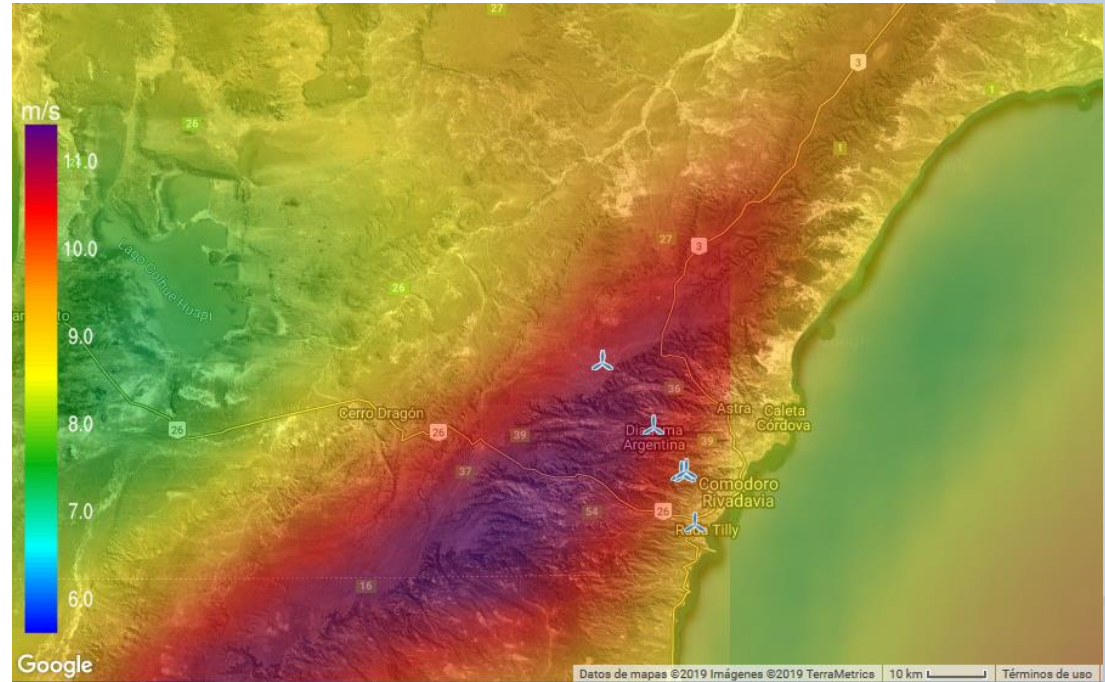
Identificación de áreas geográficas que necesitan más estudio

