



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

---

**“DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA  
ENERGÉTICA DEL PARQUE EÓLICO DE TALARA”**

---

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO  
EN CIENCIAS MENCIÓN INGENIERÍA ENERGÉTICA**

**Autor:**

**BR. RICARDO ANTONIO CEDRÓN MAGUIÑA**

**Asesor:**

**MS. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES**

**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ  
2021**



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## **CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS**

Yo, AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la tesis de maestría titulada: DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL PARQUE EÓLICO DE TALARA, elaborada por el bachiller RICARDO ANTONIO CEDRÓN MAGUIÑA, para obtener el Grado Académico de Maestro en Ciencias mención Ingeniería Energética en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa

Nuevo Chimbote, Setiembre del 2020

Ms. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES

ASESOR



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

"DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA  
DEL PARQUE EÓLICO DE TALARA"

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
MENCIÓN INGENIERÍA ENERGÉTICA

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

.....  
M.Sc. Hugo Rolando Calderón Torres  
PRESIDENTE

.....  
Ms. Christian Puican Farroñay  
SECRETARIO

.....  
Ms. Amancio Hamiro Rojas Flores  
VOCAL

## DEDICATORIA

A Dios,  
Por la vida que me ha regalado, por todos  
los logros que me ha permitido alcanzar y la  
felicidad que me brinda todos los días.

A mi padre Ernesto Cedrón,  
Por su amor y apoyo constante, por ser mí  
modelo a seguir y guiar mis pasos en el  
buen camino.

A mi madre Lila Maguiña,  
Por su amor e inmensa comprensión, por su  
infinito apoyo en todos mis proyectos de  
vida.

A mis hermanos Daniel y Vania,  
Por ser mis más grandes amigos y  
brindarme todo su cariño y tantos consejos.

Ricardo Antonio Cedrón Maguiña.

## **AGRADECIMIENTO**

Esta tesis, si bien ha requerido de esfuerzo y dedicación por parte del autor, no hubiese sido posible su realización sin la cooperación desinteresada de cada una de las personas que a continuación cito, y a quienes expreso mi mayor gratitud por su valiosos consejos, críticas constructivas y respaldo moral.

Agradecer al Mg. AMANCIO ROJAS FLORES, por su asesoramiento y constante motivación, por sus aportes y amplia experiencia que facilitó la culminación de este informe de tesis de investigación.

Al Dr. SALOME GONZALES CHAVEZ, quien con su conocimiento y experiencia en temas referentes a la energía eólica me brindó su apoyo y aportes para la culminación de este proyecto.

De igual manera, el más sincero agradecimiento a nuestra casa de estudios Universidad Nacional del Santa, y a todos mis profesores del programa de MAESTRIA EN CIENCIAS ENERGETICAS, por haberme brindado sus conocimientos para alcanzar mi meta de ser maestro en ingeniería energética.

# ÍNDICE

	Pág.
Constancia de Asesoramiento de la Tesis.....	i
Conformidad del Jurado Evaluador.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice.....	v
Lista de Gráficos.....	vii
Lista de Cuadros.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
Introducción .....	1
I. Problema de Investigación .....	2
1.1 Planteamiento y Fundamentación del Problema de Investigación .....	2
1.2 Antecedentes de la Investigación.....	2
1.3 Formulación del Problema de Investigación .....	3
1.4 Delimitación del estudio .....	3
1.5 Justificación e importancia de la investigación .....	3
1.6 Objetivos .....	4
1.6.1 General.....	4
1.6.2 Específicos .....	4
II. Fundamento Teórico .....	5
2.1 Marco Teórico.....	5
2.1.1 Parques Eólicos .....	5
2.1.2 Determinación de la Energía Generada en un Parque Eólico .....	6
2.1.3 Potencia de un aerogenerador .....	6
2.1.4 Distribución de Weibull.....	9
2.1.5 Marco Normativo RER.....	12
2.2 Marco Conceptual.....	13
III. Materiales y Métodos .....	15
3.1 Método de Investigación .....	15
3.2 Diseño de la Investigación .....	15
3.3 Población y Muestra .....	15
3.4 Actividades del Proceso Investigativo.....	15
3.5 Técnicas e Instrumentos para la obtención de datos.....	16
3.6 Procedimiento de la recolección de datos.....	16
3.7 Técnicas de Procesamiento y Análisis de los datos.....	16
IV. Resultados y Discusión.....	17

4.1	Diagnóstico del Parque Eólico Talara.....	17
4.2	Eficiencia Energética del Parque Eólico .....	31
4.3	Costos del Parque Eólico .....	34
4.4	Análisis de las Normativas de las subastas RER .....	36
4.5	Discusión .....	39
V.	Conclusiones y Recomendaciones.....	41
5.1	Conclusiones .....	41
5.2	Recomendaciones .....	42
	Referencias Bibliográficas.....	43
	Anexos .....	45

# LISTA DE GRÁFICOS

	Pag.
<b>Figura 1.</b> Modelo de Parque Eólico	5
<b>Figura 2.</b> Curva de Potencia del Aerogenerador Vestas V100 – 1.8	9
<b>Figura 3.</b> Distribución de Weibull	10
<b>Figura 4.</b> Distribución de Weibull (PDF) para diferentes valores de k.	11
<b>Figura 5.</b> Histograma de Velocidad de Viento – C.E.Talara	20
<b>Figura 6.</b> Curva de Duración de Velocidades – C.E.Talara	21
<b>Figura 7.</b> Curva de Distribución de Weibull – C.E.Talara	25
<b>Figura 8.</b> Curva de Caracterización de Potencial Eólico – C.E. Talara	27
<b>Figura 9.</b> Curva de Potencia Real vs De Diseño de la C.E. Talara	29



## LISTA DE CUADROS

	Pag.
<b>Tabla 1:</b> Listado de Normas Relacionadas con la promoción de RER	12
<b>Tabla 2:</b> Velocidad de Viento de la C.E. Talara - Mayo del 2018	17
<b>Tabla 3:</b> Potencia Eléctrica de la C.E. Talara - Mayo del 2018	18
<b>Tabla 4:</b> Cantidades Relativas de Velocidad de Viento – C.E. Talara	19
<b>Tabla 5:</b> Cantidad Absoluta de Velocidad de Viento – C.E. Talara	21
<b>Tabla 6:</b> Distribución de Weibull – C.E. Talara, cuando $k=3$	23
<b>Tabla 7:</b> Distribución de Weibull – C.E. Talara, $k$ ajustado	24
<b>Tabla 8:</b> Caracterización del Potencial Eólico – C.E. Talara	26
<b>Tabla 9:</b> Potencia MW – C.E. Talara	28
<b>Tabla 10:</b> ENERGÍA (MWh) – C.E. Talara	31
<b>Tabla 11:</b> Costo Unitario (US\$/kWh)	33
<b>Tabla 12:</b> VAN y TIR	34
<b>Tabla 13:</b> Riesgo y Rentabilidad Esperada	34
<b>Tabla 14:</b> Requerimiento Total de Energía a Subastar	36
<b>Tabla 15:</b> Precios Ofertados en las Subastas RER.	36

## RESUMEN

El desarrollo de la presente investigación permitió conocer en qué condiciones energéticas y económicas opera el parque eólico de Talara.

Se recopilaron datos de dos años del Informe de Evaluación de la Operación Diaria (IEOD) del portal del Comité de Operación Económico del Sistema (COES), con los cuales pudimos obtener los valores de la velocidad de viento promedio 7.2m/s, la velocidad de viento nominal 8m/s y el promedio de energía anual producida de 252281.18 MWh. El parque eólico de Talara opera con 3852 horas útiles, el factor de carga de la planta es 0.48 y el costo por cada kWh es 1 centavo de dólar, con una tasa interna de retorno del 11%. Además, el parque eólico tiene una eficiencia energética del 38% con respecto a la energía disponible en el viento, pero a diez años de su contrato, tiene un rendimiento óptimo del 100% con respecto a la energía ofertada.

Los resultados permitieron analizar la situación actual de las normativas para las subastas RER, y plantear una propuesta de mejora específicamente en proyectos eólicos.

## **ABSTRACT**

The development of the present research allowed to know in what economic and energy conditions the Talara wind farm operates.

Two-year data were collected from the Daily Operation Evaluation Report (IEOD) from the portal of the System Economic Operation Committee (COES), with which we were able to obtain the values of the average wind speed 7.2 m / s, the nominal wind speed 8 m / s and the average annual energy produced of 252 281.18 MWh. The Talara wind farm operates with 3 852 useful hours, the plant's capacity factor is 0.48 and the cost per kWh is 1 cent, with an internal rate of return of 11%. In addition, the wind farm has an energy efficiency of 38% referred to the energy available in the wind, but ten years after its contract, it has an optimal performance of 100% referred to the energy offered.

The results allowed to analyze the current situation of the regulations for the RER auctions, and to elaborate a proposal for improvement specifically in wind projects.

## Introducción

En el año 2008 fue promulgado el Decreto Legislativo N° 1002, Ley de Promoción de la Inversión en Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables. Esta norma establece la promoción de fuentes RER teniendo como objetivos mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente. El marco normativo para la promoción de las fuentes RER establece un mecanismo de mercado basado en subastas para su adjudicación. A la fecha se han realizado cuatro subastas RER, la primera subasta concluyó en febrero del 2010. En marzo del mismo año se firmó el contrato del parque eólico de Talara.

Algo importante que uno nota en estas subastas es el precio ofertado final que a lo largo de las subastas ha ido disminuyendo considerablemente, en la primera subasta el precio promedio fue de 8 ctv.US\$/kWh, en la segunda subasta, fue de 6.9 ctv.US\$/kWh, y en la cuarta subasta, fue de 3.78 ctv.US\$/kWh. Lo que nos llevó a pensar que además de la normativa conveniente, que hace que el Perú sea actualmente un lugar bueno para la inversión en proyectos RER, la eficiencia energética en estos parques eólicos les permite producir la energía eléctrica a bajos costos. De esta manera, en esta investigación se estimó el costo unitario (US\$/kWh) del parque eólico de Talara y se planteó una propuesta de mejora para las normativas RER.

Para calcular la eficiencia energética en este tipo de investigaciones, es importante conocer los datos de velocidad de viento y potencia generada, los cuales pueden ser recopilados de la misma fuente o de entidades fiables. El reporte de datos de la Central Eólica de Talara fue diario, donde se muestran los datos cada media hora, esto es excelente, pues a mayor cantidad de datos, los resultados serán más óptimos. Esto nos permitió graficar la curva de caracterización del Potencial Eólico. En el cual pudimos verificar los valores nominales de viento y potencia, además, se pudo contrastar la energía anual producida por el parque eólico.

## **I. Problema de Investigación**

### **1.1 Planteamiento y Fundamentación del Problema de Investigación**

En marzo del año 2010 se firmó contrato del parque eólico de Talara con las siguientes características: Precio Ofertado 8.7 ctv.US\$/kWh, una potencia instalada de 30 MW, y que entregaría al SEIN 119.673 GWh/año de energía.

Siendo el parque eólico con el mayor precio ofertado; además, comparándolo con la cuarta subasta se observa un decremento de 56.5% en esta última. En este sentido, para conocer cuan conveniente es invertir en estos proyectos RER, se determinó la eficiencia energética del parque eólico de Talara.

### **1.2 Antecedentes de la Investigación**

Molina, J. (2012) en su trabajo de investigación *ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE UN PARQUE EÓLICO DE 40 MW DE POTENCIA* concluyó que la viabilidad económica a día de hoy pasa por una buena elección de los factores, los que más influyen en la rentabilidad de un proyecto son: velocidad del viento en el buje, los intereses financieros y los precios de compra de la energía eólica.

Bufanio, R., et al. (2012) en su trabajo de investigación *ESTIMACIÓN DE POTENCIA ANUAL GENERADA POR UN GENERADOR EÓLICO* presentaron que para determinar la estimación de la energía que se pueda generar en un determinado sitio se debe estimar las distribuciones de probabilidad de la velocidad de viento, bajo estas condiciones estimar la potencia media anual generada por un aerogenerador en un determinado sitio.

Mosto, P., et al. (2001) en su trabajo de investigación *EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN PARQUE EÓLICO DE 20 MW* presentaron que para evaluar económicamente un parque eólico genérico se debe enfocar en el cálculo del TIR nominal del proyecto y el valor de corte de la inversión en aerogenerador (US\$/kW), que logra una rentabilidad del 12% nominal.

### **1.3 Formulación del Problema de Investigación**

¿Cuánto es la eficiencia energética del parque eólico de Talara?

### **1.4 Delimitación del estudio**

Al ser una investigación de gabinete, no existen grandes limitaciones.

La única limitación es que al no laborar en el parque eólico de Talara, no se pudo obtener los datos de cada uno de los 17 aerogeneradores.

Los datos se obtuvieron del portal virtual del COES (Comité de Operación Económica del Sistema), estos datos son fiables y reales, pero son datos promedio de todo el parque eólico de Talara.

### **1.5 Justificación e importancia de la investigación**

El presente trabajo de investigación permite conocer en qué condiciones energéticas y económicas opera el parque eólico de Talara, además, se podrá analizar la situación actual de las normativas para las subastas RER, específicamente en proyectos eólicos.

Estos conocimientos se podrán utilizar como referencia para lograr la atención de mayor cantidad de inversionistas de proyectos eólicos, y también, para realizar unos cambios en las normativas sobre la competencia de proyectos eólicos, y de esta forma, pueda ser más beneficiosa para el Perú.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 General**

- Determinar y analizar la eficiencia energética del parque eólico de Talara.

### **1.6.2 Específicos**

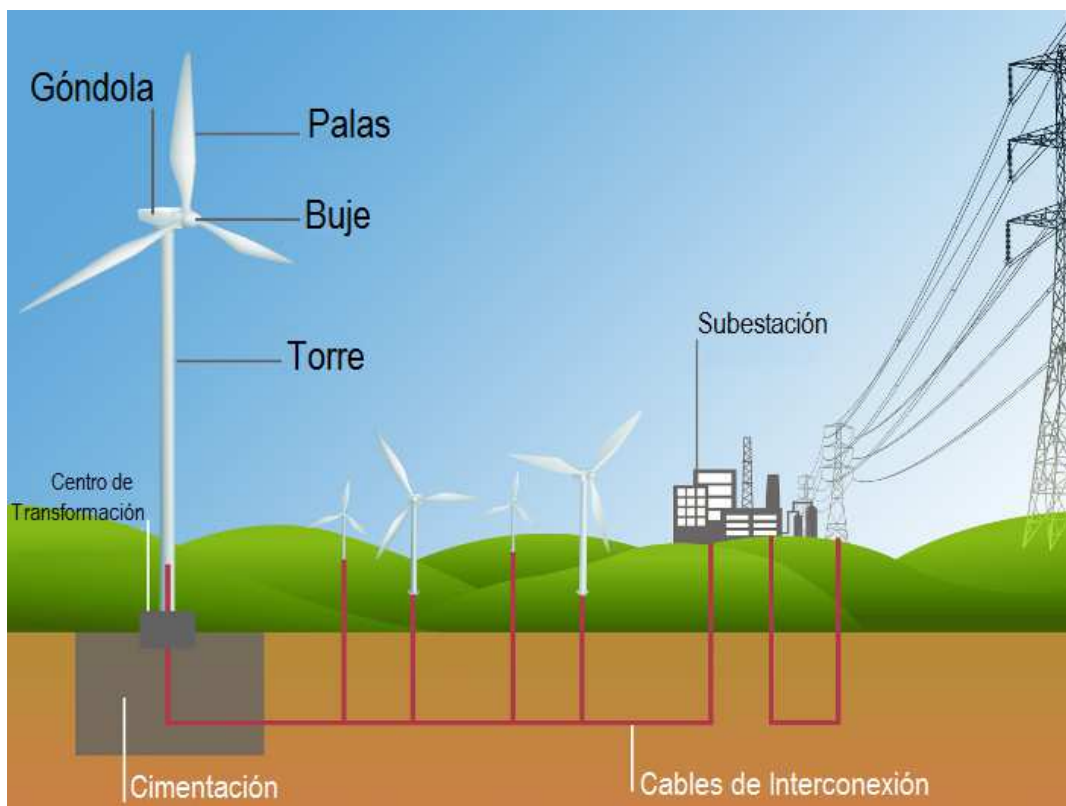
- Recopilar la información del reporte diario post-operación del IEOD en el portal COES.
- Calcular y graficar la curva de caracterización del Potencial Eólico de la central eólica de Talara.
- Calcular la energía anual producida por el parque eólico de Talara.
- Estimar y analizar el costo unitario (US\$/kWh) del parque eólico de Talara.
- Examinar las normativas de las subastas RER y plantear una propuesta de mejora.

## II. Fundamento Teórico

### 2.1 Marco Teórico

#### 2.1.1 Parques Eólicos

El parque eólico es una central eléctrica que reúne un grupo de aerogeneradores que aprovechan las corrientes de aire para producir energía eléctrica que se consigue a partir de la fuerza del viento. El principal problema de los parques eólicos es la incertidumbre respecto a la disponibilidad de viento cuando se necesita. Lo que implica que la energía eólica no puede ser utilizada como fuente de energía única y deba estar respaldada siempre por otras fuentes energéticas con mayor capacidad de regulación (térmicas, nucleares, hidroeléctricas, etc.).



