

## 1. ANÁLISIS DE TURBULENCIA Y CLASIFICACIÓN DE TURBINAS

El botón de “Turbulencia” en la herramienta “Análisis de viento” de WAYREapp permite analizar la turbulencia de un sitio, la cual está relacionada con la rugosidad del terreno y su influencia sobre el recurso eólico [1].

La intensidad de turbulencia es un número adimensional definido por la relación entre desviación estándar de velocidad del viento sobre la velocidad del viento, la cual se expresa en la Ecuación 1 [1]:

$$IT_j = \frac{\sigma_j}{v_j} \quad (1)$$

Donde,  $IT_j$  es la intensidad de turbulencia,  $v_j$  es la velocidad de viento,  $\sigma_j$  es la desviación estándar de la velocidad de viento y  $j$  es la posición de la sucesión de números del AMT.

La normativa internacional IEC 61400-1 [2] toma en cuenta este factor para clasificar las turbinas de tal forma que se consideren las características del emplazamiento y del recurso del sitio de estudio. Esta clasificación se ha realizado en base a la velocidad del viento y la turbulencia del lugar como se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación de turbinas IEC 61400

Clase de Turbina		I	II	III	S
$V_{ave}$	(m/s)	10	8.5	7.5	Valores especificados por el fabricante
$V_{ref}$	(m/s)	50	42.5	37.5	
	Tropical (m/s) $V_{ref,T}$	57	57	57	
A+	$I_{ref}$ (-)	0.18			
A	$I_{ref}$ (-)	0.16			
B	$I_{ref}$ (-)	0.14			
C	$I_{ref}$ (-)	0.12			

$V_{ave}$  es la velocidad promedio anual de viento

$V_{ref}$  es la velocidad promedio de referencia a 10 minutos

$V_{ref,T}$  es la velocidad promedio de referencia a 10 minutos aplicable en zonas expuestas a ciclones tropicales

A+ designa la categoría para características de turbulencia muy alta

A designa la categoría para características de turbulencia alta

B designa la categoría para características de turbulencia media

C designa la categoría para características de turbulencia baja

$I_{ref}$  es el valor de referencia de la intensidad de turbulencia

Según la norma IEC 61400 [2], para la selección de turbinas, se define un modelo de turbulencia normal, donde la desviación estándar para cada clase de turbina se calcula como:

$$\sigma_i = I_{ref}(0.75 V_{hub} + b); b = 5.6 \text{ m/s} \quad (2)$$

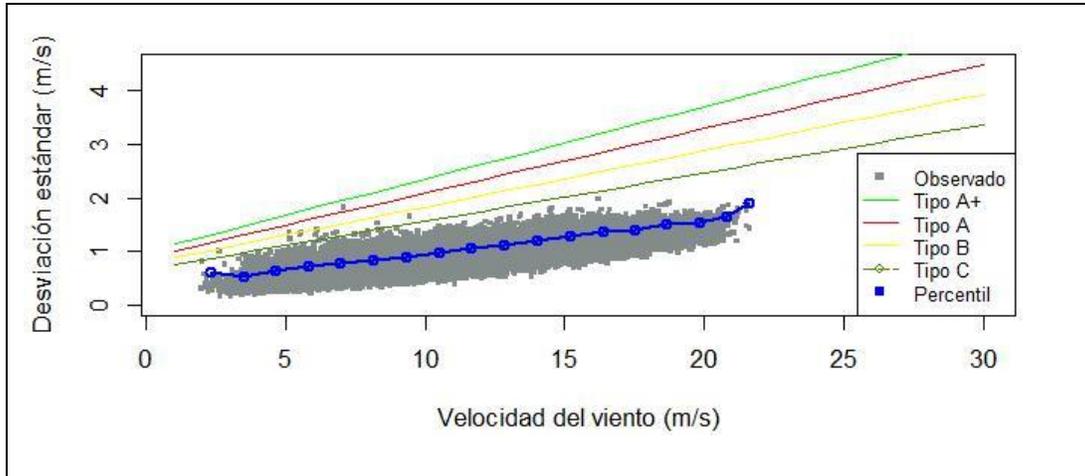
Donde,  $V_{hub}$  es el valor de velocidad a altura de buje.

El valor representativo de la desviación estándar de turbulencia estará dado por el percentil 90 para la velocidad del viento de la serie temporal [2].