Selección preliminar de sitios

Evaluación preliminar de los sitios candidatos

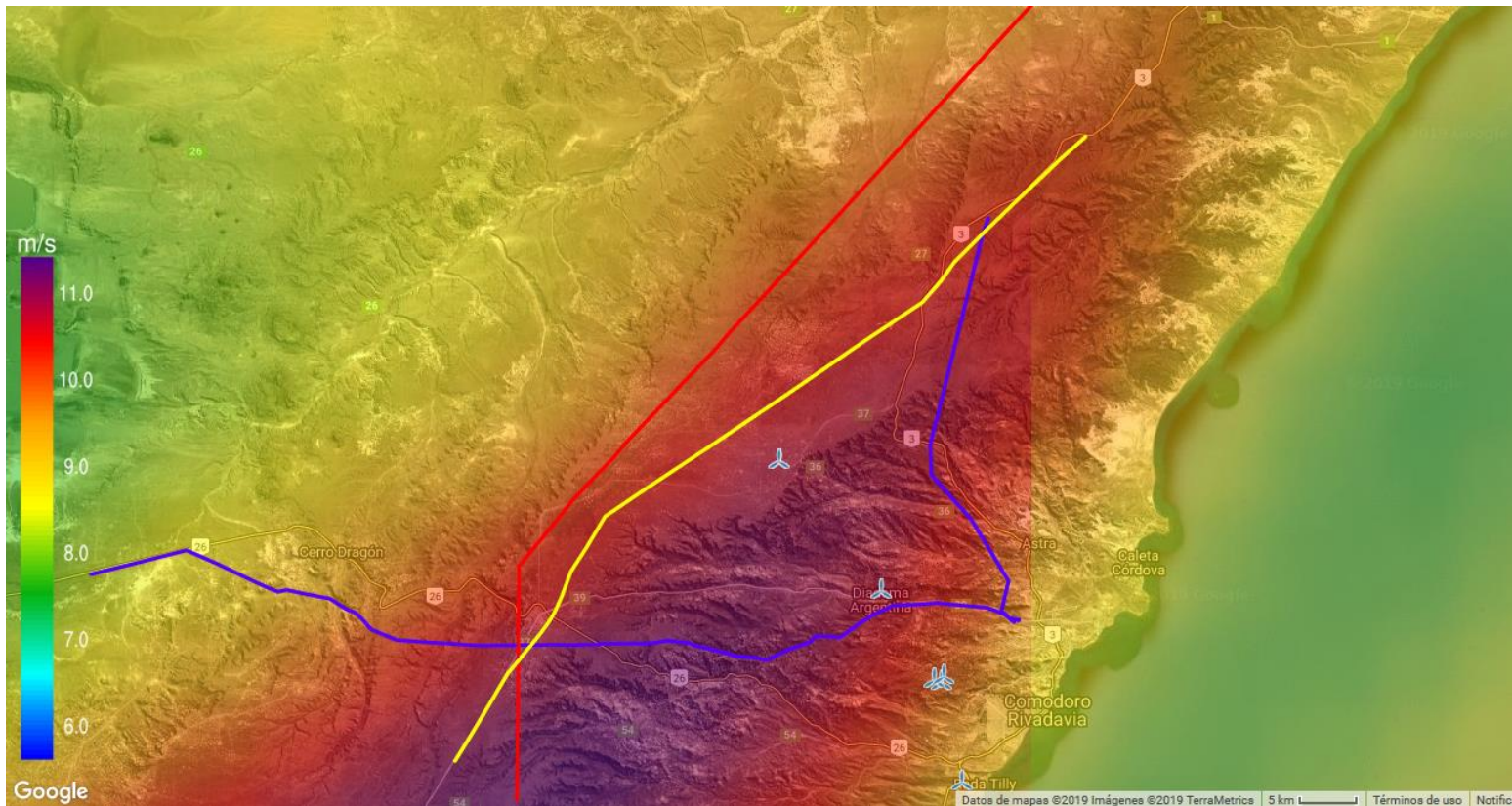
Evaluación final del sitio

Micrositing

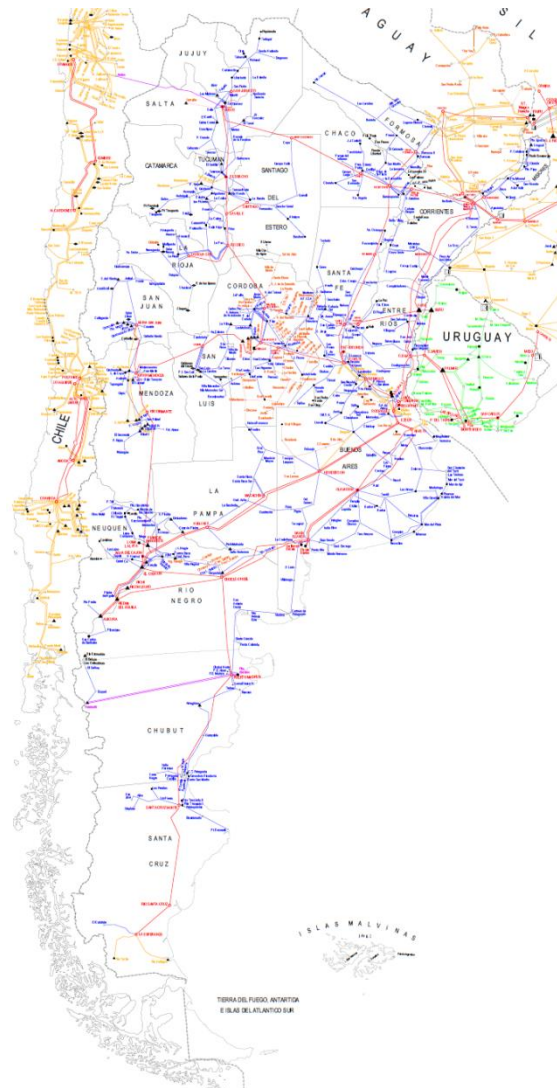


Evaluación preliminar de los sitios candidatos

En esta fase cada sitio potencial identificado en la región en consideración se pondera de acuerdo a su potencial económico, y los sitios con mayor potencial y más viables son analizados desde el punto de vista de Impactos ambientales, aceptación pública, seguridad y problemas operativos que puedan afectar negativamente.