**Figura 1. Modelo de Parque Eólico.**

Fuente: La energía del cambio (s/a) Cómo llega la energía eólica hasta nuestras casas. Extraída el 18 de agosto del 2020 desde: <http://www.laenergiadelcambio.com/energia-eolica-casas-electricidad-generacion/>



### 2.1.2 Determinación de la Energía Generada en un Parque Eólico

González, J. (2009) explica cómo se determina la producción anual de energía eléctrica del parque eólico o de la turbina, que se denominará  $E$ . Para hacer una estimación de esta cantidad en kWh se puede aplicar la ecuación:

$$E = (h * P_T * F) * T \quad (1)$$

Donde  $h$  es el número de horas que tiene el año (8760 horas/años),  $P_T$  es la potencia nominal que tiene la turbina eólica a la velocidad programada,  $F$  es el factor neto de capacidad de las turbinas en el lugar donde se encuentran emplazadas.

Para comprender lo que la variable  $F$  significa se puede decir que si una turbina eólica pudiera funcionar todo el año a su potencia nominal tendría un factor de capacidad igual a 1 (es decir, 100%). Sin embargo, una característica del viento es su variabilidad, por lo que no todo el año se tienen vientos de una velocidad igual o mayor que la que produce la potencia nominal de la turbina, por lo que, en la práctica, el factor de capacidad será bastante menor que la unidad.

En lugares donde las velocidades medias del viento son alrededor de la mitad de la velocidad a partir de la cual se alcanza la potencia nominal de la turbina, el factor de capacidad puede valer 0,25 (25%). En lugares más ventosos  $F$ , puede llegar alcanzar valores entre 0.35 y 0.40. Finalmente,  $T$  es número de turbinas que componen el parque eólico.

### 2.1.3 Potencia de un aerogenerador

La potencia de un aerogenerador es extensamente descrito en la mayoría de los libros, tesis y demás documentos que hacen referencia a la energía eólica aplicada para generar electricidad. Con fines de hacer más sencillo su comprensión, Munguía I. (2009) en un apartado de la web Xataka Ciencia describe a la potencia de un aerogenerador de esta manera: el **viento** es aire en **movimiento**, por lo tanto existe **energía cinética ( $E_c$ )**.

$$E_c = 0,5 \cdot m \cdot v^2 \quad (2)$$

Siendo  $v$  la velocidad del viento (en m/s) y  $m$  la masa de aire (en kg) que atraviesa el aerogenerador. Para determinar  $m$ , calcularemos su volumen y lo multiplicaremos por la densidad. Considerando que las aspas del molino giran y forman un círculo, la masa de aire que cruza el aerogenerador tendrá forma de **cilindro**. La **base** de nuestro cilindro imaginario será el área del molino, que es  $= \frac{1}{4}\pi D^2$ , siendo  $D$  el *diámetro del rotor* (en metros). Por su parte, la **altura** del cilindro será la distancia recorrida por el aire en el tiempo  $t$ , que evidentemente será  $= v \cdot t$ . Como el volumen ( $V$ ) del cilindro es base  $\times$  altura, tenemos que:

$$V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot v \cdot t \quad (3)$$

La **masa de aire** que cruza el aerogenerador es igual al **volumen  $\times$  densidad** del aire. Llamaremos  $\rho$  a la densidad del aire (En el distrito de Nuevo Chimbote su valor es aproximadamente **1,24 kg/m<sup>3</sup>**). La energía cinética del aire que barre el aerogenerador es:

$$E_c = 0,5 \cdot m \cdot v^2 = 0,5 \cdot (V \cdot \rho) \cdot v^2$$

$$E_c = 0,5 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot v \cdot t \cdot \rho\right) \cdot v^2$$

$$E_c = 0,5 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \rho \cdot D^2 \cdot v^3 \cdot t \quad (4)$$

Tenemos en nuestra ecuación un factor incómodo, que es el tiempo  $t$ . Y la Potencia es igual a la energía ( $E_c$ ) dividida por el tiempo.  $P_D$  será la Potencia Disponible del Viento, la que obtendríamos si pudiéramos convertir el 100% en electricidad:

$$P_D = E_c / t = 0,5 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \rho \cdot D^2 \cdot v^3 \quad (5)$$

Pero los sistemas reales nunca son ideales, tienen pérdidas e imperfecciones. De hecho, existe un **máximo teórico**, representado por el **coeficiente de potencia máximo**  $C_{p\max} = 16/27 \approx 59\%$ . Este resultado se conoce como el **Límite de Betz**, que indica que tan solo aproximadamente el 59% de la energía contenida en el viento es aprovechada por la turbina. Esta pérdida se debe a que los aerogeneradores ralentizan el aire que los barre, el Límite de Betz cuantifica el efecto de esta ralentización. Por lo tanto, la **Potencia Máxima Teórica (P<sub>MT</sub>)** será:

$$P_{MT} = C_p \cdot P_D = 0,5 \cdot \frac{1}{4} \cdot C_p \cdot \pi \cdot \rho \cdot D^2 \cdot v^3 \quad (6)$$

Las máquinas reales difícilmente pueden alcanzar los máximos teóricos de **rendimiento**, debido a la eficiencia del sistema mecánico y eléctrico. Es por eso que se aplicara una eficiencia mecánica y eléctrica a nuestro sistema, sobre el máximo teórico establecido por Betz, lo que nos daría la **Potencia Realista (P)**:

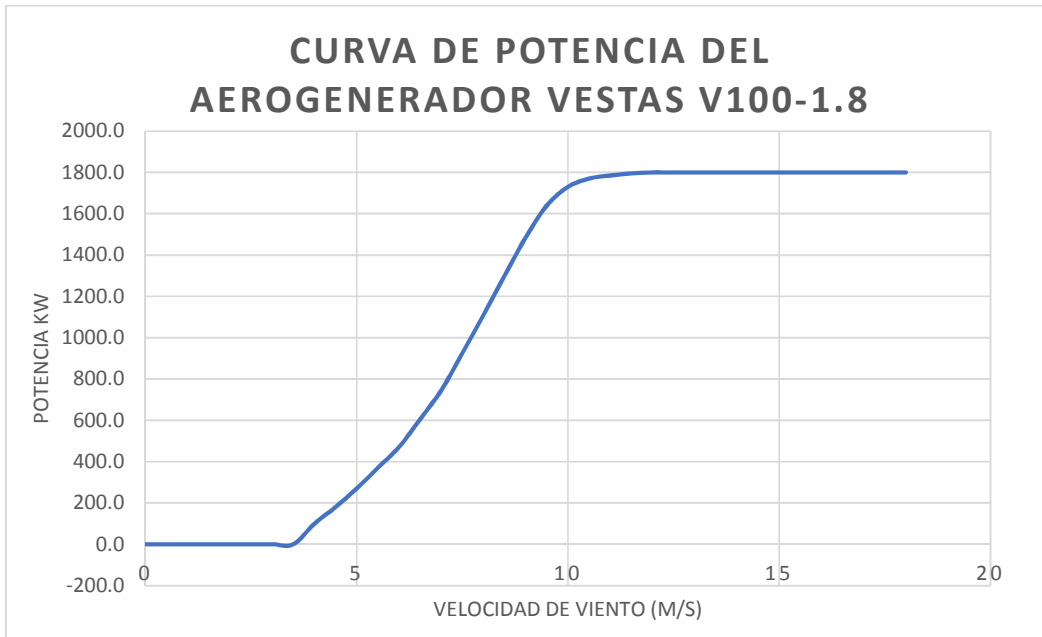
$$P = \eta_m \cdot \eta_e \cdot P_{MT} = 0,5 \cdot \frac{1}{4} \cdot C_p \cdot \eta_m \cdot \eta_e \cdot \pi \cdot \rho \cdot D^2 \cdot v^3 \quad (7)$$

Esta fórmula de potencia es la que se utiliza para hacer los cálculos de diseño de un aerogenerador. Por lo que al final obtenemos:

$$P = \frac{1}{8} \cdot C_p \cdot \eta_m \cdot \eta_e \cdot \pi \cdot \rho \cdot D^2 \cdot v^3 \quad (8)$$

Finalmente, se puede obtener la **Potencia Real (P<sub>R</sub>)** como resultado de medir la Potencia del aerogenerador en operación.

En la figura siguiente se muestra la forma que toma la curva de potencia en un aerogenerador real, con velocidad nominal de viento de 12 m/s y una potencia nominal de 1.8 kW, este gráfico fue elaborado con los datos recopilados desde la página oficial de la empresa VESTAS.

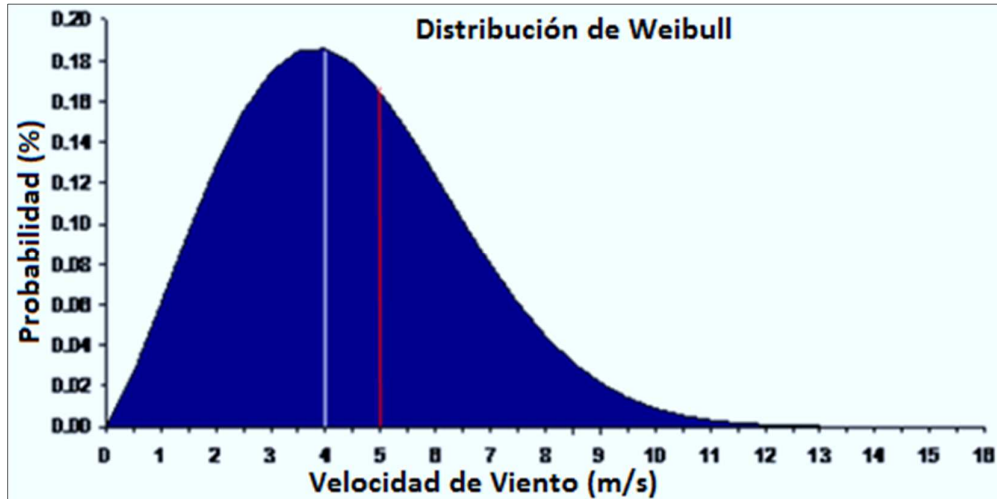


**Figura 2. Curva de Potencia del Aerogenerador Vestas V100 – 1.8**

#### **2.1.4 Distribución de Weibull**

Para la industria eólica es importante describir la variación de las velocidades del viento. Los proyectistas de turbinas necesitan dicha información para optimizar el diseño de sus aerogeneradores y minimizar los costos de generación. Los inversionistas, para estimar sus ingresos por producción de electricidad.

La variación del viento en un emplazamiento típico suele describirse utilizando la llamada Distribución de Weibull. Al medir las velocidades del viento a lo largo de un año, en la mayoría de áreas los fuertes vendavales son raros, pero los vientos frescos y moderados son bastante comunes. (Danish Wind Industry Association) Según Wind Power Resource Assessment, la distribución de Weibull es una función utilizada para predecir la variación del viento en un lugar específico. Describe el comportamiento de la velocidad del viento y permite estimar la producción de energía para un lugar específico. Un ejemplo de esta función luce como la Figura 3:



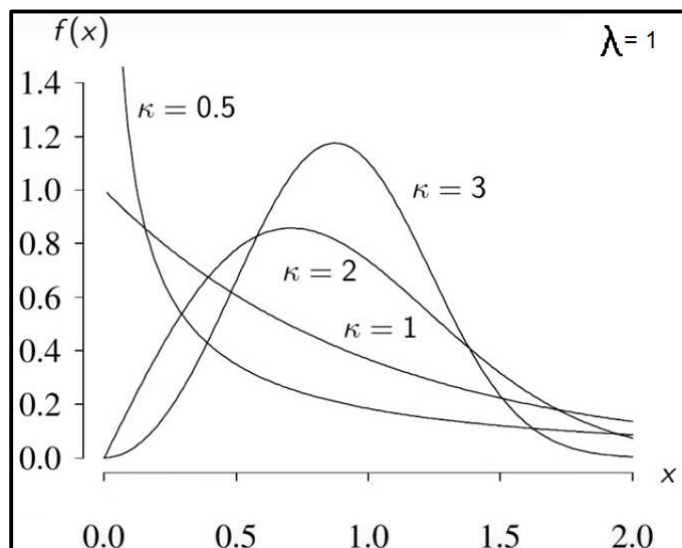
**Figura 3. Distribución de Weibull**

Fuente: Wind Power Resource Assessment (s/a) Análisis de datos: Distribución de Weibull. Extraída el 17 de diciembre del 2016 desde: <http://www.ohio.edu/people/womeldor/wind-ra/distribucion.htm>

La línea blanca representa el valor de velocidad del viento con el mayor porcentaje de probabilidad (4 m/s) y la línea roja representa el valor promedio de la velocidad del viento (5 m/s) para el lugar en específico. Para realizar este análisis de distribución se necesita utilizar la función de Weibull que depende de las cuatro variables  $x$ ,  $k$ ,  $\lambda$  y  $\theta$ .

$$f(x) = (x, k, \lambda, \theta) \quad (9)$$

Donde la  $x$  representa el valor de la velocidad de viento a ser evaluada (0, 0.5, 1, ..., 16 m/s). La variable  $k$  representa el parámetro de forma,  $k > 0$ , en la figura 2 se puede observar diferentes curvas de la función de densidad de probabilidad de Weibull, asumiendo que  $\lambda$  es igual a 1. Cuando  $k = 2$ , es el caso especial denominado distribución de Rayleigh.



**Figura 4. Distribución de Weibull (PDF) para diferentes valores de k.**

Fuente: Lawrence Leemis (2016) Weibull Distribution. Extraída el 28 de diciembre del 2016 desde: [https://www.youtube.com/watch?v=Ygi\\_7yai5WQ](https://www.youtube.com/watch?v=Ygi_7yai5WQ)

La variable  $\lambda$  representa el factor de escala, está en función de la velocidad promedio de viento de la zona a ser evaluada y de la variable  $k$ . Dicha función se expresa de esta manera:

$$\lambda = \frac{V_{prom}}{\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)} \quad (10)$$

**Por último, la variable  $\theta$ , que** determina la función de Weibull, es decir si se utiliza la Función de Densidad de Probabilidad (PDF) o la Función de Distribución Acumulativa (CDF)).

$$CDF: F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} \quad (11)$$

$$PDF: f(x) = \frac{k}{\lambda} \cdot \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} \quad (12)$$

Una vez  $k$  y  $\lambda$  son calculados el análisis de Weibull puede ser realizado; al conocer la densidad de probabilidad de las velocidades del viento entonces la producción de energía puede ser calculada.

## 2.1.5 Marco Normativo RER

Son las normas relacionadas con la promoción de energías renovables. A continuación se presenta la tabla obtenida de Osinergmin con el listado de dichas normas.

**Tabla 1: Listado de Normas Relacionadas con la promoción RER**

ÍTEM	NOMBRE DE LA NORMA
01	<p><b>Decreto Legislativo N° 1002</b> Decreto Legislativo N° 1002, de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables (e. 01/05/2008, p. 02/05/2008)</p>
02	<p><b>Decreto Supremo N° 012-2011-EM</b> Nuevo Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables (e. 22/03/2011, p.23/03/2011)</p>
03	<p><b>Decreto Supremo N° 031-2012-EM</b> Modifican los artículos del Decreto Supremo N° 009-93-EM y del Decreto Supremo N° 012-2011-EM, relativos al marco regulatorio que regula el otorgamiento de las concesiones de generación hidráulica RER</p>
04	<p><b>Decreto Supremo N° 020-2013-EM</b> Aprueban Reglamento para la Promoción de la Inversión en Áreas no Conectadas a Red (e. 22/06/2013, p.27/06/2013).</p>
05	<p><b>Decreto de Urgencia 019-2008</b> Declaran de interés nacional la implementación y aplicación de la tecnología alternativa de calefacción “Sistema pasivo de recolección de energía solar de forma indirecta” denominada “Muro Trombe” (e. 04/06/2008, p.05/06/2008)</p>
06	<p><b>Decreto Supremo N° 056-2009-EM</b> Disponen adecuar competencia de los Gobiernos Regionales para el otorgamiento de concesiones definitivas de generación con recursos energéticos renovables (e. 10/07/2009, p. 11/07/2009)</p>
07	<p><b>Ley N° 26848</b> Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos (e. 23/07/1997, p. 29/07/1997)</p>
08	<p><b>Decreto Supremo N° 019-2010-EM</b> Aprueban nuevo reglamento de la Ley N° 26848, Ley Orgánica de Recursos Geotérmicos. ( e. 07/04/2010, p. 08/04/2010)</p>
09	<p><b>Decreto Supremo N° 024-2013-EM</b> Modifican el Reglamento de la Ley de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables y el Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas. ( e. 05/07/2013, p. 06/07/2013)</p>

Fuente: Osinergmin (s/a) Marco Normativo RER. Extraída el 18 de agosto del 2020 desde: <https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/marco-normativo>

## 2.2 Marco Conceptual

Se presentan los conceptos más importantes dentro del plan de investigación.

En la página virtual de la empresa global Acciona, una líder en el ámbito de las energías renovables, encontramos información acerca de los conceptos de la potencia y eficiencia en energía eólica:

### **Potencia Eléctrica en Aerogenerador:**

Es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada por el aerogenerador en un instante determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio (*watt*).