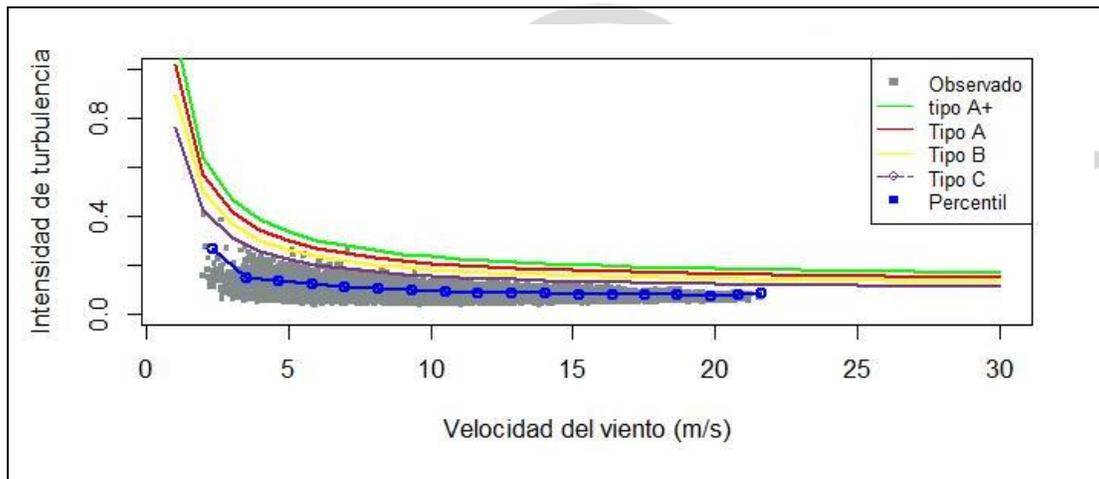
Las turbinas seleccionadas a partir de esta metodología se utilizarán para estimar la proyección de generación de un emplazamiento eólico con su respectivo factor de capacidad.

## 2. RESULTADOS DE TURBULENCIA Y CLASIFICACIÓN DE TURBINAS

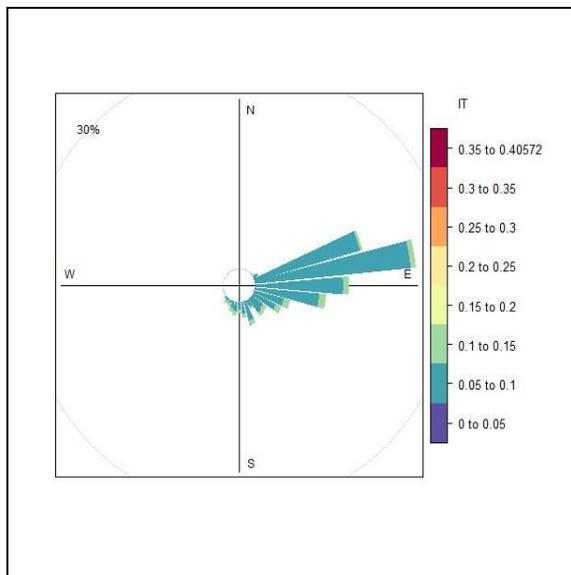
En las Figura 1 y Figura 2 se muestra ejemplos de los resultados del análisis de la desviación estándar y de la intensidad de turbulencia con respecto a la velocidad del viento, bajo la norma IEC61400-1. Un ejemplo de rosa de intensidad de turbulencia se observa en la Figura 3.



**Figura 1.** Desviación estándar vs Velocidad de viento según la norma IEC61400-1.



**Figura 2.** Intensidad de turbulencia vs Velocidad de viento según la norma IEC61400-1.



**Figura 3.** Rosa de intensidad de turbulencia.

### 3. BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Türk and S. Emeis, "The dependence of offshore turbulence intensity on wind speed," *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 98, no. 8–9, pp. 466–471, 2010, doi: 10.1016/j.jweia.2010.02.005.
- [2] International Electrotechnical Commission, "iec-61400-1-2019-pdf-download.pdf." 2019.

 <b>Instituto de Investigación Geológico y Energético</b>	Documento:	Documento Técnico: Metodología de “Análisis de Intensidad de Turbulencia”
	Código No:	DGI-IT-2023-016
	Página No:	5 de 5

## DOCUMENTO TÉCNICO: METODOLOGÍA DE “ANÁLISIS DE INTESIDAD DE TURBULENCIA”

Elaborado por:	Elaborado por:
<b>Ing. Jessica Constante</b> Analista Técnico de Repositorio Institucional 3	<b>Ing. Alejandro Cuesta</b> Analista Técnico de Repositorio Institucional 1

Elaborado por:
<b>Fís. Diego Jijón, MSc.</b> Analista Técnico de Servicios Especializados 3

Revisado por:	Aprobado por:
<b>Ing. Erwin Larreta</b> Director de Gestión de la Información	<b>Ing. Carlos Castillo, Ph.D.</b> Subdirector Técnico

### Instituto de Investigación Geológico y Energético

Dirección: De las Malvas E15-142 y de los Perales - Monteserrín  
 Código postal: 170503 / Quito-Ecuador  
 Teléfono: +593-2 297 6100  
[www.geoenergia.gob.ec](http://www.geoenergia.gob.ec)