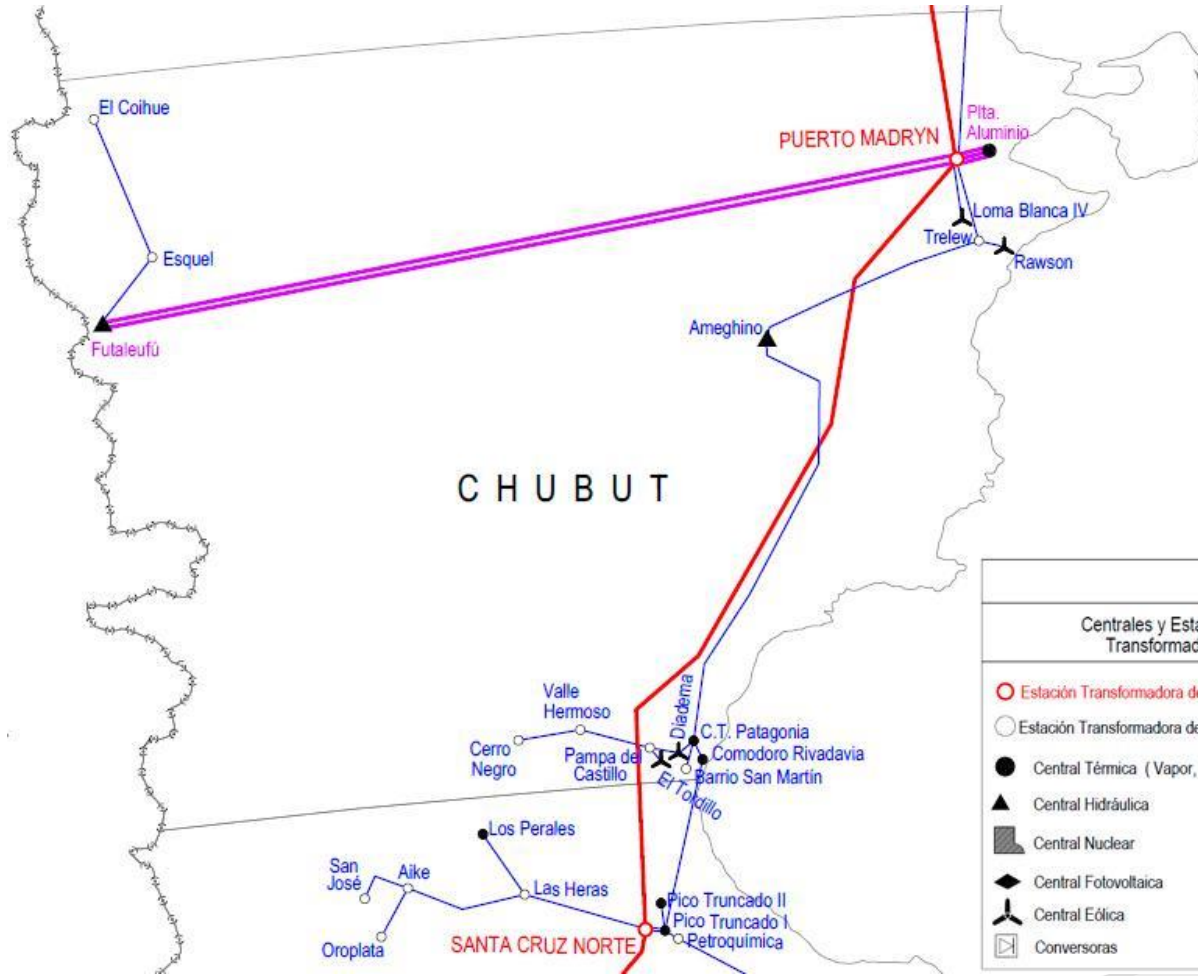
Red Eléctrica



REFERENCIAS

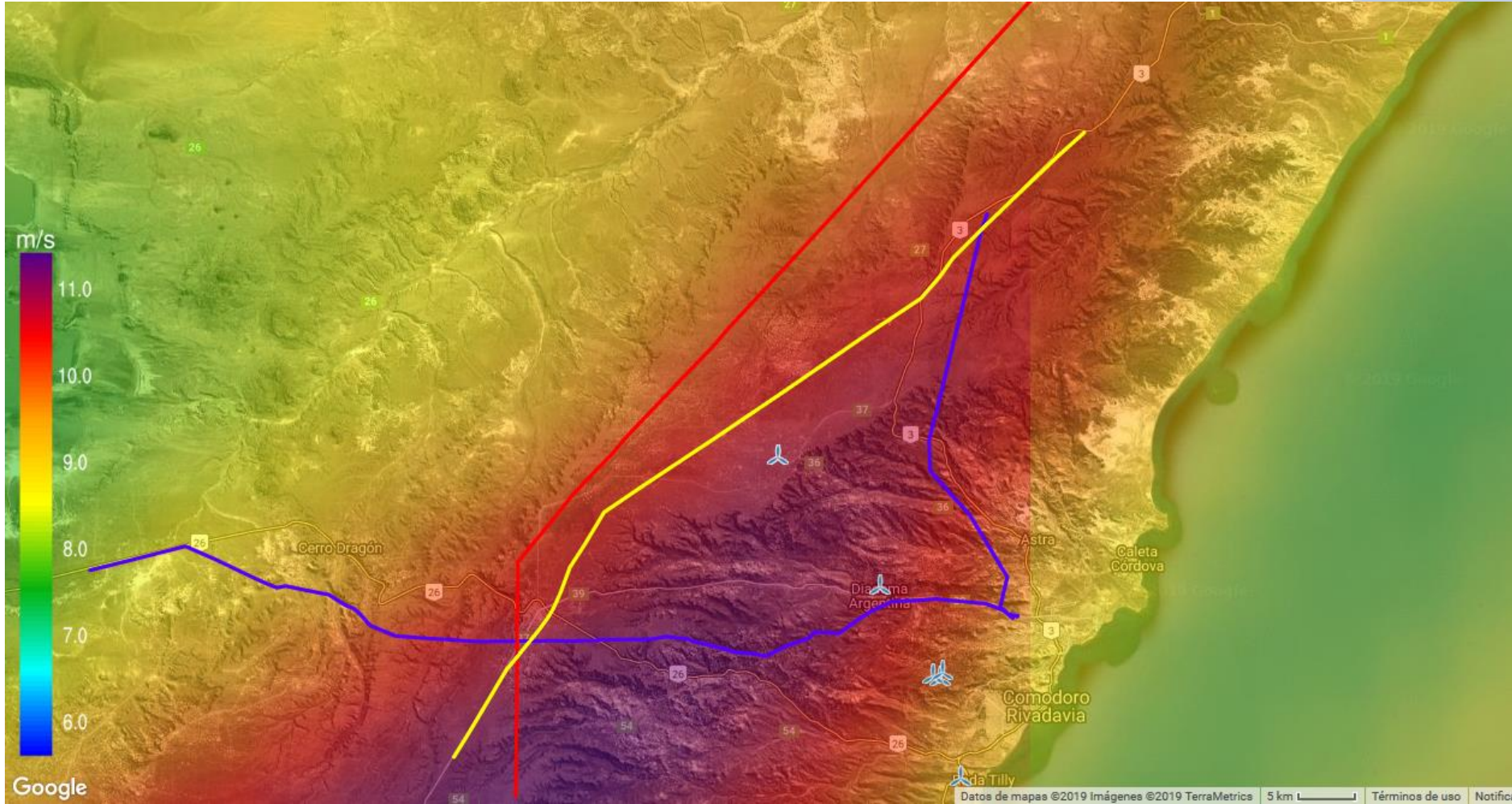
Centrales y Estaciones Transformadoras	Lineas
 Estación Transformadora de 500 kV.	 Líneas de 500 kV
 Estación Transformadora de Tensión menor a 500 kV.	 Líneas de 330 kV ó 345 kV
 Central Térmica (Vapor, TG, Diesel ó Biogas)	 Líneas de 220 kV
 Central Hidráulica	 Líneas de 150 kV
 Central Nuclear	 Líneas de 132 kV
 Central Fotovoltaica	 Líneas de 66 kV
 Central Eólica	 Líneas de 33 kV
 Conversoras	

Red Eléctrica

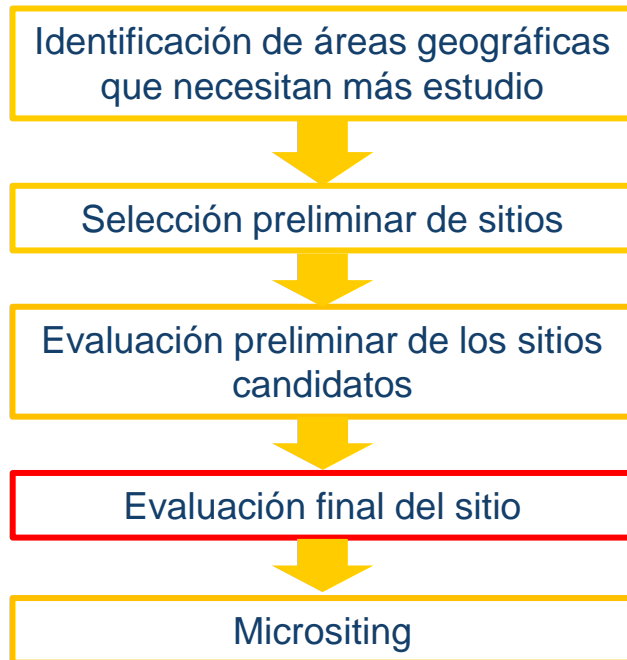


REFERENCIAS	
Centrales y Estaciones Transformadoras	Líneas
○ Estación Transformadora de 500 kV.	— Líneas de 500 kV
○ Estación Transformadora de Tensión menor a 500 kV.	— Líneas de 330 kV ó 345 kV
● Central Térmica (Vapor, TG, Diesel ó Biogas)	— Líneas de 220 kV
▲ Central Hidráulica	— Líneas de 150 kV
■ Central Nuclear	— Líneas de 132 kV
◆ Central Fotovoltaica	— Líneas de 66 kV
⚡ Central Eólica	— Líneas de 33 kV
⊠ Conversoras	

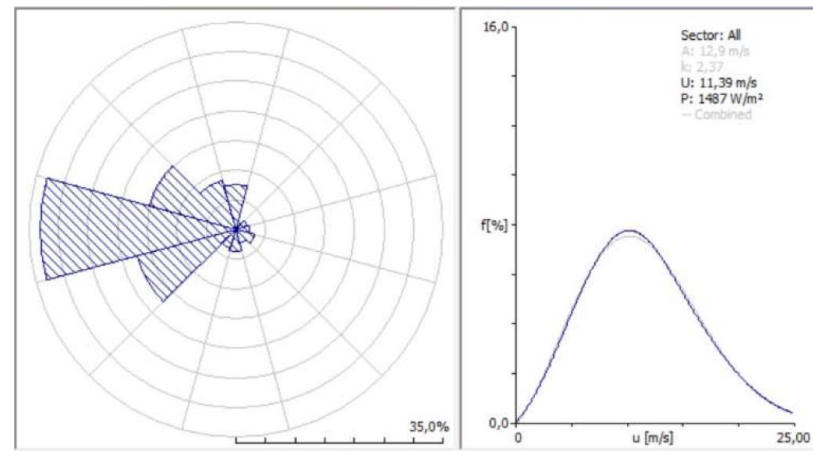
Evaluación preliminar de los sitios candidatos