### **Eficiencia Energética:**

La eficiencia en el ámbito de la energía se refiere a la relación entre los resultados obtenidos (potencia del aerogenerador) y los recursos energéticos utilizados para su obtención (potencia disponible del viento). El cálculo de este valor porcentual tiene como objetivo hacer un uso eficiente de la energía, de esta manera optimizar los procesos productivos y el empleo de la energía utilizando lo mismo o menos para producir más bienes y servicios.

En un artículo elaborado por el ingeniero Velásquez J. sobre los proyectos de parque eólicos en el Perú, elaborado para la empresa Adinelsa, se encontró información para conceptualizar los siguientes términos.

### **Precio Ofertado (US\$ MWh):**

El Precio Ofertado es la cantidad de dinero (US\$) que el estado peruano paga al Parque Eólico por cada MW/h de energía que ingrese al SEIN.



**Costo de Producción (US\$ MWh):**

El Costo de Producción o costo unitario, por otro lado, es la cantidad de dinero que el Parque Eólico utiliza para generar cada MW/h de energía.

En la página virtual de la universidad ESAN, en la sección ConexiónESAN, encontramos un artículo con información que nos ayuda a entender y conceptualizar la siguiente información:

**VAN y TIR:**

Todo proyecto de inversión que una empresa realice, lo hace a fin de generar una rentabilidad. Tanto el VAN como la TIR son dos herramientas financieras muy utilizadas que reflejan los flujos de caja.

**Indicador Estadístico VAN o Valor Actual Neto:** es la diferencia entre el dinero que a una empresa ingresa y el monto que se invierte en un proyecto.

**Indicador Estadístico TIR o Tasa Interna de Retorno:** es la tasa de descuento de un proyecto, es decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá dicho proyecto.

### **III. Materiales y Métodos**

#### **3.1 Método de Investigación**

Descriptiva.

#### **3.2 Diseño de la Investigación**

Se utilizó el diseño Descriptivo simple, (de una casilla):



Dónde:

M - El parque eólico de Talara.

O - Determinación de la eficiencia energética.

#### **3.3 Población y Muestra**

La población y muestra son únicas, puesto que está centrado en los datos recopilados del parque eólico de Talara durante dos años, entre los meses de Mayo del año 2018 y Abril del año 2020.

#### **3.4 Actividades del Proceso Investigativo**

El procedimiento para la caracterización de la velocidad de viento, la potencia, la eficiencia energética y los costos de un parque eólico, fue el siguiente:

- Uso de la herramienta estadística denominada histograma de frecuencia, para contabilizar los datos de velocidad de viento recopilados.
- Cálculo y grafico de la distribución de Weibull para los valores de velocidad de viento del parque eólico de Talara.

- Elaboración de la Caracterización Estadística de potencial eólico del parque.
- Cálculo y contraste de la eficiencia energética del parque eólico.
- Uso de los indicadores financieros Costo Unitario, VAN y TIR para el contraste de viabilidad del parque eólico de Talara.

### **3.5 Técnicas e Instrumentos para la obtención de datos**

El proyecto consideró la utilización de todo material bibliográfico y electrónico para la obtención de los datos de potencia del parque eólico de Talara, así como de técnicas estadísticas donde se recogerán los resultados obtenidos en escalas nominales y de tasa.

### **3.6 Procedimiento de la recolección de datos**

Los datos de velocidad de viento y potencia fueron recopilados del Informe de Evaluación de la Operación Diaria – IEOD, estos datos fueron registrados por una estación meteorológica con una frecuencia de registro de cada media hora, es decir, treinta minutos. El reporte de estos datos fueron diarios, por tal motivo, se elaboró un cuadro resumen por cada mes durante los dos años.

### **3.7 Técnicas de Procesamiento y Análisis de los datos**

Para el procesamiento de la información, se utilizó un computador, así como el empleo del software: Microsoft Excel. En cuanto al análisis de la información, se hará mediante el análisis estadístico.

## IV. Resultados y Discusión

### 4.1 Diagnóstico del Parque Eólico Talara

La central eólica de Talara se encuentra ubicada en el distrito Talara, de la provincia Pariñas, departamento Piura, Perú. (Anexo N°2) A continuación se detallan algunos parámetros del lugar y de la central eólica Talara, obtenidos desde la página virtual de Osinergmin.

**Potencia Nominal Instalada:** 30.86MW

**Latitud:** 4°35'0" latitud Sur

**Longitud:** 81°16'0" longitud Oeste

**Altura del lugar:** 11 m.s.n.m.

**Densidad del Aire:** 1.18 kg/m<sup>3</sup>

**Velocidad Promedio:** 7.7 m/s

**Número de Aerogeneradores:** 17

**Modelo:** VESTAS V-100-1.8MW

**Potencia Nominal c/aerog.:** 1.8MW

**Altura del Aerogenerador:** 80 m

**Velocidad de Arranque:** 4m/s

**Velocidad Nominal:** 12m/s

**Velocidad de Desconexión:** 20m/s

**Diámetro del rotor:** 100m

Como ejemplo de toda la data recopilada, se observa a continuación la variación de la velocidad de viento cada media hora por cada uno de los días, y el promedio de este valor en el mes de mayo del año 2018. De la misma forma, se muestran los datos de potencia del mismo mes y la energía producida. En resumen, en el mes de mayo del 2018 la velocidad media fue de 7.7m/s y la energía producida fue de 12535.8 MWh.

**Tabla 2: Velocidad de Viento de la C.E. Talara - Mayo del 2018**

DATOS DE VELOCIDAD DE VIENTO DE LA CENTRAL EÓLICA DE TALARA EN EL MES DE MAYO DEL 2018																																
HORAS	DÍAS																															VPROM
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
00:30	5	7	9	7	9	6	7	8	8	8	10	7	7	7	8	9	7	0	0	7	8	8	7	7	0	0	8	7	9	9	9	7.7
01:00	6	6	10	7	9	6	6	8	7	9	9	8	7	8	7	9	9	0	0	8	8	9	8	7	0	0	9	7	9	9	9	7.8
01:30	6	6	9	8	9	6	5	10	6	9	9	9	7	7	7	6	9	0	0	9	8	9	9	8	0	0	9	7	10	9	10	7.9
02:00	9	7	9	8	9	7	5	8	5	8	9	9	7	6	8	6	8	0	0	10	8	9	8	9	0	0	8	9	10	9	11	8.1
02:30	9	7	9	7	8	7	6	9	3	8	8	8	6	7	8	8	8	0	0	10	9	9	8	9	0	0	8	8	10	9	10	7.9
03:00	9	7	9	7	7	8	6	10	2	9	10	8	7	6	8	8	8	0	0	8	8	8	9	8	0	0	9	8	10	10	11	8.1
03:30	9	7	9	7	8	8	6	10	2	9	10	8	7	7	7	9	7	0	0	10	8	7	9	10	0	0	9	6	10	9	11	8.2
04:00	9	8	9	7	7	9	6	10	5	10	10	7	8	7	5	10	8	0	0	10	8	6	9	10	0	0	9	6	10	10	11	8.2
04:30	8	8	9	8	7	9	7	10	3	11	10	6	9	7	4	10	8	0	0	9	8	7	8	10	0	0	9	6	10	10	11	8.1
05:00	8	9	9	8	7	10	7	10	4	11	10	7	9	7	2	9	8	0	0	9	7	7	9	9	0	0	8	7	10	10	11	8.1
05:30	8	9	9	8	7	10	7	10	7	11	10	8	8	6	2	9	9	0	0	8	8	7	9	9	0	0	9	5	10	9	10	8.3
06:00	9	9	10	9	8	10	7	10	8	12	10	6	8	7	2	10	8	0	0	9	8	8	9	9	0	0	8	6	10	9	10	8.3
06:30	9	10	9	9	8	9	8	9	8	13	10	6	8	9	3	10	7	0	0	9	7	8	11	8	0	0	8	6	10	9	9	8.5
07:00	10	10	9	9	8	9	10	9	8	12	10	6	8	9	6	10	7	0	0	8	7	8	10	8	0	0	8	7	10	9	9	8.5
07:30	9	8	10	9	9	9	10	7	8	12	9	7	6	9	7	10	7	0	0	7	7	7	10	7	0	0	7	7	11	9	8	8.2
08:00	9	8	9	8	8	9	9	7	8	10	8	7	5	9	7	10	7	0	0	7	7	8	9	8	0	0	6	8	11	9	8	8.0
08:30	9	8	9	7	8	9	9	7	8	10	7	7	4	9	7	10	7	0	0	7	7	8	9	7	0	0	5	7	11	9	7	7.8
09:00	8	8	8	5	9	9	8	7	8	10	8	8	4	8	6	10	7	0	0	7	7	8	10	6	0	0	5	7	12	8	6	7.5
09:30	8	8	8	5	9	8	8	7	8	10	7	7	5	7	6	10	7	0	0	7	8	8	10	7	0	0	5	7	11	7	7	7.5
10:00	6	9	8	6	9	8	8	7	9	9	6	7	3	6	6	10	7	0	0	6	7	8	10	8	0	0	5	7	10	7	7	7.3
10:30	6	9	8	6	9	8	6	7	9	9	6	7	5	5	7	10	7	0	0	6	7	8	10	8	0	0	5	8	9	8	6	7.4
11:00	6	10	7	7	9	7	6	7	10	9	5	6	4	7	7	10	8	0	0	6	7	8	9	8	0	0	5	8	8	8	6	7.3
11:30	6	9	7	8	10	8	4	7	10	8	7	7	4	8	7	9	8	0	0	6	7	8	9	8	0	0	4	8	8	8	5	7.3
12:00	6	9	7	7	9	9	4	7	10	9	7	8	4	8	8	8	8	0	0	8	8	9	9	9	0	0	4	9	9	7	5	7.5
12:30	7	8	7	7	9	8	5	8	10	10	7	8	7	7	8	9	8	0	0	7	7	9	9	9	0	0	5	9	10	7	7	7.8
13:00	6	8	7	7	9	8	5	8	10	10	7	8	7	7	8	9	8	0	0	7	8	9	9	9	0	0	5	9	10	9	8	8.0
13:30	7	10	8	8	10	8	6	8	10	10	6	9	8	7	9	9	8	0	0	8	8	9	9	9	0	0	6	9	11	9	9	8.2
14:00	8	10	8	6	10	10	6	8	10	10	6	8	8	6	10	9	8	0	0	8	9	9	9	9	0	0	6	9	11	9	8	8.4
14:30	8	10	8	8	11	9	6	8	10	10	5	9	8	6	10	9	8	0	0	7	9	9	9	9	0	0	5	9	11	9	8	8.4
15:00	8	10	7	8	11	9	5	7	9	10	5	10	7	7	10	9	9	0	0	8	9	9	10	10	0	0	6	10	11	9	8	8.4
15:30	8	10	7	8	11	9	5	7	9	10	4	9	7	6	9	9	8	0	0	8	8	9	10	9	0	0	5	10	11	8	8	8.3
16:00	8	9	7	9	11	10	5	7	10	11	5	9	7	6	9	9	8	0	0	9	8	8	9	9	0	0	6	10	11	8	8	8.3
16:30	7	9	7	9	11	10	5	8	10	11	5	8	6	6	9	9	8	0	0	9	8	8	9	9	0	0	6	10	10	8	8	8.1
17:00	7	9	6	10	11	10	5	8	10	11	6	8	6	6	9	9	8	0	0	8	6	8	9	9	0	0	5	11	10	8	8	8.1
17:30	7	8	6	9	11	10	5	8	9	11	6	8	6	5	9	9	9	0	0	8	6	7	8	9	0	0	5	11	10	8	8	7.9
18:00	6	6	6	9	11	10	5	8	9	11	6	8	6	5	9	9	9	0	0	8	6	7	7	9	0	0	5	10	10	8	7	7.7
18:30	6	6	6	8	10	9	4	8	7	10	7	7	6	6	9	9	8	0	0	8	7	6	8	9	0	0	5	10	10	8	6	7.4
19:00	5	5	5	8	10	9	5	7	7	10	7	6	6	6	8	9	8	0	0	8	7	6	7	8	0	0	5	10	10	7	7	7.2
19:30	5	6	5	8	8	8	5	7	6	10	7	5	5	6	8	8	8	0	0	8	7	7	7	8	0	0	5	10	10	7	7	7.0
20:00	6	6	6	8	8	8	5	8	8	10	7	5	6	6	8	8	8	0	0	8	7	7	6	8	0	0	5	9	10	7	7	7.2
20:30	6	5	7	7	8	8	6	8	7	10	7	5	5	7	8	8	8	0	0	7	6	8	6	8	0	0	5	9	8	7	7	7.0
21:00	5	5	6	7	8	9	6	9	7	10	7	6	6	6	8	8	8	0	0	7	7	8	6	7	0	0	4	8	8	7	7	6.9
21:30	5	5	6	8	8	8	5	8	8	10	7	6	5	6	9	9	7	0	0	7	7	7	5	6	0	0	6	8	8	7	7	6.9
22:00	4	5	6	8	8	9	6	8	8	10	7	6	5	6	8	8	7	0	0	8	7	7	5	7	0	0	6	9	8	7	7	6.9
22:30	6	5	5	6	8	8	6	8	8	10	8	6	6	6	9	8	8	0	0	8	8	6	5	7	0	0	7	8	8	8	7	7.1
23:00	6	6	5	7	7	8	6	7	8	10	8	7	7	6	8	7	8	0	0	6	8	7	5	8	0	0	6	8	8	8	8	7.1
23:30	7	7	5	7	7	8	6	10	8	10	7	8	8	6	9	8	6	0	0	8	8	7	6	9	0	0	7	8	8	9	8	7.5
00:00	8	7	6	8	7	8	7	9	8	9	6	7	7	7	10	9	7	0	0	8	8	7	6	9	0	0	6	9	8	9	8	7.6
VPROM	7	8	7	8	9	8	6	8	8	10	7	7	6	7	7	9	8	0	0	8	7	8	8	8	0	0	6	8	10	8	8	7.77