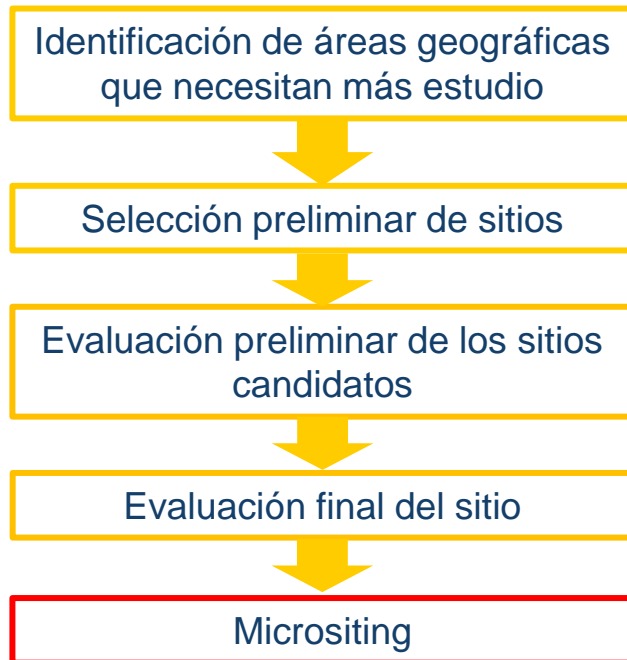
Evaluación final del sitio



Para los sitios seleccionados, es necesario un estudio más completo del recurso eólico. En este punto, los parámetros en estudio deben incluir perfil de vientos (wind shear) y turbulencia además de la velocidad y las direcciones predominantes del viento.



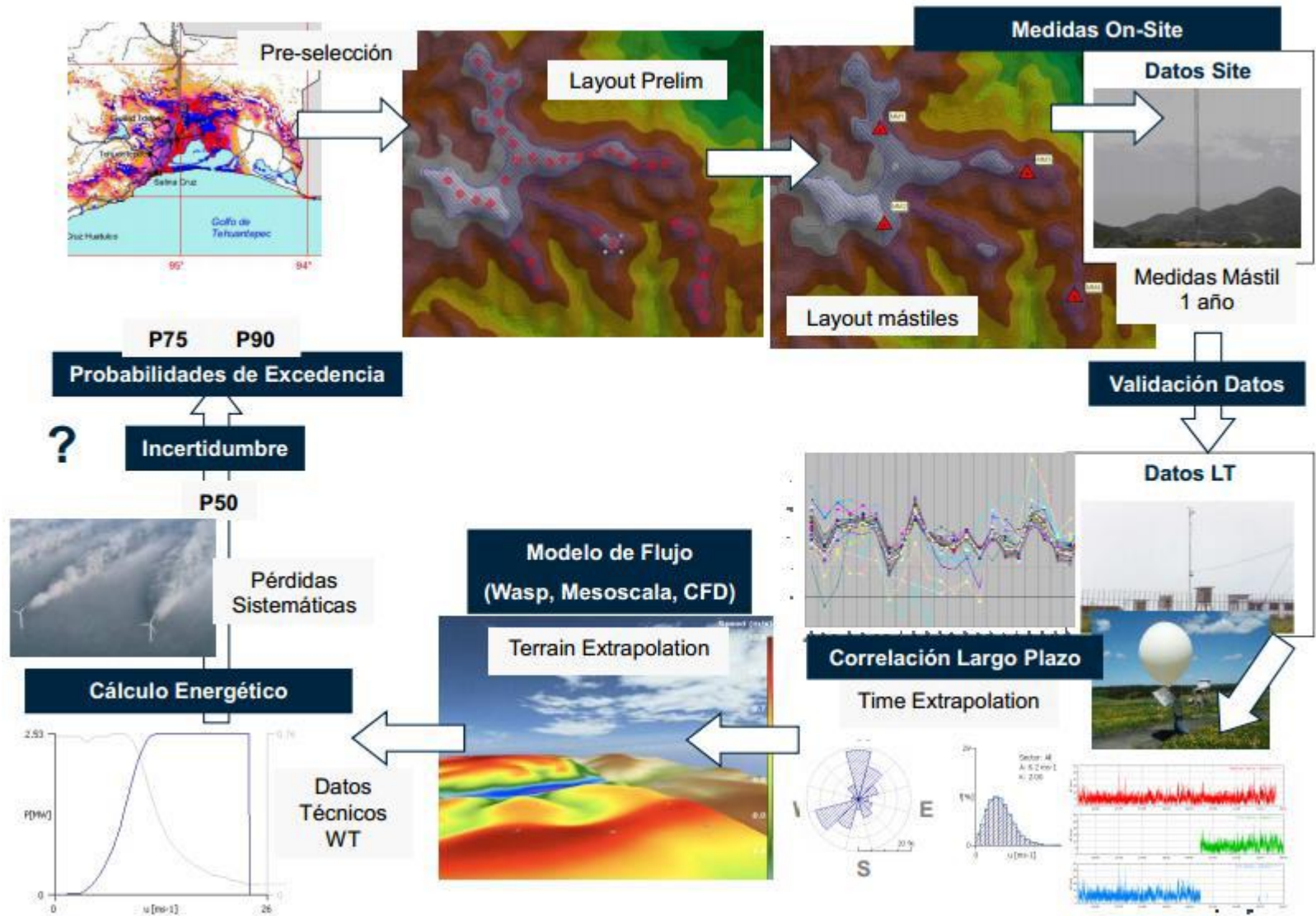
Micrositing



Una vez que se elige un sitio, o posiblemente como parte de la evaluación final del sitio, es necesario determinar la ubicación de las turbinas y su producción de energía. Esto se realiza con programas de computadora que pueden modelar terreno y las diversas interacciones aerodinámicas entre turbinas que afectan la producción de energía.



Etapas de la evaluación energética de un PE



Caracterización del Recurso Eólico

Una estimación del recurso eólico en los sitios potenciales del proyecto es el paso más importante del proceso de ubicación.