**Tabla 3: Potencia Eléctrica de la C.E. Talara - Mayo del 2018**

DATOS DE POTENCIA ELÉCTRICA DE LA CENTRAL EÓLICA DE TALARA EN EL MES DE MAYO DEL 2018																																
HORAS	DÍAS																															EJEC (MWh)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
00:30	7	13	20	10	16	4	16	10	14	15	30	13	13	11	21	20	17	10	11	11	16	22	15	8	27	5	18	8	23	24	22	235.0
01:00	11	8	27	18	28	7	9	16	7	22	25	20	12	15	13	20	26	8	19	17	15	20	17	10	30	7	25	11	23	24	27	268.3
01:30	11	8	26	17	23	15	6	22	6	23	23	24	14	12	14	6	25	8	17	24	15	18	20	15	29	11	22	11	23	20	30	269.4
02:00	14	5	17	15	16	17	6	11	4	19	27	26	13	7	14	10	19	11	18	30	18	23	18	24	29	14	14	22	28	21	30	270.8
02:30	15	7	18	12	21	11	6	10	0	19	25	19	8	6	15	13	20	12	24	27	19	20	17	19	30	24	20	17	30	26	30	270.5
03:00	19	11	21	10	12	15	6	26	0	26	30	18	10	9	13	20	22	19	25	22	21	16	23	22	29	22	24	13	30	28	30	296.3
03:30	20	13	26	9	17	19	13	30	0	26	30	20	15	13	14	25	11	22	23	29	20	9	22	29	28	20	26	7	29	24	30	309.3
04:00	23	19	28	11	13	17	14	29	0	24	29	14	18	13	3	28	17	19	17	26	17	5	21	30	27	21	18	7	28	25	30	296.3
04:30	26	18	21	15	20	26	14	26	2	30	30	9	24	15	1	29	15	20	21	26	18	9	17	28	30	22	19	8	28	26	30	311.3
05:00	29	13	19	21	17	27	16	26	3	29	30	12	25	10	0	25	19	26	20	22	13	10	25	24	29	19	17	10	27	28	29	309.4
05:30	20	18	28	23	13	29	15	24	16	30	30	20	21	7	0	26	18	25	20	21	16	14	27	23	28	19	22	4	28	26	29	320.6
06:00	19	22	24	19	18	28	17	27	13	30	29	5	17	11	0	28	14	24	26	22	13	14	28	25	30	24	21	5	28	27	29	318.4
06:30	23	29	24	24	15	27	17	30	18	30	30	6	17	22	0	30	11	27	29	21	9	16	30	18	30	21	19	10	30	26	26	332.4
07:00	26	23	24	22	19	24	28	26	15	30	27	10	14	25	6	30	10	27	30	12	9	16	28	17	30	23	11	12	29	28	18	323.8
07:30	27	20	26	21	20	22	25	16	19	29	25	13	12	26	9	30	9	22	30	11	8	9	27	19	29	24	15	11	30	25	17	313.2
08:00	23	14	23	15	16	24	22	11	18	28	19	18	6	27	14	29	9	18	30	10	10	15	27	17	29	26	13	16	30	23	17	298.0
08:30	20	17	24	10	21	21	16	11	15	30	17	19	2	28	15	29	12	17	30	11	8	21	25	7	28	28	8	10	30	19	10	278.2
09:00	15	19	20	4	21	22	22	16	12	29	16	18	1	19	6	29	11	19	28	10	14	17	26	7	29	27	3	10	30	17	9	262.9
09:30	15	19	17	4	22	17	8	11	21	29	12	11	2	17	1	29	13	12	23	9	18	13	27	14	28	25	4	12	29	13	9	242.5
10:00	6	24	17	7	25	15	4	12	15	26	8	9	0	18	0	29	14	15	17	9	13	16	27	20	26	28	5	16	28	13	8	234.9
10:30	6	26	12	7	24	16	7	13	14	27	6	9	4	6	4	26	16	13	17	6	17	15	27	15	27	29	5	18	23	19	7	230.5
11:00	8	28	9	11	22	17	5	13	19	23	4	7	2	0	18	28	15	12	19	6	17	17	27	20	25	28	6	19	18	16	8	233.9
11:30	7	25	12	16	28	18	1	12	28	24	6	9	1	12	12	22	15	10	19	10	13	16	27	24	24	26	3	20	21	9	4	243.5
12:00	9	22	13	14	28	20	2	11	30	22	9	14	1	16	19	21	16	16	19	14	15	20	25	21	17	25	2	26	27	9	4	253.2
12:30	10	14	12	14	25	19	6	14	26	26	14	20	9	12	16	21	20	18	18	12	14	24	29	21	16	22	7	20	28	17	19	272.2
13:00	6	19	15	13	23	14	7	11	22	24	14	19	14	14	20	20	17	20	11	12	18	24	28	24	13	17	8	21	28	24	15	267.6
13:30	12	28	11	13	29	19	6	6	18	24	11	18	14	10	28	25	20	24	14	16	12	26	26	24	13	14	10	22	30	21	23	283.5
14:00	17	27	18	8	30	26	7	9	22	27	5	19	15	10	27	25	21	22	19	14	18	26	24	27	10	16	6	24	30	18	19	292.2
14:30	17	29	16	15	30	22	9	10	26	29	4	22	15	8	28	24	20	23	25	11	21	25	25	29	13	14	4	26	30	21	16	303.3
15:00	20	24	14	18	30	24	3	17	26	30	3	26	13	10	29	23	19	21	25	15	25	25	26	28	15	12	5	28	30	24	15	311.5
15:30	20	25	14	18	30	24	2	14	29	30	2	25	11	10	26	21	18	19	23	16	21	28	28	26	13	9	8	29	30	18	17	302.8
16:00	18	23	11	21	30	29	3	16	30	30	3	18	12	9	28	19	21	15	21	24	20	22	27	24	14	8	8	28	30	15	17	295.8
16:30	11	20	11	24	30	29	5	17	27	30	3	19	9	9	24	25	18	12	21	20	16	19	25	23	8	8	7	29	30	20	18	282.5
17:00	11	18	6	29	30	30	3	21	28	30	6	19	8	10	21	26	21	12	17	17	10	17	24	22	9	7	7	30	29	18	17	275.4
17:30	10	14	7	25	30	29	4	17	28	30	6	17	6	9	19	26	25	12	15	19	7	15	22	24	12	9	6	30	30	15	14	267.2
18:00	7	11	6	21	30	28	4	20	22	30	7	16	7	3	20	26	22	12	15	22	7	10	13	21	13	6	4	30	30	14	11	243.1
18:30	6	5	8	18	29	26	5	21	10	26	10	12	7	7	20	23	19	10	13	20	8	9	16	19	11	7	3	30	30	14	9	223.9
19:00	3	3	4	18	27	22	5	19	13	26	10	7	7	7	21	22	17	9	15	20	8	6	12	20	10	5	3	28	30	12	11	209.0
19:30	6	6	3	12	30	23	4	14	10	26	8	5	5	6	17	20	14	10	15	18	12	9	12	17	8	6	4	26	27	11	12	197.7
20:00	5	5	4	8	30	19	5	14	15	27	11	3	6	9	18	20	16	8	16	14	10	15	10	20	6	7	4	22	29	10	13	199.7
20:30	5	5	12	9	27	23	6	16	10	29	12	4	6	8	20	19	15	7	18	10	9	18	5	15	6	6	3	20	23	9	12	193.3
21:00	4	3	3	12	19	26	7	22	12	29	11	5	8	7	19	22	15	5	18	11	11	14	6	9	7	5	3	16	14	11	10	181.5
21:30	5	4	4	18	15	28	8	21	22	30	13	9	7	8	22	20	10	4	17	14	12	13	5	9	10	5	3	21	13	11	10	194.7
22:00	3	4	5	14	15	9	6	15	26	30	11	8	5	6	19	16	12	4	16	15	10	10	4	12	8	5	6	18	15	11	12	176.2
22:30	5	5	5	11	12	14	7	17	21	28	13	7	5	6	19	13	17	10	16	13	13	10	3	13	9	7	10	20	18	18	12	189.6
23:00	5	4	3	7	17	16	7	12	19	30	18	10	9	7	18	13	14	11	18	8	15	13	5	17	5	8	8	17	16	17	18	191.9
23:30	11	9	5	13	13	16	10	27	23	30	10	16	13	8	19	21	8	8	23	17	19	12	7	18	3	11	9	18	19	17	16	224.1
00:00	15	17	9	12	11	16	10	17	15	26	10	13	10	15	28	17	13	13	19	17	19	11	6	24	4	14	6	19	17	26	19	234.6
E(MWh)	316	371	351	355	534	491	217	414	395	650	364	339	237	276	369	544	392	359	479	390	344	388	480	473	452	372	241	438	628	460	420	12535.8

Estos datos recopilados son un promedio de los 17 aerogeneradores del parque eólico de Talara, cabe señalar que se usaron estos datos como si pertenecieran a cada aerogenerador en los análisis que requerían un tratamiento de datos de manera individual.

Con la finalidad de poder realizar el análisis estadístico se hicieron uso de fórmulas de conteo, promedio y condicionales en Excel, obteniendo para cada mes la cuantificación del número de datos recopilados (Anexo N°3). De esta manera, como resumen de los 32736 datos obtenidos, se obtuvo las siguientes cantidades relativas.

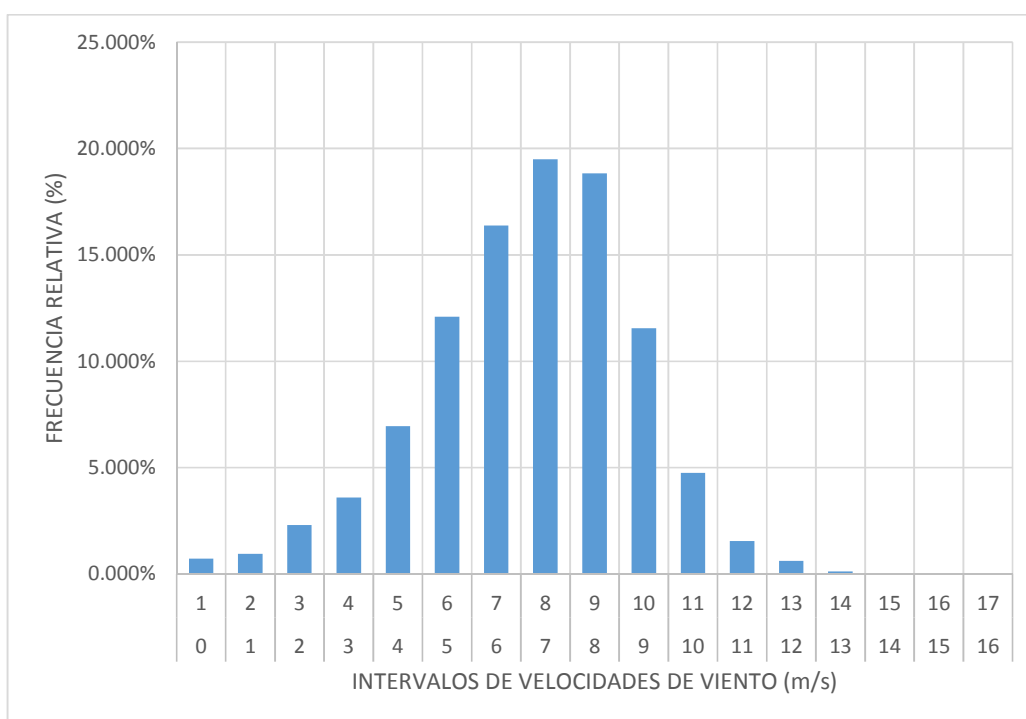
**Tabla 4: Cantidades Relativas de Velocidad de Viento – C.E. Talara**

m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa
<b>0</b>	1	234	0.715%
<b>1</b>	2	311	0.950%
<b>2</b>	3	754	2.303%
<b>3</b>	4	1176	3.592%
<b>4</b>	5	2277	6.956%
<b>5</b>	6	3961	12.100%
<b>6</b>	7	5365	16.389%
<b>7</b>	8	6384	19.501%
<b>8</b>	9	6163	18.826%
<b>9</b>	10	3779	11.544%
<b>10</b>	11	1553	4.744%
<b>11</b>	12	508	1.552%
<b>12</b>	13	203	0.620%
<b>13</b>	14	41	0.125%
<b>14</b>	15	11	0.034%
<b>15</b>	16	8	0.024%
<b>16</b>	17	4	0.012%
<b>17</b>	18	2	0.006%
<b>18</b>	19	2	0.006%
<b>19</b>	20	0	0.000%
<b>TOTAL</b>		32736	100%

Se calculó la frecuencia relativa de velocidad de viento, con el fin de graficar un histograma de frecuencia (Figura 5). La *cantidad relativa* es la suma de todos los datos que se encuentran dentro de los intervalos que se señalan en la tabla

1, es decir, por ejemplo, que hay 6384 datos de velocidad de viento que se encuentran entre  $[7; 8)$  m/s.

La frecuencia relativa es el porcentaje que representan estas cantidades relativas sobre una base de 100% (que es igual a los 32736 datos de velocidad de viento). Y que podemos observar en el siguiente Histograma de Velocidades.



**Figura 5. Histograma de Velocidad de Viento – C.E. Talara**

La cantidad absoluta o acumulada es la suma de todos los datos (32736 datos) que siempre se van a encontrar en los intervalos superiores establecidos en la tabla 5, por ejemplo, que existen 18658 datos de velocidad de viento que tienen los valores de  $[7; 8)$  m/s por debajo de su rango.

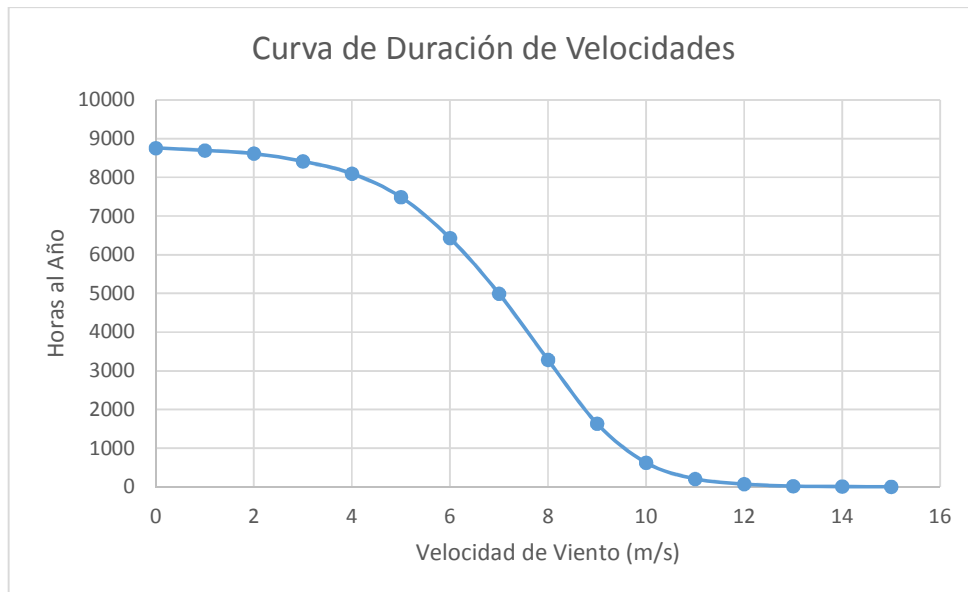
La frecuencia absoluta o acumulada es el porcentaje que representan estas cantidades absolutas sobre una base de 100%. En esta tabla también podemos calcular la absisa, multiplicando el porcentaje de frecuencia absoluta por la cantidad de horas al año (8760).

**Tabla 5: Cantidad Absoluta de Velocidad de Viento – C.E. Talara**  
m/s



		Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (8760 hrs)
0	1	32736	100.00%	8760
1	2	32502	99.29%	8697
2	3	32191	98.34%	8614
3	4	31437	96.03%	8412
4	5	30261	92.44%	8098
5	6	27984	85.48%	7488
6	7	24023	73.38%	6428
7	8	18658	57.00%	4993
8	9	12274	37.49%	3284
9	10	6111	18.67%	1635
10	11	2332	7.12%	624
11	12	779	2.38%	208
12	13	271	0.83%	73
13	14	68	0.21%	18
14	15	27	0.08%	7
15	16	16	0.05%	4
16	17	8	0.02%	2
17	18	4	0.01%	1
18	19	2	0.01%	1
19	20	0	0.00%	0

Obtenemos el siguiente gráfico de la Curva de duración de velocidades.



**Figura 6. Curva de Duración de Velocidades – C.E.Talara**

El cálculo para hallar la **distribución de Weibull**, fue realizado en el programa Microsoft Excel, y se utilizó la función: DISTR.WEIBULL(x; alfa; beta; acumulado).

Para realizar este cálculo, en primer lugar se promediaron todos los datos reales de velocidad de viento recopilados del informe de la IEOD:

$$\text{Velocidad Promedio} = 7.2 \text{ m/s}$$

Como se indica en la sección 2.1.4, el valor de “x” representa el valor a ser evaluado de la velocidad del viento. Además, para Excel, “alfa” representa el factor de forma **k**, y “beta” representa el factor de escala **λ**. Antes de conocer el valor real de **k**, se le asumió un valor de 3 (De la figura 2). Y para este valor de **k** se calculó **λ**, se utilizó la **fórmula 10**:

$$\lambda = \frac{7.20}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{2}\right)} = 8.07 \text{ m/s}$$

Por último, “acumulado” representa la forma de distribución “θ” que puede ser la función de distribución acumulativa (se escribe VERDADERO) o la función de probabilidad de densidad (se escribe FALSO). Para nuestro caso, fue la probabilidad de densidad.

Para que hallemos el valor real de **k**, se calculó el promedio de la DPE o Densidad de Potencia Eólica (P/A), que se define como la potencia por unidad de área, para cada uno de los datos de velocidad de viento **v** que se recopilaron entre mayo del 2018 a abril del 2020, como se puede observar en el Anexo N°3.:

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} * \rho * v^3 \dots\dots\dots(13)$$

$$\text{Promedio} \Rightarrow 273.88 \text{ W/m}^2$$

En la Tabla 2, se halló la Distribución de Weibull (Con los valores de  $x$ ,  $k$ ,  $\lambda$  y  $\theta$ , que ya se han explicado) y luego calculamos la **Densidad de Potencia Eólica** (DPE) para cada uno de los valores de velocidad de viento utilizando la **ecuación 13**, pero además le multiplicamos el valor de **Distr. Weibull** respectivo.

Y se obtuvo que la sumatoria de las DPE (309.63 W/m<sup>2</sup>) era diferente a la obtenida de nuestra data. Las horas que se muestran en la tabla 2, representan las horas que tendrá su respectiva velocidad de viento, y se obtuvo multiplicando el valor de Weibull por la cantidad de horas al año (8760hrs.).

**Tabla 6: Distribución de Weibull – C.E. Talara, cuando k=3**

DISTRIBUCION DE WEIBULL			
V(m/s)	WEIBULL	WPD	HORAS
0	0.000E+00	0.00	0
1	5.706E-03	0.00	50
2	2.252E-02	0.11	197
3	4.887E-02	0.78	428
4	8.096E-02	3.06	709
5	1.126E-01	8.31	987
6	1.364E-01	17.38	1195
7	1.457E-01	29.49	1276
8	1.379E-01	41.66	1208
9	1.154E-01	49.65	1011
10	8.503E-02	50.17	745
11	5.476E-02	43.00	480
12	3.058E-02	31.18	268
13	1.469E-02	19.04	129
14	6.006E-03	9.72	53
15	2.072E-03	4.13	18
16	5.966E-04	1.44	5
17	1.420E-04	0.41	1
18	2.763E-05	0.10	0
<b>TOTAL</b>	100%	309.63	8760

La sumatoria de las densidades de potencia eólica debe ser igual al promedio de DPE que obtuvimos de la data de viento (533.84 W/m<sup>2</sup>), por tanto,

el valor de  $k$  debe ser ajustado hasta que el valor de DPE 603.51 W/m<sup>2</sup> (Tabla 2) sea igual a 533.84 W/m<sup>2</sup>. Por lo que ajustamos  $k$  con la función de análisis **SOLVER**. Y de esta manera se obtuvieron los siguientes datos:

Datos Ajustados de  $k$  y  $\lambda$ :

$$k = 3.9287 \text{ SOLVER}$$

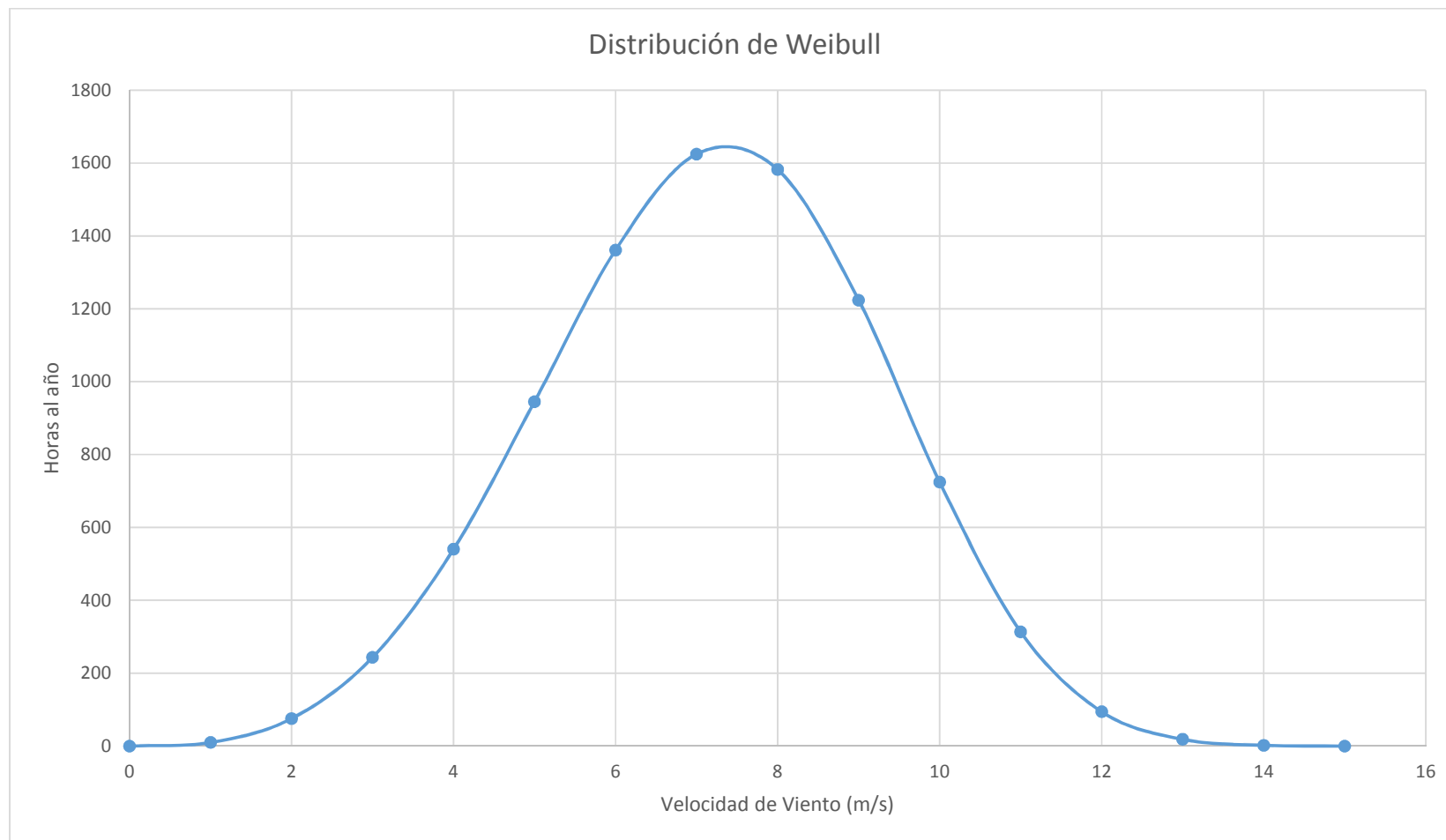
$$\lambda (V_{\text{prom}}) = 7.95 \text{ m/s}$$

Con el dato ajustado de  $k$  y el valor corregido de  $\lambda$ , se obtuvo la siguiente tabla 3 de Distribución de Weibull, donde se observa que la DPE ya tiene el valor de 533.84 W/m<sup>2</sup>, y además, obtenemos el valor corregido de las horas por velocidad de viento.

**Tabla 7: Distribución de Weibull – C.E. Talara,  $k$  ajustado**

DISTRIBUCION DE WEIBULL			
V(m/s)	WEIBULL	WPD	HORAS
0	0.000E+00	0.00	0
1	1.137E-03	0.00	10
2	8.624E-03	0.04	76
3	2.779E-02	0.44	243
4	6.167E-02	2.33	540
5	1.079E-01	7.96	945
6	1.554E-01	19.81	1361
7	1.854E-01	37.53	1624
8	1.806E-01	54.56	1582
9	1.397E-01	60.09	1224
10	8.271E-02	48.80	725
11	3.582E-02	28.13	314
12	1.078E-02	10.99	94
13	2.124E-03	2.75	19
14	2.574E-04	0.42	2
15	1.788E-05	0.04	0
<b>TOTAL</b>	100%	273.88	8760

En la figura 7 se representa la curva de distribución de Weibull de la central eólica de Talara.



**Figura 7. Curva de Distribución de Weibull – C.E.Talara**

Gracias al cálculo de las horas para cada valor de velocidad de viento, se pudo realizar la caracterización del potencial eólico que se muestra a continuación. Además, los valores de potencia (kW), fueron recopilados de la ficha técnica del aerogenerador instalado en el Parque Eólico de Talara, obtenidos en la página oficial de los aerogeneradores VESTAS.

**Tabla 8: Caracterización del Potencial Eólico – C.E. Talara**  
**CARACT. POTENCIAL EÓLICO**

<b>V(m/s)</b>	<b>HORAS</b>	<b>P(kW)</b>
<b>0</b>	0	0.0
<b>1</b>	10	0.0
<b>2</b>	76	0.0
<b>3</b>	243	0.0
<b>4</b>	540	100.0
<b>5</b>	945	270.0
<b>6</b>	1361	470.0
<b>7</b>	1624	745.0
<b>8</b>	1582	1110.0
<b>9</b>	1224	1485.0
<b>10</b>	725	1730.0
<b>11</b>	314	1785.0
<b>12</b>	94	1800.0
<b>13</b>	19	1800.0
<b>14</b>	2	1800.0
<b>15</b>	0	1800.0
<b>16</b>	0	1800.0
<b>17</b>	0	1800.0
<b>18</b>	0	1800.0
<b>19</b>	0	1800.0
<b>20</b>	0	0.0

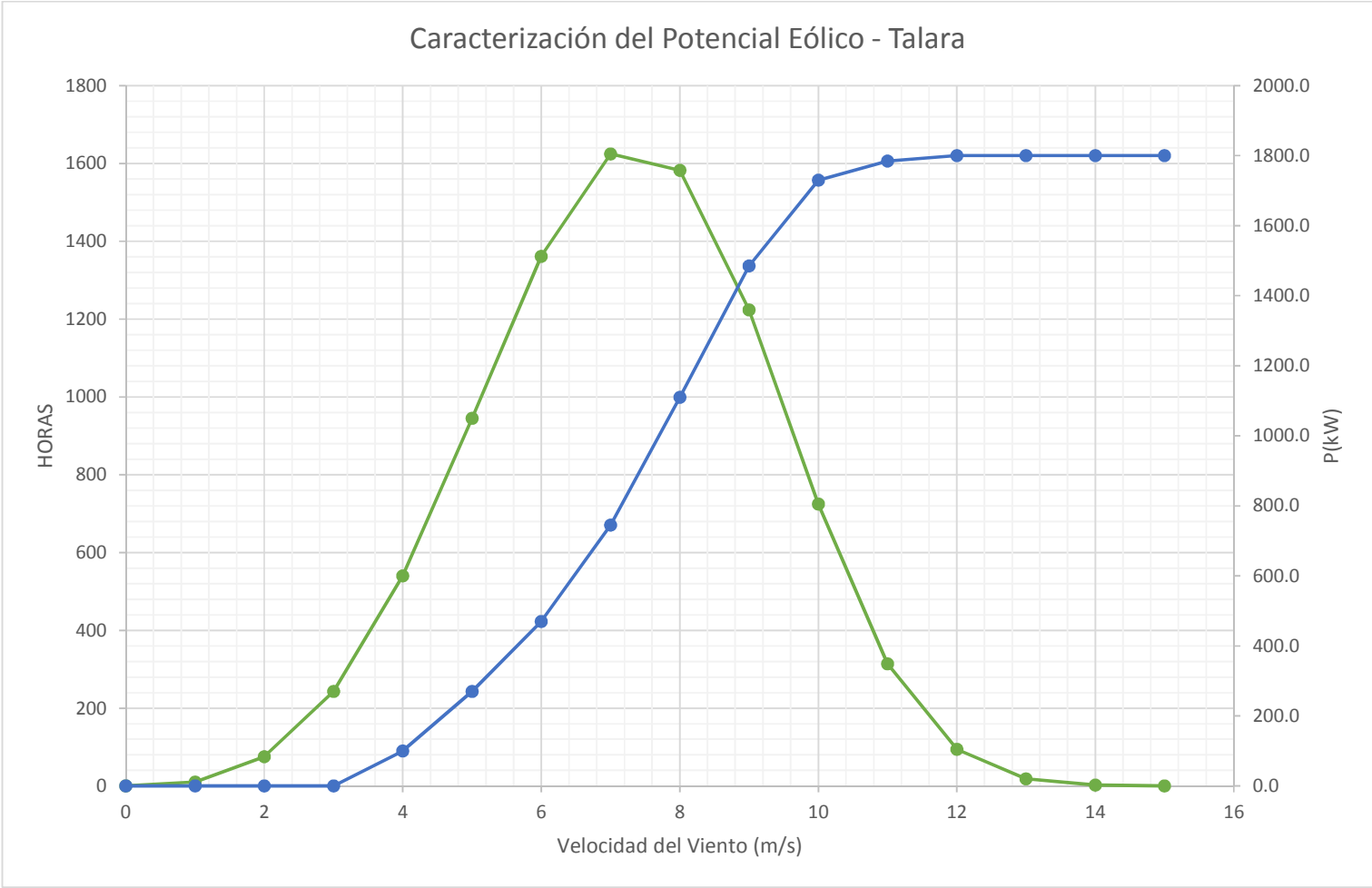


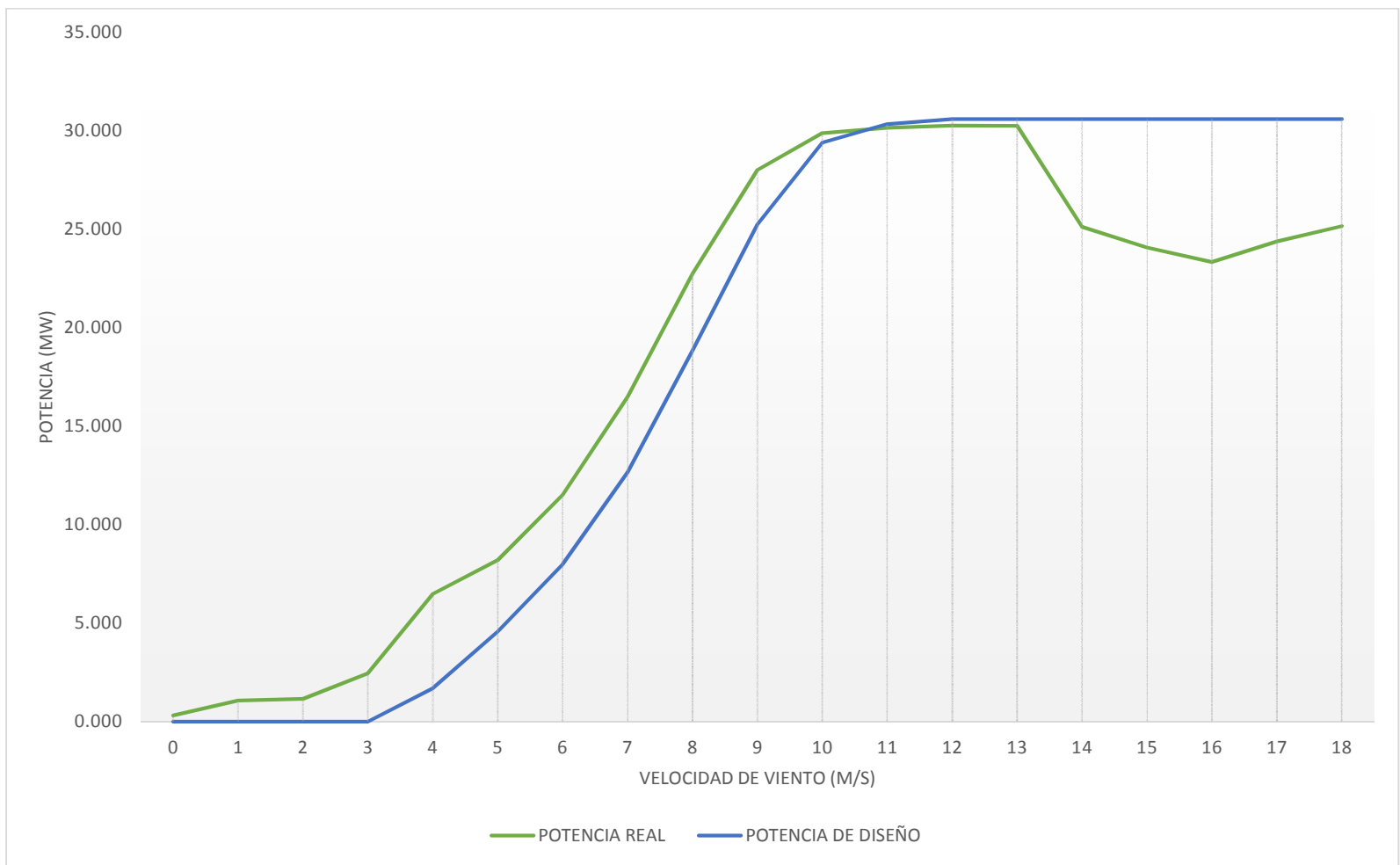
Figura 8. Curva de Caracterización de Potencial Eólico – C.E. Talara

Haciendo uso una vez más de los datos recopilados (Anexo N°3) y de los datos de potencia de la ficha técnica del aerogenerador instalado. Podemos mostrar a continuación la relación de la curva de potencia real vs potencia de diseño de la central eólica de Talara.

**Tabla 9: Potencia MW – C.E. Talara**  
**CENTRAL EÓLICA TALARA**

<b>VELOCIDAD (M/S)</b>	<b>POTENCIA REAL (MW)</b>	<b>POTENCIA DISEÑO (MW)</b>
<b>0</b>	0.310	0.000
<b>1</b>	1.086	0.000
<b>2</b>	1.165	0.000
<b>3</b>	2.449	0.000
<b>4</b>	6.487	1.700
<b>5</b>	8.210	4.590
<b>6</b>	11.515	7.990
<b>7</b>	16.494	12.665
<b>8</b>	22.763	18.870
<b>9</b>	28.018	25.245
<b>10</b>	29.889	29.410
<b>11</b>	30.164	30.345
<b>12</b>	30.271	30.600
<b>13</b>	30.249	30.600
<b>14</b>	25.121	30.600
<b>15</b>	24.078	30.600
<b>16</b>	23.334	30.600
<b>17</b>	24.382	30.600
<b>18</b>	25.168	30.600
<b>19</b>	0.000	30.600
<b>20</b>	0.000	0.000
<b>21</b>	0.000	0.000
<b>22</b>	0.000	0.000
<b>23</b>	0.000	0.000
<b>24</b>	0.000	0.000





**Figura 9. Curva de Potencia Real vs De Diseño de la C.E. Talara**

## 4.2 Eficiencia Energética del Parque Eólico

Como se menciona anteriormente, la eficiencia energética se podría definir como la relación entre la potencia teórica que debiera tener el parque y la potencia real que se extrae, en función de la curva de potencia garantizada por el fabricante.

De esta forma, haciendo uso de la *Ecuación 6*, determinamos que la potencia disponible en el viento es de 80 MW, además, sabemos que la potencia nominal del parque es 30MW. Lo cual nos ayuda a determinar una eficiencia energética del 38%. Con este resultado sabemos que tenemos alto margen para mejorar la tecnología de aprovechamiento de la energía eólica.

Para poder optimizar el funcionamiento de un parque eólico, debemos analizar con detalle el Factor de Carga (Fc) y las Horas de utilización (Hu). Puesto que ambos datos mostraran las horas hábiles de operación del parque eólico de Talara.

Calculando el factor de disponibilidad:

Las horas de indisponibilidad son la cantidad de horas que el aerogenerador no está en funcionamiento, ya sea porque aún no ha iniciado el arranque o porque se ha detenido al alcanzar la velocidad de desconexión.

$$f_{dis} = 1 - \frac{\text{Horas de indisponibilidad}}{\text{Horas totales}} \dots\dots\dots(14)$$

$$f_{dis} = 1 - \frac{662}{8760}$$

$$f_{dis} = 0.92$$

Calculando el factor de carga:

Con factor de carga queremos decir, la producción anual de energía dividida por la producción teórica máxima (en otras palabras, si el aerogenerador estuviera funcionando a su potencia nominal durante todas las horas del año el factor de carga sería 1).

$$f_c = \frac{E}{8760 * P_{MAX}} \dots\dots\dots(15)$$

$$f_c = \frac{126140.59}{8760 * 30}$$

$$f_c = 0.48$$

Siendo:  $P_{MAX} = 30MW$  y la energía se obtiene de los datos del Anexo N°3. En la siguiente tabla tenemos un resumen de la energía generada por la central, para los periodos de la data recopilada.