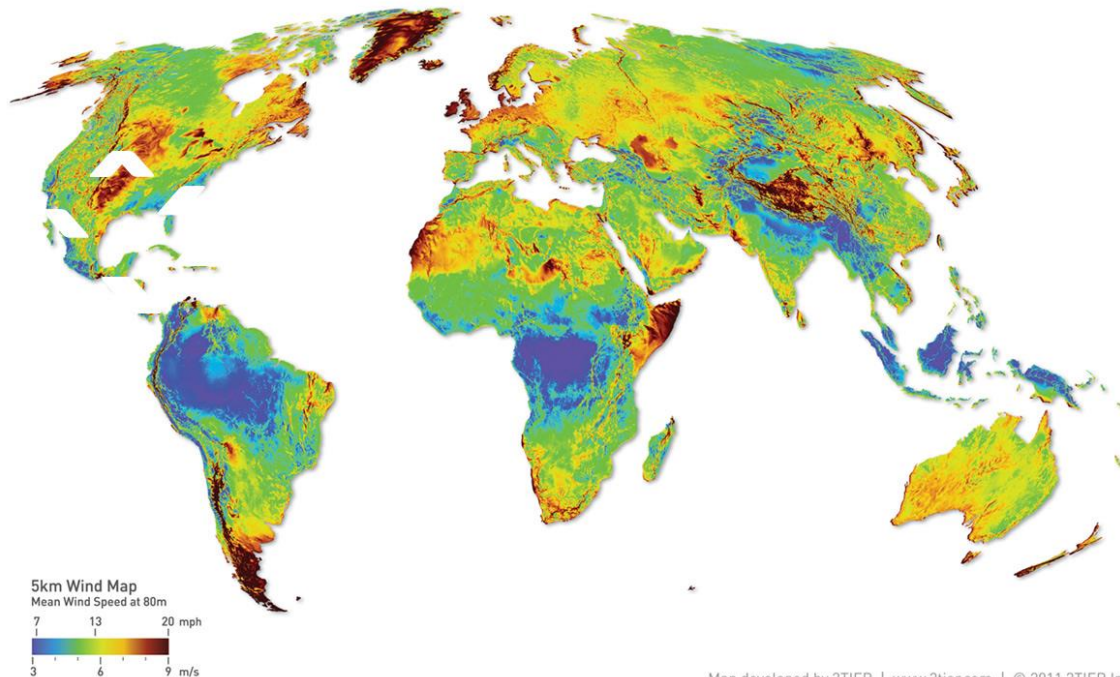
Para el micrositing y la evaluación económica final del proyecto, se desea el mayor detalle posible de la variabilidad del recurso eólico en todo el sitio durante la vida útil del proyecto.

Existen varios enfoques posibles para determinar el recurso eólico en los sitios seleccionados:

- Uso de datos de atlas de viento
- Modelado por computadora
- Modelado del clima a mesoescala
- Métodos estadísticos
- Recolección de datos específicos del sitio a largo plazo

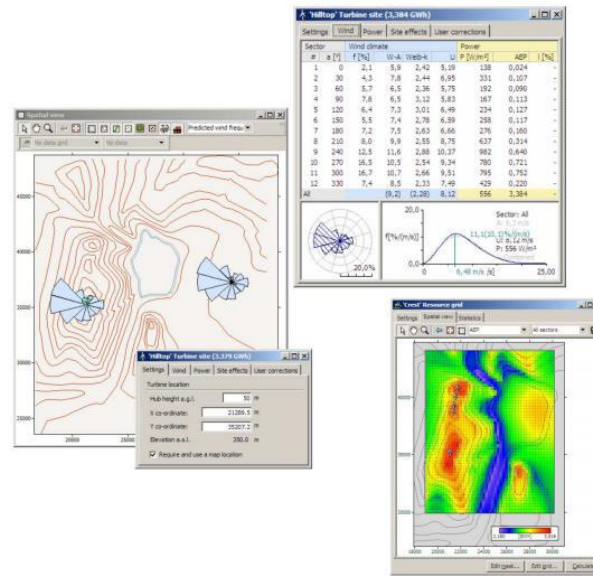
Atlas de Viento

Los atlas se construyen utilizando datos históricos de viento como una entrada a un modelo atmosférico para estimar el recurso eólico cerca del suelo. Los resultados del modelo se ajustan utilizando datos de torres de varios sitios para garantizar que las estimaciones sean lo más precisas posible. Las estimaciones de atlas de viento pueden variar significativamente de las condiciones reales cuando la elevación, la exposición o la rugosidad de la superficie son sustancialmente diferentes de las asumidas en el modelado, como en áreas de terreno complejo.



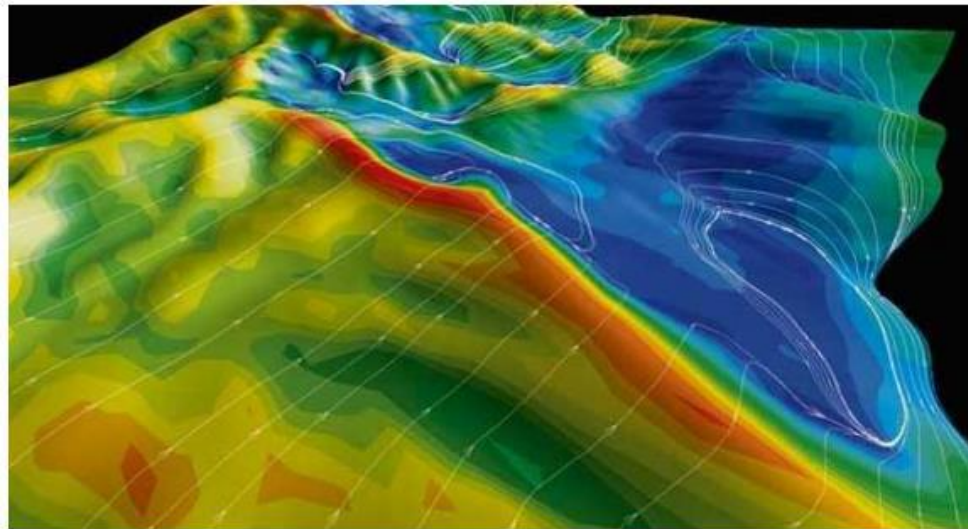
Modelado por computadora basado en datos locales

Los modelos de computadora también se pueden usar para estimar la intensidad del viento local y para optimizar el diseño de la turbina en un parque eólico si se dispone de datos meteorológicos locales. Estos programas utilizan información topográfica y de rugosidad de la superficie junto con datos de viento cercanos. Cuantos más datos cercanos estén disponibles y más suave sea el terreno, más precisas serán estas predicciones. Varios de estos programas están disponibles comercialmente, cada uno con ventajas y desventajas. Los modelos de computadora que usan datos locales proporcionan estimaciones espaciales de las velocidades del viento, pero solo son válidos para el período de tiempo de los conjuntos de datos de entrada.



Modelo meteorológico de mesoescala

Las estimaciones son similares a las generadas para los atlas de viento, pero la resolución puede mejorarse, y los datos locales del desarrollador pueden usarse para eliminar cualquier desvío en los resultados del modelo. Estos modelos utilizan datos atmosféricos históricos de nivel superior que se extrapolan al nivel del suelo para estimar las velocidades del viento a cualquier altura deseada sobre el suelo. Una ventaja de estos métodos es que los datos archivados de nivel superior pueden abarcar numerosas décadas, por lo que los resultados representan estimaciones de las verdaderas velocidades del viento a largo plazo en un sitio.



Modelos de Flujo

Modelos Mesoscala

- Usados normalmente para Atlas Eólicos regionales

Resolución: 1-10km
Actualmente hay modelos de menos de 150m

- No incluyen mediciones in-situ normalmente

- Puede modelizar flujo dependiente variable en el tiempo

- Requiere refinamiento con el modelo microescala

- Están mejorando mucho los modelos y resultados especialmente si hay mediciones adicionales de mástil

WASP

- Standard de la Industria para EYA's bancables

- Rapido y sencillo de usar

- Requiere mediciones in-situ

- Grandes deficiencias para terreno complejo.