**Tabla 10: ENERGÍA (MWh) – C.E. Talara**

EJEC(MWh)	
MAY18 - ABR19	119109.37
MAY19 - ABR20	133171.80
<b>TOTAL</b>	<b>252281.18</b>

Por lo tanto la energía media anual es: 126140.59 MWh

La energía que el parque eólico de Talara propuso ingresar al SEIN fue de 119673 MWh al año, es decir, que al año 2020 el parque eólico sigue operando correctamente en lo establecido por la subasta, esto da un rendimiento de 100%.

Por último, calculamos las horas de utilización ( $H_u$ ) de la central eólica de Talara, es decir, las horas equivalentes de funcionamiento:

$$H_u = f_c * f_{dis} * 8760 (hr) \dots \dots \dots (16)$$

$$H_u = 0.48 * 0.92 * 8760$$

$$H_u = 3851.94 hr$$

### 4.3 Costos del Parque Eólico

La subasta del año 2010 dio como Precio Ofertado 8.7 ctv.US\$/kWh a la central eólica de Talara. Además sabemos que el costo de inversión fue de 71'000,000.00 US\$.

El costo unitario de la central viene dada por la siguiente ecuación:

$$C_{KWh} = \frac{I * f_{rc}}{H_u} \dots\dots\dots(16)$$

Dónde: I = Costo de inversión por kW instalado = 2366 US\$ / kW instalado

$H_u$  = horas de utilización = 3851.94 hr

$$f_{rc} = \text{factor de recuperación del capital} = \frac{i*(1+i)}{(1+i)^n - 1}$$

n = años de vida útil = 20

i = tasa de inversión

La tasa de inversión depende mucho de la situación económica del país pero suele tener el valor de 12%, y fluctuar entre el 8% y 14%, por lo que para hallar el Costo unitario, usamos la siguiente tabla:

**Tabla 11: Costo Unitario (US\$/kWh)**

<b>Tasa de inversión (i)</b>	<b>Costo (US\$/kWh)</b>
<b>0.08</b>	0.0145
<b>0.09</b>	0.0131
<b>0.10</b>	0.0118
<b>0.11</b>	0.0106
<b>0.12</b>	0.0095
<b>0.13</b>	0.0086
<b>0.14</b>	0.0077
<b>PROMEDIO</b>	0.01

Si el costo unitario es de 1 ctv.US\$/kWh y el precio ofertado es de 8.7 ctv.US\$/kWh, podemos expresar que hay una ganancia de 7.7 ctv.US\$/kWh.

Pero para demostrar mejor los resultados de rentabilidad, haremos uso de los tradicionales indicadores de Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). Utilizando la herramienta VNA y TIR de Excel, obtenemos la siguiente tabla, para los valores de las siguientes tasas:

**Tabla 12: VAN y TIR**

Tasa	VAN	TIR
0.08	\$18,545,207.54	11%
0.09	\$12,255,779.59	11%
0.10	\$6,646,912.25	11%
0.1085	\$2,346,811.65	11%
0.11	\$1,628,556.02	11%

Los valores son positivos, lo cual comprueba la rentabilidad positiva de la inversión en la central eólica de Talara, pero hay que tener en cuenta que el TIR no solo depende de su valor positivo, sino también del riesgo. A mayor riesgo, se espera mayor rentabilidad. Esto depende mucho de la experiencia y de los antecedentes del tipo de negocio, por lo que aquí se presenta una tabla que nos puede ayudar a tener una más clara idea sobre la Rentabilidad Esperada.

**Tabla 13: Riesgo y Rentabilidad Esperada**

Tipo de Inversión	Riesgo	Rentabilidad Esperada
Trabajo con el Gobierno / Préstamo al Gobierno	Bajo	3% - 20%
Compra de acciones / Negocio existente	Medio	15% - 50%
Crear un Negocio Nuevo	Alto	30% - 80%

Fuente: MyTripleA (s/a) Rentabilidad, riesgo y liquidez, las claves de la inversión. Extraída el 20 de agosto del 2020 desde: <https://www.mytriplea.com/blog/rentabilidad-riesgo-liquidez-claves-inversion/>

Con la tabla anterior podemos comprobar que el TIR es también favorable puesto que el tipo de inversión es el de un contrato con el gobierno peruano.

#### 4.4 Análisis de las Normativas de las subastas RER

En la página web de Osinergmin se encuentra esta información:

Decreto Legislativo N° 1002, 02/05/2008, declara de interés nacional y necesidad pública el desarrollo de la generación de electricidad mediante recursos renovables.

D.S. N° 012-2011-EM, 23/03/2011, aprobó reglamento de la generación de electricidad con energías renovables.

D.S. N° 020-2013-EM, 27/06/2013, aprobó reglamento para la promoción de la inversión eléctrica en áreas **no conectadas a red**.

Como resumen del Decreto Legislativo N° 1002, la Ley define como Recursos Energéticos Renovables (RER) a las fuentes de Energía Renovable No Convencional: Solar, Eólico, Geotérmico, Biomasa y la Hidroeléctrica hasta 20 MW (Hidroeléctrica RER). Además, la Ley promueve las ventas de electricidad RER a través de subastas, y el MINEM estableció el objetivo de realizarlas cada 2 años por tipo de tecnología.

Las subastas no son complejas, se pueden dividir en tres sencillos pasos:

- ✓ Primero, se define la Energía a Subastar.
- ✓ Segundo, se asignan las cuotas para la energía requerida y para las pequeñas hidroeléctricas.
- ✓ Tercero, por cada tipo de tecnología se efectúa la subasta.

Es un proceso simple para los participantes, las bases y reglas son conocidas con anticipación. Si el proyecto de un participante es adjudicado, pasará a la etapa de construcción y finalmente, operación.

La primera subasta se llevó a cabo en el año 2010, la segunda subasta en el año 2011 y la tercera en el año 2013. El 16 de febrero de 2016 se realizó la cuarta subasta RER en el Perú.

**Tabla 14: Requerimiento Total de Energía a Subastar**

<b>Requerimientos Subasta RER</b>	<b>1<sup>ra</sup> Subasta</b>	<b>2<sup>da</sup> Subasta</b>	<b>3<sup>ra</sup> Subasta</b>	<b>4<sup>ta</sup> Subasta</b>
<b>Tecnologías RER</b>	1314 GWh	1300 GWh	320 GWh	1300 GWh
<b>Centrales Hidroeléctricas &lt; 20 MW</b>	500 MW	681 GWh	1300 GWh	450 GWh

Fuente: OSINERGMIN

Como se puede observar en la tabla 14 el requerimiento total de energía a subastar se ha mantenido alrededor de los 1300 GWh, exceptuando la 3ra subasta, en la que sólo se asignó 320 GWh a las tecnologías RER de biomasa, lo cual fue un fracaso porque no calificó ningún postor de biomasa. Cinco años pasaron entre la segunda y cuarta subasta, donde se reincorpora a la energía solar y eólica. Hoy siendo el año 2020 no nos encontramos ni a puertas de una quinta subasta.

En la tabla 15, se presentan los precios de las ofertas adjudicadas en US\$/MWh de las cuatro subastas RER, para las diferentes tecnologías renovables de generación eléctrica. Como se menciona con anterioridad, la reducción de los precios de las tecnologías RER a lo largo de las cuatro subastas realizadas es más que evidente. El decremento porcentual del precio ofertado de la energía eólica puede verse en el Anexo N°1.

**Tabla 15: Precios Ofertados en las Subastas RER.**

<b>Precios Ofertados US\$/MWh</b>		<b>1<sup>ra</sup> Subasta</b>		<b>2<sup>da</sup> Subasta</b>		<b>3<sup>ra</sup> Subasta</b>		<b>4<sup>ta</sup> Subasta</b>	
		<b>Precio Mínimo</b>	<b>Precio Máximo</b>	<b>Precio Mínimo</b>		<b>Precio Mínimo</b>	<b>Precio Máximo</b>	<b>Precio Mínimo</b>	<b>Precio Máximo</b>
<b>Tecnologías RER</b>	<b>Eólica</b>	65,52	87,0	69,0		---	---	36,84	37,83
	<b>Solar</b>	215,0	225,0	119,90		---	---	47,98	48,5
	<b>Biomasa</b>	52,0	110,0	99,99		---	---	77,0	77,0
<b>Centrales Hidroeléctricas &lt; 20 MW</b>		55,0	70,0	47,4	56,45	50,50	64,80	40,0	58,20

Fuente: OSINERGMIN



Al ver las tablas anteriores parece que el modelo de subasta RER ha dado muy buenos resultados, pues los precios obtenidos en la cuarta subasta RER para los parques eólicos son muy competitivos con las centrales hidroeléctricas. No obstante, la mayor deficiencia de este modelo es la periodicidad de las subastas RER, que están supeditadas a los vaivenes de la política energética nacional. Lamentablemente, esto genera una incapacidad de garantizar un horizonte a largo plazo de inversiones a los posibles postores.

## 4.5 Discusión

1. El valor de la eficiencia energética de la central eólica de Talara sobre la potencia disponible en el viento tiene un valor bajo (38%), por el contrario, el rendimiento de la central con respecto a la energía ofertada en la Primera Subasta es 100%.

Con estos resultados nos damos cuenta que el análisis energético va más allá del cálculo de la eficiencia, pues los valores reales de la velocidad de viento, la curva de potencia y la energía anual producida por el parque tienen mucha similitud con los valores descritos en las fichas técnicas.

Esto quiere decir que la central eólica de Talara está **operando** un 44% de las horas totales del año, e inyectando la energía al SEIN **de manera óptima**, según lo establecido en su respectiva subasta RER.

2. Otra detalle importante de la Central Eólica de Talara, es la diferencia entre el precio ofertado y su costo de producción, debido a que el costo ronda al 1 ctv.US\$/kWh. Esto tiene mucho sentido, pues cada año los precios ofertados para la Energía Eólica se vuelven **más competitivos** con respecto a las otras energías RER, sobre todo en la cuarta subasta que logró ser inferior al precio ofertado de las centrales hidráulicas menores a 20MW.

3. En estos últimos años se ha logrado promover la generación RER a gran escala en la matriz energética del Perú. Además, del D.S. N° 020-2013-EM se puede decir que **las RER son una solución inevitable**. Todo esto abre las puertas a un gran desafío, llevar electricidad con energías renovables a las zonas rurales y aisladas del país.

4. En todas las subastas RER se ha asignado un significativo volumen de energía a las instalaciones RER de biomasa y solar, que han afectado la inclusión de otros proyectos eólicos con precios más competitivos. Por este motivo, **para garantizar mayor número de proyectos eólicos, se puede optar por dos soluciones:**

- Que las subastas se realicen periódicamente cada dos años, como la MINEM lo había establecido.

- Que las subastas RER se realicen sólo para solar, biomasa e hidroeléctrica menor a 20MW. Y elaborar un Plan Nacional de Energía Eólica como un proceso individual serio a fin de superar las deficiencias del actual modelo de subasta. En el siguiente punto se detallará más a fondo.

5. Podríamos elaborar una propuesta exigente, pero siendo objetivos, vemos que en los últimos 10 años, solo hay cinco centrales operativas interconectadas al SEIN, las cuales son C.E.Talara con 30MW, C.E.Cupisnique con 80MW, C.E.Marcona con 32MW, C.E.Tres Hermanas con 97MW y C.E. Wayra I con 132MW. Esto nos da que en 10 años solo hemos integrado 371MW. Por lo tanto, **las medidas de un Plan Nacional de Energía Eólica** podrían ser las siguientes:

- Contemplar la integración de 500 MW en los próximos 5 años, esto es casi 4/3 de lo integrado hasta la fecha.
- Los proyectos eólicos que logren ser adjudicados, tendrán un contrato de 20 años por un valor de compra de la energía igual a 36\$/MWh. Este precio es referido de la cuarta subasta RER.
- Cada año se adjudicarían 100 MW eólicos con una reducción anual de 1\$/MWh en el precio de compra de la energía hasta alcanzar los 500 MW de potencia instalada. Esta reducción es propuesta debido a que existe una notoria reducción en el precio de oferta de aproximadamente 1\$/MWh cada año entre las subastas realizadas.

## **V. Conclusiones y Recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

- Se recopilaron 32736 datos del Informe de Evaluación de la Operación Diaria del COES. Los dos años de datos recopilados debieron dar una cantidad aproximada de 35000, pero hay algunos días del año que el IEOD no tiene registrada la información de energía primaria. De estos datos se obtuvo como valor promedio de velocidad de viento 7.20m/s.
  
- Se graficó la caracterización del Potencial Eólico, donde podemos observar la diferencia entre la velocidad nominal donde está situado el parque eólico, que tiene un valor de 8m/s; mientras que la velocidad nominal del Aerogenerador VESTAS V100-1.8 es 12m/s.
  
- El promedio de energía anual producida del parque eólico de Talara es de 126140.59 MWh, en contraste con los 119673 MWh que se había pactado en el contrato, podemos decir que el parque a casi diez años de su instalación sigue operando satisfactoriamente. Las horas de utilización es igual a 3852 horas, y el factor de carga es 0.48.
  
- El costo unitario no excede el 0.01 US\$/kWh, y el precio ofertado es 0.087 US\$/kWh. Por lo tanto al hacer el análisis, el TIR tiene un valor de 11%. La central de Talara fue un proyecto viable, y lo sigue siendo a la actualidad. Debido a esto y a la constante reducción del precio ofertado en las subastas RER, podemos deducir que los costos de producción también han ido disminuyendo.
  
- Se determinó que el parque eólico de Talara está aprovechando un 38% de la energía disponible. Esto es debido a que en el lugar donde se encuentra instalado el parque Eólico de Talara, no se logra llegar a la velocidad nominal de los aerogeneradores. Lo que nos da un ancho margen para mejorar la tecnología de aprovechamiento que aún está en plena evolución.

## 5.2 Recomendaciones

- Los datos de velocidad de viento deben ser obtenidos de la fuente de origen, como también de fuentes fiables que puedan proporcionar datos reales, así no quedan dudas de su confiabilidad. Por otro lado, mientras más tiempo se recopilen los datos, los resultados serán más precisos. Cómo es el caso de este informe de tesis.
  
- El Aerogenerador VESTAS V100-1.8 está fuera del mercado. Cada año las fábricas de aerogeneradores sacan nuevos modelos, con mayor tamaño, mayor potencia nominal, mejores sistemas de control y regulación para aprovechar mejor el recurso eólico.
  
- Se han cumplido 10 años desde la primera subasta. La inversión en proyectos de energía eólica debe continuar con mayor fuerza o remodelarse, pues se está retrasando mucho.
  
- Los recursos en el Perú son favorables para la inversión de este tipo de centrales, hay potencial eólico en distintas partes del Perú. Además, las normativas son bastante favorables en lo que respecta al Precio de Oferta. Sin embargo, el Perú debe tomar riendas sobre la lenta adjudicación de nuevos proyectos.

## Referencias Bibliográficas

Acciona S.A. (s/a) Energía Eólica. Extraída el 20 de Agosto del 2020 desde:  
<https://www.acciona.com/es/?language=es>

Bufanio, R., Bonoli, M., Edwards, D., Gogni, V. (2012) Estimación de potencia anual generada por un generador eólico. Extraída el 27 de Diciembre del 2016 desde: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia\\_ure\\_mendoza\\_2012/04-estimacion-FRH.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/energia_ure_mendoza_2012/04-estimacion-FRH.pdf)

COES (s/a). Informe de Evaluación de la Operación Diaria (IEOD). Extraída desde Mayo del 2018 a Abril del 2020 desde:  
<https://www.coes.org.pe/Portal/PostOperacion/Reportes/leod>

Conrado, F. (s/a) ¿Cuánto cuesta un parque eólico? Extraída el 17 de Julio del 2016 desde: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia61/HTML/articulo03.htm>

Danish Wind Industry Association (2003) Descripciones de las Variaciones de Viento. Extraída el 20 de Diciembre del 2016 desde:  
[http://www.motiva.fi/myllarin\\_tuulivoima/windpower%20web/es/tour/wres/wei\\_bull.htm](http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/es/tour/wres/wei_bull.htm)

ESAN (2019) VAN y TIR ¿Para qué sirven y cuando usarlos?. Extraída el 20 de Julio del 2020 desde: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/08/van-y-tir-para-que-sirven-y-cuando-usarlos/>

Gonzáles, J. (2009) Energías Renovables. España: Editorial Reverté S.A.