Modelos microescala CFD

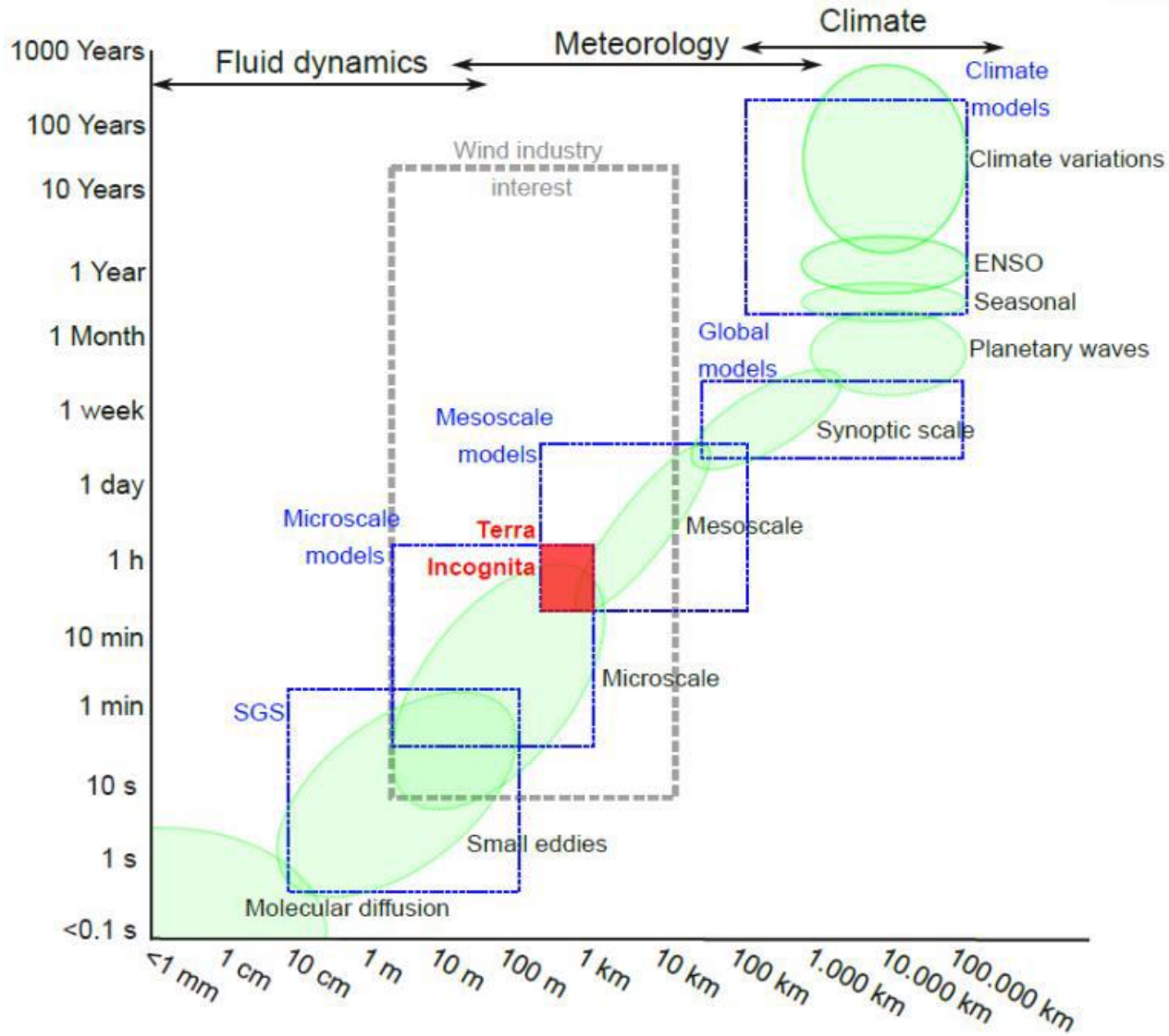
- Necesarios para terreno complejo

- Resolución: ~10m

- Requiere mediciones in-situ

- Estado estable

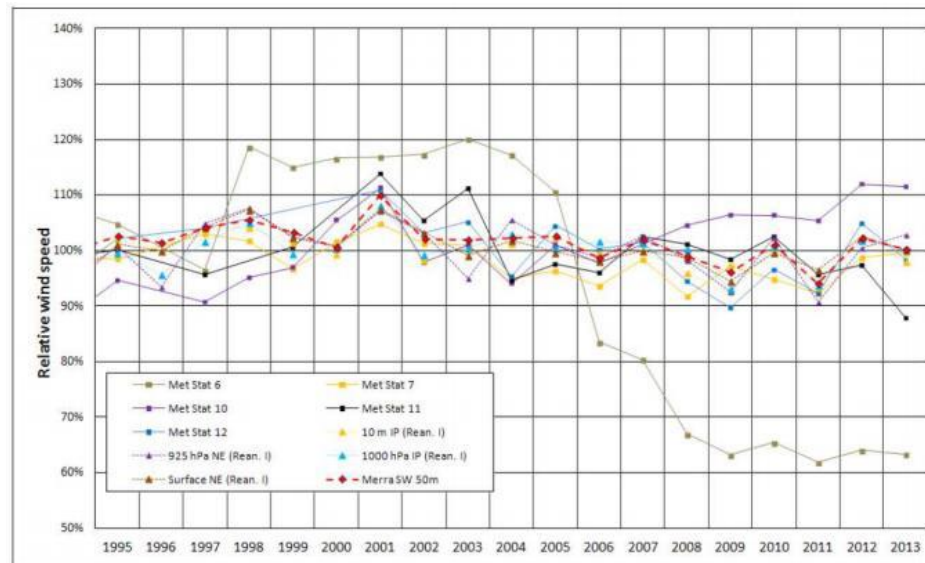
Modelos de Mesoescala (KAMM, WRF, MC2, etc.)



Métodos Estadísticos - MCP

Cuando los datos de un sitio y los datos a largo plazo de un sitio cercano están disponibles, se pueden utilizar métodos estadísticos para estimar directamente las condiciones del viento a largo plazo en el sitio de medición. Estos métodos generalmente se conocen como métodos de Medida-Correlación-Predicción (MCP)

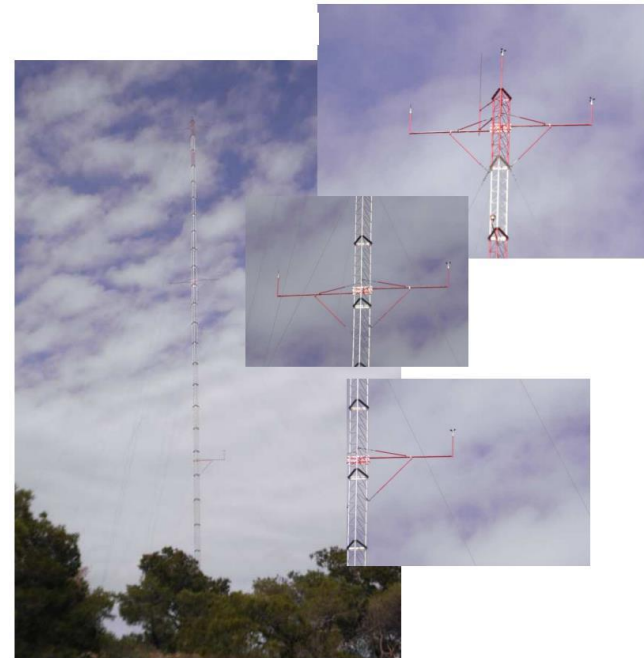
- Estaciones de referencia.
- Datos de reanálisis (típicamente MERRA).
- Datos de los modelos de Meso-Escala comerciales.



Recopilación de datos específicos del sitio

La mejor manera de determinar el recurso eólico a largo plazo en un sitio es midiendo los vientos en las ubicaciones exactas de interés. Estas mediciones deben incluir:

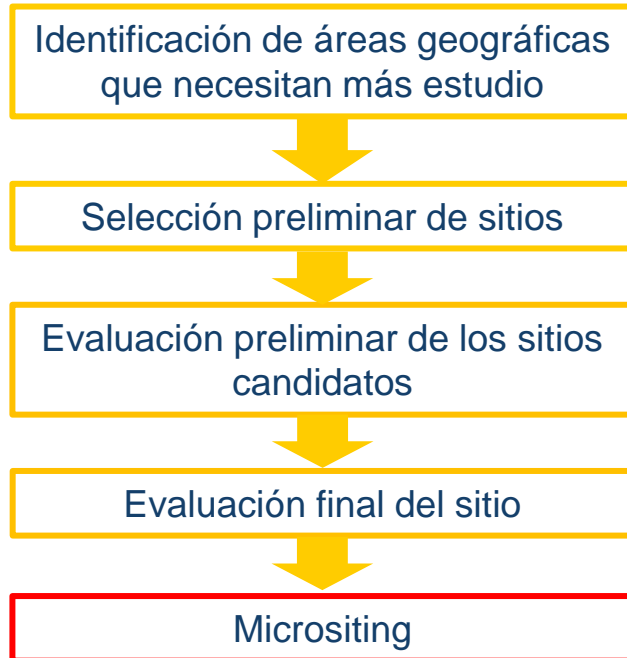
- Velocidad del viento,
- Dirección del viento,
- El perfil de viento (wind shear),
- Intensidad de la turbulencia y
- Temperatura.



Las mediciones a largo plazo específicas del sitio son el enfoque ideal para determinar el recurso eólico, pero son las más costosas y lentas.

- Configuración de mástiles de acuerdo a IEC y MEASNET.

Micrositing

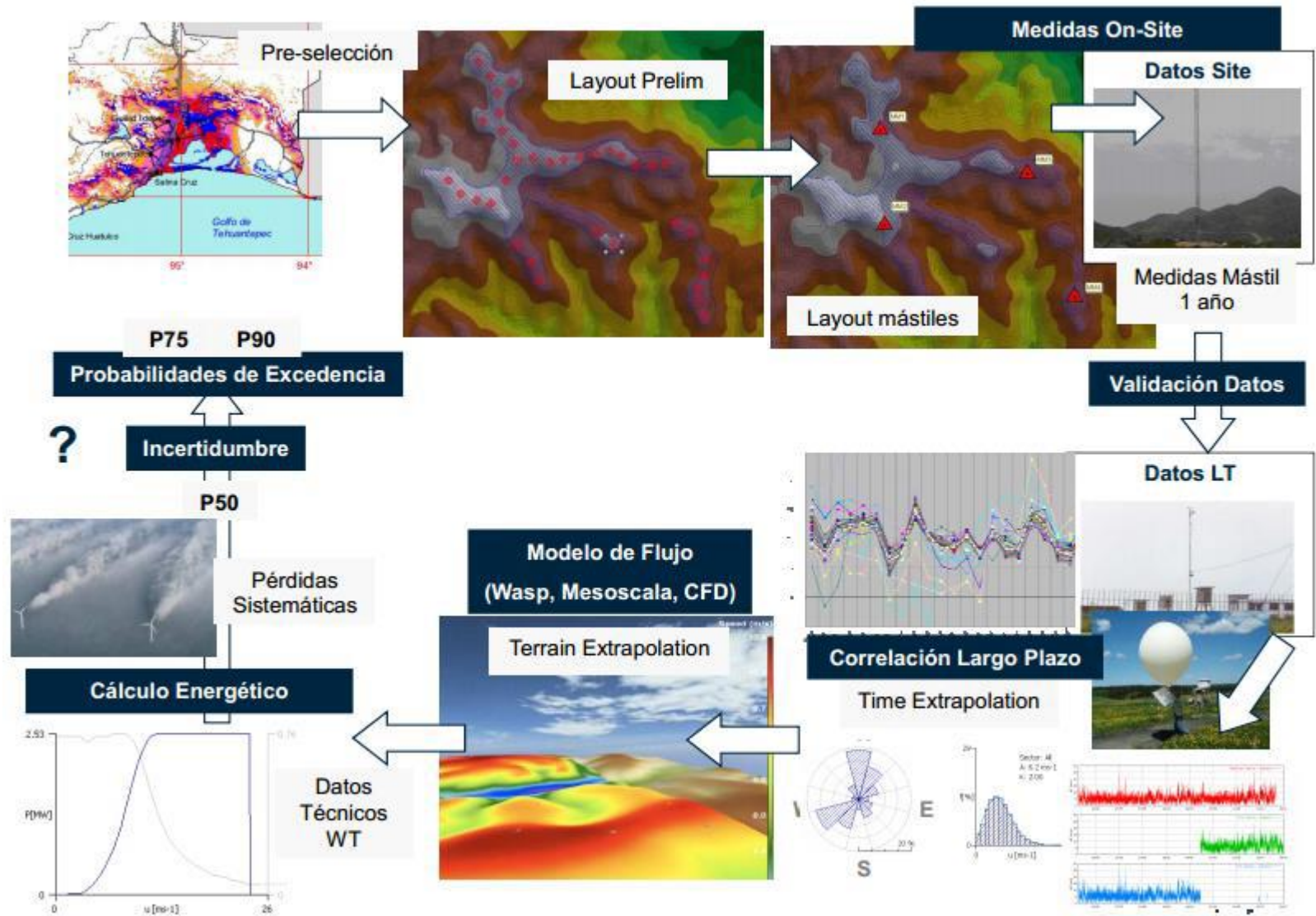


Micrositing es el uso de herramientas de evaluación de recursos para determinar la posición exacta de uno o más aerogeneradores en un área para maximizar los ingresos netos. Existen numerosos programas informáticos disponibles para realizar el micrositing de los equipos.