Molina, J. (2012) Estudio de viabilidad técnico-económica de un parque eólico de 40 MW de potencia. Extraída el 27 de Diciembre del 2016 desde:  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/.../Proyecto%20JMMolina.docx>

Mosto, P., Ibarburu, M., Triunfo, G., Fontana, F. (2001) Evaluación económica de un parque eólico de 20 MW. Extraída el 27 de Diciembre del 2016 desde: [finanzascarbono.org/comunidad/mod/file/download.php?file\\_guid=62830](http://finanzascarbono.org/comunidad/mod/file/download.php?file_guid=62830)

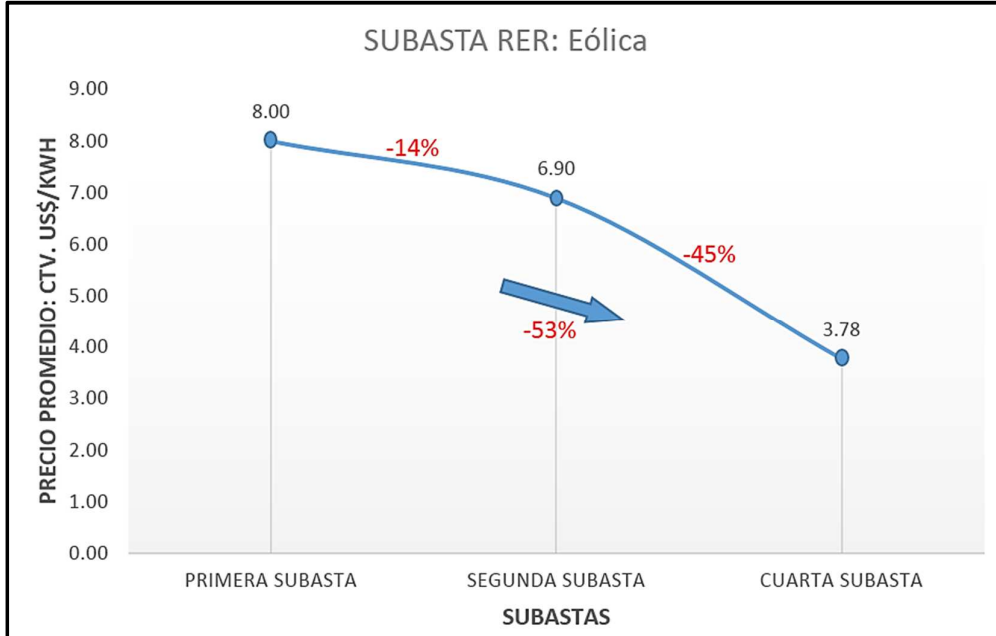
OSINGERMIN (s/a) Marco Normativo relacionado con la promoción de energías renovables. Extraída el 17 de Agosto del 2017 desde: <https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/marco-normativo>

Velásquez, J. (s/a) Parque eólicos como proyectos de inversión / experiencia en el Perú. Extraída el 20 de Agosto del 2020 desde: [http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/Congreso\\_Peru/09\\_Velasquez\\_Jorge.pdf](http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/Congreso_Peru/09_Velasquez_Jorge.pdf)

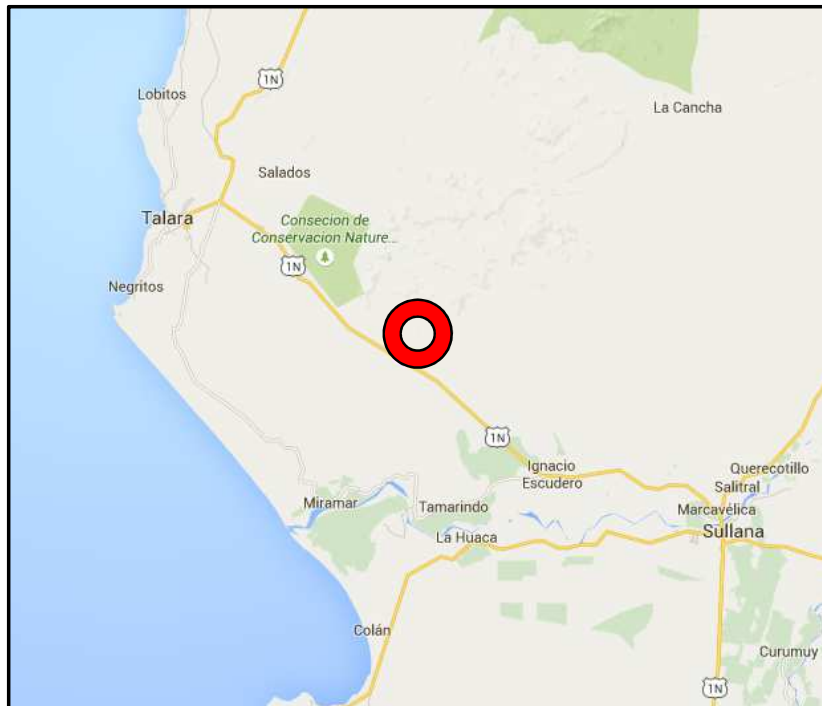
VESTAS (s/a) Ficha Técnica del Aerogenerador VESTAS V100-1.8. Extraída el 20 de Diciembre del 2016 desde: <https://www.vestas.com/en/products>

# Anexos

## Anexo N°1. CURVA DE DECESION DEL PRECIO FINAL DE LAS SUBASTAS RER:



## Anexo N°2. UBICACIÓN DE BOSQUE EÓLICO DE TALARA. (Fuente: Google Maps)





**Anexo N°3. DATOS RECOPIADOS Y CONTABILIZADOS DE LA CENTRAL  
EÓLICA DE TALARA. (Fuente: IEOD y elaboración propia)**

**MAYO 2018**

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)						C.E. TALARA			
V (m/s) intervalo		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	V (m/s) intervalo		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1296	100.00%	744	0	1	0
1	2	3	0.231%	1296	100.00%	744	1	2	0
2	3	3	0.231%	1293	99.77%	742	2	3	0
3	4	10	0.772%	1290	99.54%	741	3	4	1.004
4	5	45	3.472%	1280	98.77%	735	4	5	3.759
5	6	113	8.719%	1235	95.29%	709	5	6	5.960
6	7	197	15.201%	1122	86.57%	644	6	7	9.476
7	8	302	23.302%	925	71.37%	531	7	8	14.567
8	9	311	23.997%	623	48.07%	358	8	9	20.014
9	10	215	16.590%	312	24.07%	179	9	10	25.874
10	11	79	6.096%	97	7.48%	56	10	11	29.126
11	12	16	1.235%	18	1.39%	10	11	12	29.920
12	13	2	0.154%	2	0.15%	1	12	13	29.915
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1296	100%	-	-	-			

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.77 m/s
ENERGÍA MENSUAL	12535.84 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	604.98 W/m <sup>2</sup>

## JUNIO 2018

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (720 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1104	100.00%	720	0	1	0
1	2	3	0.272%	1104	100.00%	720	1	2	0
2	3	2	0.181%	1101	99.73%	718	2	3	0.06
3	4	9	0.815%	1099	99.55%	717	3	4	0.705
4	5	79	7.156%	1090	98.73%	711	4	5	3.459
5	6	150	13.587%	1011	91.58%	659	5	6	5.612
6	7	173	15.670%	861	77.99%	562	6	7	8.888
7	8	167	15.127%	688	62.32%	449	7	8	13.905
8	9	219	19.837%	521	47.19%	340	8	9	20.626
9	10	197	17.844%	302	27.36%	197	9	10	25.971
10	11	81	7.337%	105	9.51%	68	10	11	28.464
11	12	23	2.083%	24	2.17%	16	11	12	28.330
12	13	1	0.091%	1	0.09%	1	12	13	29.907
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1104	100%	-	-	-			

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.62 m/s
ENERGÍA MENSUAL	12513.53 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	596.78 W/m <sup>2</sup>

## JULIO 2018

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	2	0.139%	1440	100.00%	744	0	1	0
1	2	7	0.486%	1438	99.86%	743	1	2	1.0856
2	3	13	0.903%	1431	99.38%	739	2	3	1.1652
3	4	24	1.667%	1418	98.47%	733	3	4	2.4488
4	5	84	5.833%	1394	96.81%	720	4	5	6.4866
5	6	138	9.583%	1310	90.97%	677	5	6	7.4190
6	7	249	17.292%	1172	81.39%	606	6	7	9.5626
7	8	329	22.847%	923	64.10%	477	7	8	14.2206
8	9	304	21.111%	594	41.25%	307	8	9	18.8567
9	10	175	12.153%	290	20.14%	150	9	10	24.7154
10	11	63	4.375%	115	7.99%	59	10	11	26.7056
11	12	30	2.083%	52	3.61%	27	11	12	29.3527
12	13	20	1.389%	22	1.53%	11	12	13	29.2170
13	14	2	0.139%	2	0.14%	1	13	14	28.9915
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1440	100%	-	-	-	PROM(mes)		15.502

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.50 m/s
ENERGÍA MENSUAL	11347.28 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	575.38 W/m <sup>2</sup>

## AGOSTO 2018

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1344	100.00%	744	0	1	0
1	2	3	0.223%	1344	100.00%	744	1	2	0
2	3	4	0.298%	1341	99.78%	742	2	3	0
3	4	20	1.488%	1337	99.48%	740	3	4	0.691
4	5	64	4.762%	1317	97.99%	729	4	5	3.287
5	6	163	12.128%	1253	93.23%	694	5	6	6.773
6	7	251	18.676%	1090	81.10%	603	6	7	9.955
7	8	289	21.503%	839	62.43%	464	7	8	15.515
8	9	314	23.363%	550	40.92%	304	8	9	21.537
9	10	168	12.500%	236	17.56%	131	9	10	27.229
10	11	62	4.613%	68	5.06%	38	10	11	29.643
11	12	6	0.446%	6	0.45%	3	11	12	29.840
12	13	0	0.000%	0	0.00%	0	12	13	0.000
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1344	100%	-	-	-	PROM(mes)		16.262

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.43 m/s
ENERGÍA MENSUAL	12017.60 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	536.78 W/m <sup>2</sup>

## SETIEMBRE 2018

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (720 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1296	100.00%	720	0	1	0
1	2	0	0.000%	1296	100.00%	720	1	2	0
2	3	6	0.463%	1296	100.00%	720	2	3	0
3	4	10	0.772%	1290	99.54%	717	3	4	1.396
4	5	33	2.546%	1280	98.77%	711	4	5	3.205
5	6	178	13.735%	1247	96.22%	693	5	6	7.303
6	7	220	16.975%	1069	82.48%	594	6	7	10.209
7	8	339	26.157%	849	65.51%	472	7	8	15.953
8	9	306	23.611%	510	39.35%	283	8	9	21.593
9	10	140	10.802%	204	15.74%	113	9	10	26.749
10	11	34	2.623%	64	4.94%	36	10	11	29.525
11	12	22	1.698%	30	2.31%	17	11	12	29.425
12	13	8	0.617%	8	0.62%	4	12	13	29.331
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1296	100%	-	-	-	PROM(mes)		16.248

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.52 m/s
ENERGÍA MENSUAL	11633.83 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	552.38 W/m <sup>2</sup>

## OCTUBRE 2018

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)						C.E. TALARA			
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1440	100.00%	744	0	1	0
1	2	1	0.069%	1440	100.00%	744	1	2	0.48011
2	3	2	0.139%	1439	99.93%	743	2	3	1.034665
3	4	12	0.833%	1437	99.79%	742	3	4	0.867
4	5	61	4.236%	1425	98.96%	736	4	5	3.005
5	6	201	13.958%	1364	94.72%	705	5	6	7.267
6	7	243	16.875%	1163	80.76%	601	6	7	9.558
7	8	343	23.819%	920	63.89%	475	7	8	15.428
8	9	344	23.889%	577	40.07%	298	8	9	20.913
9	10	142	9.861%	233	16.18%	120	9	10	26.690
10	11	60	4.167%	91	6.32%	47	10	11	29.709
11	12	24	1.667%	31	2.15%	16	11	12	29.983
12	13	7	0.486%	7	0.49%	4	12	13	29.912
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1440	100%	-	-	-	PROM(mes)		16.175

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.50 m/s
ENERGÍA MENSUAL	12009.62 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	552.80 W/m2

## NOVIEMBRE 2018

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (720 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1344	100.00%	720	0	1	0
1	2	0	0.000%	1344	100.00%	720	1	2	0
2	3	0	0.000%	1344	100.00%	720	2	3	0
3	4	1	0.074%	1344	100.00%	720	3	4	1.250
4	5	20	1.488%	1343	99.93%	719	4	5	3.141
5	6	147	10.938%	1323	98.44%	709	5	6	8.210
6	7	219	16.295%	1176	87.50%	630	6	7	9.636
7	8	326	24.256%	957	71.21%	513	7	8	15.140
8	9	313	23.289%	631	46.95%	338	8	9	20.772
9	10	187	13.914%	318	23.66%	170	9	10	26.451
10	11	86	6.399%	131	9.75%	70	10	11	28.892
11	12	28	2.083%	45	3.35%	24	11	12	29.437
12	13	11	0.818%	17	1.26%	9	12	13	23.121
13	14	6	0.446%	6	0.45%	3	13	14	29.511
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1344	100%	-	-	-	PROM(mes)		17.886

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.88 m/s
ENERGÍA MENSUAL	12869.06 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	632.09 W/m2

## DICIEMBRE 2018

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	8	0.538%	1488	100.00%	744	0	1	0
1	2	2	0.134%	1480	99.46%	740	1	2	0
2	3	3	0.202%	1478	99.33%	739	2	3	0.02666667
3	4	13	0.874%	1475	99.13%	738	3	4	0.722
4	5	65	4.368%	1462	98.25%	731	4	5	2.450
5	6	177	11.895%	1397	93.88%	699	5	6	7.535
6	7	251	16.868%	1220	81.99%	610	6	7	8.818
7	8	344	23.118%	969	65.12%	485	7	8	13.915
8	9	379	25.470%	625	42.00%	313	8	9	19.830
9	10	192	12.903%	246	16.53%	123	9	10	25.647
10	11	45	3.024%	54	3.63%	27	10	11	28.695
11	12	4	0.269%	9	0.60%	5	11	12	29.559
12	13	5	0.336%	5	0.34%	3	12	13	10.144
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1488	100%	-	-	-	PROM(mes)		15.261

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.49 m/s
ENERGÍA MENSUAL	11201.24 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	542.89 W/m2



## ENERO 2019

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	4	0.309%	1296	100.00%	744	0	1	0
1	2	15	1.157%	1292	99.69%	742	1	2	0
2	3	54	4.167%	1277	98.53%	733	2	3	0.012
3	4	66	5.093%	1223	94.37%	702	3	4	0.537
4	5	128	9.877%	1157	89.27%	664	4	5	2.506
5	6	229	17.670%	1029	79.40%	591	5	6	5.662
6	7	247	19.059%	800	61.73%	459	6	7	7.757
7	8	206	15.895%	553	42.67%	317	7	8	12.552
8	9	212	16.358%	347	26.77%	199	8	9	16.880
9	10	75	5.787%	135	10.42%	78	9	10	22.356
10	11	42	3.241%	60	4.63%	34	10	11	26.085
11	12	14	1.080%	18	1.39%	10	11	12	27.593
12	13	4	0.309%	4	0.31%	2	12	13	28.279
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1296	100%	-	-	-	PROM(mes)		10.095

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	6.55 m/s
ENERGÍA MENSUAL	6990.49 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	415.84 W/m <sup>2</sup>

## FEBRERO 2019

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (672hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	23	1.917%	1200	100.00%	672	0	1	0
1	2	85	7.083%	1177	98.08%	659	1	2	0
2	3	176	14.667%	1092	91.00%	612	2	3	0.010
3	4	209	17.417%	916	76.33%	513	3	4	0.655
4	5	208	17.333%	707	58.92%	396	4	5	2.483
5	6	216	18.000%	499	41.58%	279	5	6	4.866
6	7	137	11.417%	283	23.58%	158	6	7	7.905
7	8	78	6.500%	146	12.17%	82	7	8	10.860
8	9	56	4.667%	68	5.67%	38	8	9	13.256
9	10	8	0.667%	12	1.00%	7	9	10	24.125
10	11	4	0.333%	4	0.33%	2	10	11	29.018
11	12	0	0.000%	0	0.00%	0	11	12	0.000
12	13	0	0.000%	0	0.00%	0	12	13	0.000
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0.000
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1200	100%	-	-	-	PROM(mes)		5.374

## MARZO 2019

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	144	9.677%	1488	100.00%	744	0	1	0.159
1	2	41	2.755%	1344	90.32%	672	1	2	0.000
2	3	137	9.207%	1303	87.57%	652	2	3	0.011
3	4	193	12.970%	1166	78.36%	583	3	4	0.692
4	5	295	19.825%	973	65.39%	487	4	5	2.548
5	6	300	20.161%	678	45.56%	339	5	6	5.224
6	7	204	13.710%	378	25.40%	189	6	7	8.612
7	8	119	7.997%	174	11.69%	87	7	8	13.567
8	9	38	2.554%	55	3.70%	28	8	9	19.405
9	10	12	0.806%	17	1.14%	9	9	10	26.147
10	11	5	0.336%	5	0.34%	3	10	11	29.025
11	12	0	0.000%	0	0.00%	0	11	12	0.000
12	13	0	0.000%	0	0.00%	0	12	13	0.000
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1488	100%	-	-	-	PROM(mes)		6.190

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	4.98 m/s
ENERGÍA MENSUAL	3522.19 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	192.99 W/m2