Los softwares de diseño y análisis de parques eólicos utilizados para el micrositing utilizan:

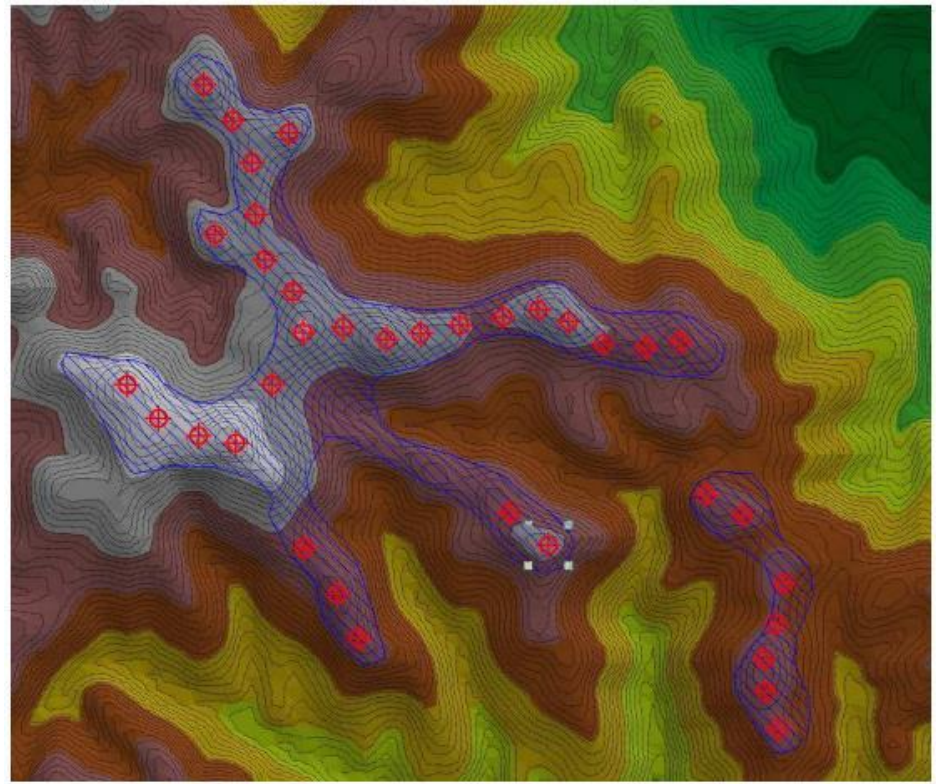
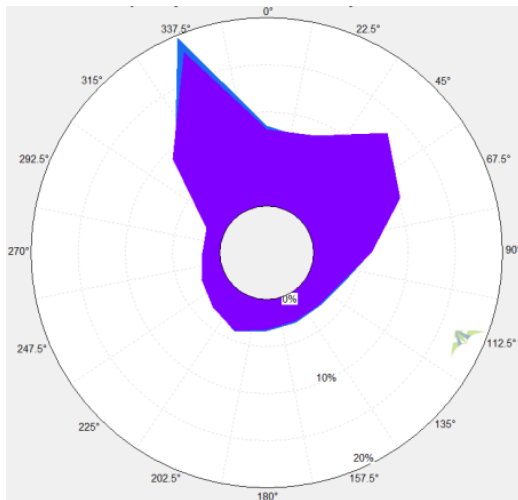
- datos de viento del sitio,
- datos de la turbina e
- información sobre las limitaciones del sitio para determinar un diseño óptimo de los equipos en el sitio.

Etapas de la evaluación energética de un PE



Layout Preliminar

- Regla básica: 3D-5D.
- Evitar las ubicaciones con turbulencia alta.
- Evaluar Rosa de Energía.
- A tener en cuenta:
 - Caminos.
 - Obstáculos, bosques, médanos, etc.
 - Cuerpos de agua.
 - Representatividad del mástil.

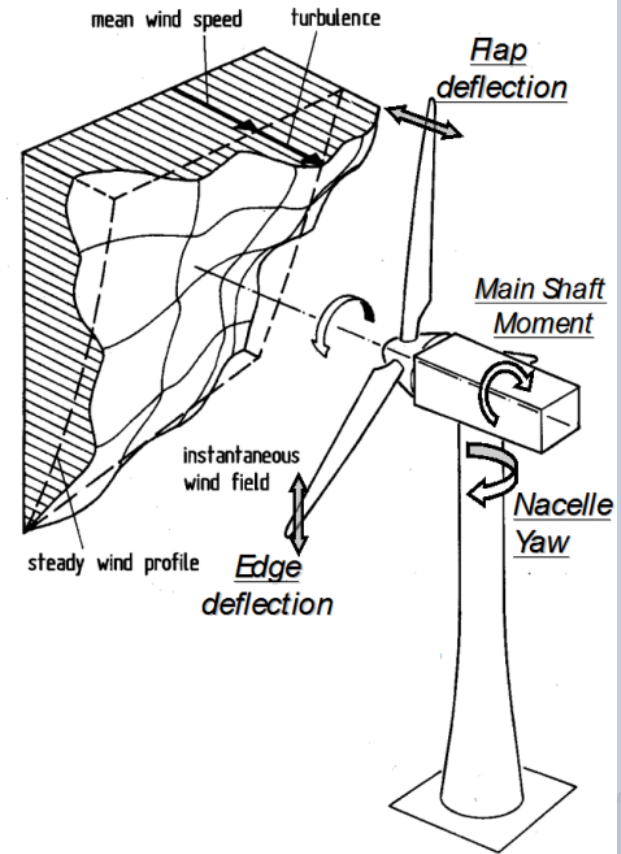


Datos técnicos de la máquina

Curva de potencia

- Cada curva tiene una incertidumbre.
- Cada curva es valida para las condiciones especificas.
- Correcciones:
 - Densidad de aire.
 - Velocidad de cut-out e histéresis.
- IEC 61400-12-1 Ed.2: Concepto de velocidad equivalente del rotor. Ajuste por turbulencia y perfil vertical (shear).

Annex L – Application of remote sensing
 Annex M – Normalization of the power curve for turbulence
 Annex N – Wind vane calibration
 Annex O – Cold climate power performance
 Annex P – Wind shear normalization
 Annex Q – Rotor equivalent wind speed considering wind veer



Trabajo previo/paralelo al desarrollo y permisos

Los primeros pasos en el proceso de desarrollo incluyen asegurar los derechos legales de la tierra (si la tierra aún no es propiedad del propietario del proyecto) y el acceso a las líneas eléctricas, comenzando a alinear los acuerdos de compra de energía (si la energía no se va a utilizar en sitio), y la obtención de permisos. También puede incluir la búsqueda de inversores.

- Creación de una Sociedad Vehículo de Propósito Especifico (SPV),
- Estudio de Impacto ambiental del Proyecto
- Inscripción como agente MEM de la SPV. (PT N°4 de CAMMESA)
- Solicitud de acceso a la Capacidad de Transporte a la transportista correspondiente

Muchas gracias por su atención



5ª JORNADA
DE ELECTRÓNICA
FI – UNPSJB