## ABRIL 2019

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (720 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	3	0.216%	1392	100.00%	720	0	1	0.31016
1	2	30	2.155%	1389	99.78%	718	1	2	0.242733
2	3	31	2.227%	1359	97.63%	703	2	3	0.64302742
3	4	44	3.161%	1328	95.40%	687	3	4	0.827
4	5	85	6.106%	1284	92.24%	664	4	5	3.097
5	6	152	10.920%	1199	86.14%	620	5	6	5.693
6	7	228	16.379%	1047	75.22%	542	6	7	9.157
7	8	311	22.342%	819	58.84%	424	7	8	13.793
8	9	257	18.463%	508	36.49%	263	8	9	20.104
9	10	172	12.356%	251	18.03%	130	9	10	26.008
10	11	48	3.448%	79	5.68%	41	10	11	29.078
11	12	21	1.509%	31	2.23%	16	11	12	29.834
12	13	10	0.718%	10	0.72%	5	12	13	30.189
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0.000
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1392	100%	-	-	-	PROM(mes)		14.378

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.17 m/s
ENERGÍA MENSUAL	9870.21 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	527.33 W/m <sup>2</sup>

## MAYO 2019

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1248	100.00%	744	0	1	0
1	2	0	0.000%	1248	100.00%	744	1	2	0
2	3	4	0.321%	1248	100.00%	744	2	3	0
3	4	11	0.881%	1244	99.68%	742	3	4	0.424
4	5	25	2.003%	1233	98.80%	735	4	5	2.509
5	6	41	3.285%	1208	96.79%	720	5	6	5.531
6	7	134	10.737%	1167	93.51%	696	6	7	9.152
7	8	248	19.872%	1033	82.77%	616	7	8	14.096
8	9	332	26.603%	785	62.90%	468	8	9	20.135
9	10	242	19.391%	453	36.30%	270	9	10	26.357
10	11	150	12.019%	211	16.91%	126	10	11	29.426
11	12	50	4.006%	61	4.89%	36	11	12	29.981
12	13	9	0.721%	11	0.88%	7	12	13	30.003
13	14	2	0.160%	2	0.16%	1	13	14	30.162
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1248	100%	-	-	-	PROM(mes)		19.105

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	8.43 m/s
ENERGÍA MENSUAL	14108.78 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	766.59 W/m2

## JUNIO 2019

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (720 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	18	1.339%	1344	100.00%	720	0	1	0
1	2	1	0.074%	1326	98.66%	710	1	2	0
2	3	2	0.149%	1325	98.59%	710	2	3	0
3	4	5	0.372%	1323	98.44%	709	3	4	0.871
4	5	24	1.786%	1318	98.07%	706	4	5	2.912
5	6	51	3.795%	1294	96.28%	693	5	6	5.834
6	7	150	11.161%	1243	92.49%	666	6	7	9.843
7	8	237	17.634%	1093	81.32%	586	7	8	14.878
8	9	327	24.330%	856	63.69%	459	8	9	21.443
9	10	324	24.107%	529	39.36%	283	9	10	27.053
10	11	140	10.417%	205	15.25%	110	10	11	29.580
11	12	36	2.679%	65	4.84%	35	11	12	30.065
12	13	21	1.563%	29	2.16%	16	12	13	29.758
13	14	8	0.595%	8	0.60%	4	13	14	29.969
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1344	100%	-	-	-	PROM(mes)		20.395

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	8.50 m/s
ENERGÍA MENSUAL	14439.73 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	782.11 W/m2

## JULIO 2019

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1200	100.00%	744	0	1	0
1	2	2	0.167%	1200	100.00%	744	1	2	0
2	3	7	0.583%	1198	99.83%	743	2	3	0
3	4	21	1.750%	1191	99.25%	738	3	4	1.718
4	5	49	4.083%	1170	97.50%	725	4	5	4.173
5	6	87	7.250%	1121	93.42%	695	5	6	5.896
6	7	178	14.833%	1034	86.17%	641	6	7	11.515
7	8	227	18.917%	856	71.33%	531	7	8	14.941
8	9	318	26.500%	629	52.42%	390	8	9	21.450
9	10	208	17.333%	311	25.92%	193	9	10	26.591
10	11	66	5.500%	103	8.58%	64	10	11	27.870
11	12	26	2.167%	37	3.08%	23	11	12	26.575
12	13	5	0.417%	11	0.92%	7	12	13	22.710
13	14	3	0.250%	6	0.50%	4	13	14	23.667
14	15	2	0.167%	3	0.25%	2	14	15	25
15	16	1	0.083%	1	0.08%	1	15	16	21
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1200	100%	-	-	-	PROM(mes)		17.577

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.88 m/s
ENERGÍA MENSUAL	12919.21 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	647.71 W/m <sup>2</sup>

## AGOSTO 2019

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1392	100.00%	744	0	1	0
1	2	6	0.431%	1392	100.00%	744	1	2	0
2	3	24	1.724%	1386	99.57%	741	2	3	0.048715
3	4	42	3.017%	1362	97.84%	728	3	4	0.781
4	5	71	5.101%	1320	94.83%	706	4	5	3.040
5	6	160	11.494%	1249	89.73%	668	5	6	5.789
6	7	248	17.816%	1089	78.23%	582	6	7	9.581
7	8	269	19.325%	841	60.42%	450	7	8	14.498
8	9	227	16.307%	572	41.09%	306	8	9	21.648
9	10	203	14.583%	345	24.78%	184	9	10	27.089
10	11	95	6.825%	142	10.20%	76	10	11	29.577
11	12	32	2.299%	47	3.38%	25	11	12	30.001
12	13	13	0.934%	15	1.08%	8	12	13	30.046
13	14	2	0.144%	2	0.14%	1	13	14	30.155665
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1392	100%	-	-	-	PROM(mes)		16.163

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.51 m/s
ENERGÍA MENSUAL	11774.65 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	592.13 W/m <sup>2</sup>



## SETIEMBRE 2019

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (720 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1344	100.00%	720	0	1	0
1	2	4	0.298%	1344	100.00%	720	1	2	0
2	3	19	1.414%	1340	99.70%	718	2	3	0.01329158
3	4	41	3.051%	1321	98.29%	708	3	4	2.287
4	5	112	8.333%	1280	95.24%	686	4	5	4.865
5	6	143	10.640%	1168	86.90%	626	5	6	6.709
6	7	171	12.723%	1025	76.26%	549	6	7	11.375
7	8	275	20.461%	854	63.54%	458	7	8	16.494
8	9	260	19.345%	579	43.08%	310	8	9	22.763
9	10	137	10.193%	319	23.74%	171	9	10	27.597
10	11	91	6.771%	182	13.54%	98	10	11	29.491
11	12	41	3.051%	91	6.77%	49	11	12	29.752
12	13	42	3.125%	50	3.72%	27	12	13	29.706
13	14	5	0.372%	8	0.60%	4	13	14	26.054
14	15	3	0.223%	3	0.22%	2	14	15	19.9572367
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1344	100%	-	-	-	PROM(mes)		17.108

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.61 m/s
ENERGÍA MENSUAL	11992.95 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	637.11 W/m <sup>2</sup>

## OCTUBRE 2019

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)						C.E. TALARA			
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1440	100.00%	744	0	1	0
1	2	3	0.208%	1440	100.00%	744	1	2	0
2	3	4	0.278%	1437	99.79%	742	2	3	0
3	4	10	0.694%	1433	99.51%	740	3	4	1.571
4	5	63	4.375%	1423	98.82%	735	4	5	3.222
5	6	143	9.931%	1360	94.44%	703	5	6	6.097
6	7	239	16.597%	1217	84.51%	629	6	7	10.279
7	8	283	19.653%	978	67.92%	505	7	8	15.972
8	9	287	19.931%	695	48.26%	359	8	9	22.484
9	10	231	16.042%	408	28.33%	211	9	10	28.018
10	11	116	8.056%	177	12.29%	91	10	11	29.889
11	12	42	2.917%	61	4.24%	32	11	12	30.146
12	13	17	1.181%	19	1.32%	10	12	13	30.194
13	14	2	0.139%	2	0.14%	1	13	14	30.24932
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1440	100%	-	-	-	PROM(mes)		18.307

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.87 m/s
ENERGÍA MENSUAL	13547.40 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	652.98 W/m <sup>2</sup>

## NOVIEMBRE 2019

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (720 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	6	0.417%	1440	100.00%	720	0	1	0
1	2	0	0.000%	1434	99.58%	717	1	2	0
2	3	2	0.139%	1434	99.58%	717	2	3	0.072055
3	4	18	1.250%	1432	99.44%	716	3	4	1.014
4	5	87	6.042%	1414	98.19%	707	4	5	2.995
5	6	117	8.125%	1327	92.15%	664	5	6	5.831
6	7	219	15.208%	1210	84.03%	605	6	7	9.661
7	8	327	22.708%	991	68.82%	496	7	8	15.389
8	9	323	22.431%	664	46.11%	332	8	9	21.721
9	10	198	13.750%	341	23.68%	171	9	10	26.463
10	11	84	5.833%	143	9.93%	72	10	11	27.885
11	12	23	1.597%	59	4.10%	30	11	12	18.773
12	13	8	0.556%	36	2.50%	18	12	13	23.263
13	14	7	0.486%	28	1.94%	14	13	14	22.848
14	15	6	0.417%	21	1.46%	11	14	15	25.1212617
15	16	7	0.486%	15	1.04%	8	15	16	24.0782329
16	17	4	0.278%	8	0.56%	4	16	17	23.3338525
17	18	2	0.139%	4	0.28%	2	17	18	24.38226
18	19	2	0.139%	2	0.14%	1	18	19	25.168155
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1440	100%	-	-	-	PROM(mes)		16.793

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.85 m/s
ENERGÍA MENSUAL	11998.40 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	670.55 W/m <sup>2</sup>

## DICIEMBRE 2019

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1440	100.00%	744	0	1	0
1	2	0	0.000%	1440	100.00%	744	1	2	0
2	3	3	0.208%	1440	100.00%	744	2	3	0
3	4	3	0.208%	1437	99.79%	742	3	4	0.800
4	5	68	4.722%	1434	99.58%	741	4	5	3.199
5	6	176	12.222%	1366	94.86%	706	5	6	5.990
6	7	284	19.722%	1190	82.64%	615	6	7	9.382
7	8	343	23.819%	906	62.92%	468	7	8	14.489
8	9	294	20.417%	563	39.10%	291	8	9	20.790
9	10	188	13.056%	269	18.68%	139	9	10	26.863
10	11	56	3.889%	81	5.63%	42	10	11	29.559
11	12	21	1.458%	25	1.74%	13	11	12	30.164
12	13	4	0.278%	4	0.28%	2	12	13	29.800
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1440	100%	-	-	-	PROM(mes)		15.903

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.55 m/s
ENERGÍA MENSUAL	11759.98 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	561.08 W/m <sup>2</sup>

## ENERO 2020

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1488	100.00%	744	0	1	0
1	2	21	1.411%	1488	100.00%	744	1	2	0
2	3	37	2.487%	1467	98.59%	734	2	3	0.02432432
3	4	59	3.965%	1430	96.10%	715	3	4	0.783
4	5	129	8.669%	1371	92.14%	686	4	5	2.818
5	6	183	12.298%	1242	83.47%	621	5	6	5.354
6	7	287	19.288%	1059	71.17%	530	6	7	9.240
7	8	288	19.355%	772	51.88%	386	7	8	14.204
8	9	230	15.457%	484	32.53%	242	8	9	20.191
9	10	152	10.215%	254	17.07%	127	9	10	25.890
10	11	67	4.503%	102	6.85%	51	10	11	28.477
11	12	22	1.478%	35	2.35%	18	11	12	28.277
12	13	9	0.605%	13	0.87%	7	12	13	29.433
13	14	4	0.269%	4	0.27%	2	13	14	30.225
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1488	100%	-	-	-	PROM(mes)		13.764

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	7.02 m/s
ENERGÍA MENSUAL	9813.98 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	500.70 W/m <sup>2</sup>

## FEBRERO 2020

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (696 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	0	0.000%	1344	100.00%	696	0	1	0
1	2	17	1.265%	1344	100.00%	696	1	2	0
2	3	39	2.902%	1327	98.74%	687	2	3	0.01282051
3	4	64	4.762%	1288	95.83%	667	3	4	0.696
4	5	138	10.268%	1224	91.07%	634	4	5	2.679
5	6	262	19.494%	1086	80.80%	562	5	6	5.490
6	7	290	21.577%	824	61.31%	427	6	7	9.151
7	8	276	20.536%	534	39.73%	277	7	8	14.111
8	9	179	13.318%	258	19.20%	134	8	9	20.181
9	10	53	3.943%	79	5.88%	41	9	10	25.963
10	11	18	1.339%	26	1.93%	13	10	11	29.677
11	12	8	0.595%	8	0.60%	4	11	12	30.132
12	13	0	0.000%	0	0.00%	0	12	13	0.000
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0.000
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1344	100%	-	-	-	PROM(mes)		10.911

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	6.48 m/s
ENERGÍA MENSUAL	7121.50 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	381.49 W/m <sup>2</sup>

## MARZO 2020

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (744 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	7	0.470%	1488	100.00%	744	0	1	0
1	2	47	3.159%	1481	99.53%	741	1	2	0
2	3	112	7.527%	1434	96.37%	717	2	3	0.039
3	4	179	12.030%	1322	88.84%	661	3	4	0.732
4	5	194	13.038%	1143	76.81%	572	4	5	2.715
5	6	274	18.414%	949	63.78%	475	5	6	5.117
6	7	302	20.296%	675	45.36%	338	6	7	8.841
7	8	212	14.247%	373	25.07%	187	7	8	13.349
8	9	114	7.661%	161	10.82%	81	8	9	17.865
9	10	35	2.352%	47	3.16%	24	9	10	21.551
10	11	11	0.739%	12	0.81%	6	10	11	28.736
11	12	1	0.067%	1	0.07%	1	11	12	30.100
12	13	0	0.000%	0	0.00%	0	12	13	0.000
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1488	100%	-	-	-	PROM(mes)		8.367

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	5.59 m/s
ENERGÍA MENSUAL	5350.57 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	273.92 W/m2

## ABRIL 2020

VELOCIDAD STANDARD (TALARA)							C.E. TALARA		
m/s		Cantidad Relativa	Frecuencia Relativa	Cantidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Absisa (720 hrs)	m/s		P PROM (MW)
0	1	19	1.319%	1440	100.00%	720	0	1	0
1	2	20	1.389%	1421	98.68%	711	1	2	0
2	3	70	4.861%	1401	97.29%	701	2	3	0.02
3	4	112	7.778%	1331	92.43%	666	3	4	0.705
4	5	150	10.417%	1219	84.65%	610	4	5	2.772
5	6	160	11.111%	1069	74.24%	535	5	6	5.503
6	7	244	16.944%	909	63.13%	455	6	7	8.765
7	8	246	17.083%	665	46.18%	333	7	8	13.010
8	9	219	15.208%	419	29.10%	210	8	9	20.510
9	10	125	8.681%	200	13.89%	100	9	10	26.169
10	11	50	3.472%	75	5.21%	38	10	11	29.364
11	12	18	1.250%	25	1.74%	13	11	12	29.483
12	13	7	0.486%	7	0.49%	4	12	13	30.271
13	14	0	0.000%	0	0.00%	0	13	14	0.000
14	15	0	0.000%	0	0.00%	0	14	15	0
15	16	0	0.000%	0	0.00%	0	15	16	0
16	17	0	0.000%	0	0.00%	0	16	17	0
17	18	0	0.000%	0	0.00%	0	17	18	0
18	19	0	0.000%	0	0.00%	0	18	19	0
19	20	0	0.000%	0	0.00%	0	19	20	0
20	21	0	0.000%	0	0.00%	0	20	21	0
21	22	0	0.000%	0	0.00%	0	21	22	0
22	23	0	0.000%	0	0.00%	0	22	23	0
23	24	0	0.000%	0	0.00%	0	23	24	0
24	25	0	0.000%	0	0.00%	0	24	25	0
TOTAL		1440	100%	-	-	-	PROM(mes)		12.730

VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO	6.62 m/s
ENERGÍA MENSUAL	8344.65 MWh
DENSIDAD DE POTENCIA EÓLICA PROM.	444.62 W/m2





### DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Ricardo Antonio Ledrón Maguina  
estudiante / docente de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	<input checked="" type="checkbox"/>
-----------	----------	--	-----------	--	------------	-------------------------------------

Escuela Profesional: ENERGÍA

Departamento Académico: ENERGÍA, FÍSICA Y MECÁNICA

Escuela de Posgrado	Maestría	<input checked="" type="checkbox"/>	Doctorado	
---------------------	----------	-------------------------------------	-----------	--

Programa: Ciencias Energéticas con Mención en Ingeniería Energética

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

Determinación y Análisis de la Eficiencia Energética del Parque Eólico de Talara

presentado en 21 folios, para la obtención del Grado académico:

Título profesional:	( )	Investigación anual:	( )
---------------------	-----	----------------------	-----

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 20 de Mayo de 2021

Firma:

Nombres y Apellidos: Ricardo Antonio Ledrón Maguina

DNI: 72839286