

**UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA**



**Facultad de Ciencias e Ingeniería “Alberto Cazorla Telleri”**

**PROYECTOS DE INGENIERÍA 1**

**INVESTIGACIÓN DE NORMAS Y MATERIALES**

**Docentes del curso:**

**Umbert Lewis de la Cruz Rodriguez**

**Harry Rivera Tito**

**Renzo Chan Rios**

**Moises Meza Rodriguez**

**GRUPO: 6**

**Integrantes:**

Florián Párraga Josué Abel

Jara Bocanegra Edwin Junior

Pérez Amado Romina Alisson

Pérez Damián Cindy Mayomi

Vasquez Nuñez America Mailyn

## Lima, Perú

2024

### 1.NORMA:

La **Organización Meteorológica Mundial** (OMM), entidad internacional encargada de la coordinación y normalización de los procedimientos relacionados con el clima y la meteorología, establece que los anemómetros oficiales deben ser instalados en torretas o mástiles ubicados a una altura de **10 metros** sobre el nivel del suelo o del mar. Esta altura estándar es fundamental para garantizar la comparabilidad y precisión de las mediciones del viento, ya que permite obtener datos consistentes y representativos de las condiciones atmosféricas en una escala global.

En este contexto, es importante comprender que la **velocidad del viento** no es una constante, sino que varía significativamente con la altura sobre el suelo. Esta variabilidad está descrita por la **Ley Exponencial de Hellmann**, la cual establece que la velocidad del viento aumenta de forma exponencial con la altura. Según esta ley, la relación entre la velocidad del viento a una altura dada  $V(h)$  y la velocidad del viento a otra altura  $V(h_0)$  se puede expresar mediante una ecuación matemática que tiene en cuenta las características del terreno. En términos sencillos, esto significa que si se mide la velocidad del viento a una altura determinada, es posible estimar su valor a otras alturas, lo cual resulta fundamental para la evaluación precisa de los vientos en distintas capas de la atmósfera.

$$V_h = V_{10} \left( \frac{h}{10} \right)^\alpha$$

Donde:

$V_h$ : Velocidad del viento a la altura  $h$  (m/s)

$h$ : Altura (m)

$V_{10}$ : Velocidad del viento a 10 metros de altura (m/s)

$\alpha$ : Exponente de Hellmann que varía con la rugurosidad del terreno y cuyos valores están indicados en la tabla 2

Tabla 2. Valores del exponente de Hellmann en función de la rigurosidad del terreno  
(Fuente: Fernández-Diez 1993)

Tipo de Terreno	Valor del exponente de Hellmann
Lugares llanos con hielo o hierva	$\alpha = 0.08 \div 0.12$
Lugares llanos (mar, costa)	$\alpha = 0.14$
Terrenos poco accidentados	$\alpha = 0.13 \div 0.16$
Zonas turísticas	$\alpha = 0.2$
Terrenos accidentados o bosques	$\alpha = 0.02 \div 0.26$
Terrenos muy accidentados y ciudades	$\alpha = 0.25 \div 0.4$

A partir de la Ley Exponencial de Hellmann, se puede calcular la velocidad del viento a cualquier altura  $h$ , siempre que se tenga la medición de la velocidad a una altura de referencia  $h_0$ . Esta relación se puede modelar a través de la siguiente ecuación:

$$V_{10} = V_h \left( \frac{10}{h} \right)^{\alpha}$$

De esta manera, al conocer la velocidad del viento a una altura de referencia, es posible calcular la velocidad correspondiente a cualquier otra altura, lo que resulta muy útil en estudios meteorológicos y en la planificación de infraestructuras como parques eólicos, donde la variabilidad de la velocidad del viento con la altura tiene un impacto directo en el rendimiento de las turbinas.

En resumen, la Ley Exponencial de Hellmann proporciona una herramienta valiosa para ajustar y extrapolar las mediciones del viento realizadas a distintas alturas, garantizando la precisión de los datos y facilitando su uso en aplicaciones prácticas como la predicción del clima y la evaluación de los recursos eólicos.

### 1.1 Pruebas realizadas con la ecuación:

Un artículo científico “Valoración del viento como fuente de energía eólica en el estado de Guerrero”, este estudio tiene como objetivo evaluar el potencial de generación de energía eólica en el estado de Guerrero, México. Dado el crecimiento de la energía eólica a nivel global y el desarrollo reciente de esta tecnología en México, la investigación busca identificar las zonas dentro del estado donde el recurso eólico es más viable para el aprovechamiento energético. Para ello, se emplearon datos de velocidad y dirección del viento obtenidos mediante el modelo numérico WRF, que simula condiciones atmosféricas, y se determinaron las velocidades del viento a diferentes alturas para evaluar la factibilidad de instalar aerogeneradores en diversas localidades.

**Aplicación de la ecuación de Hellmann:** En los resultados, el artículo utiliza la ecuación de Hellmann para extrapolar la velocidad del viento a alturas superiores a partir de mediciones a 10 metros de altura. Esta ecuación permite ajustar la velocidad del viento a diferentes alturas considerando la rugosidad del terreno, representada por el exponente de Hellmann  $\alpha$ . Para el estudio, el exponente adoptado fue  $\alpha=0.16$ , aplicable a terrenos poco accidentados, lo cual permitió calcular las velocidades del viento a 30 metros de altura y estimar con mayor precisión el potencial eólico aprovechable en cada punto de la malla generada

## 2. Velocidad de viento:

Según la IDAE (instituto de diversificación y ahorro de energía):

La velocidad mínima de viento necesaria para generar electricidad varía dependiendo del diseño y tipo de aerogenerador, pero en términos generales:

- **Aerogeneradores modernos:** La velocidad mínima del viento para que comiencen a generar energía (velocidad de arranque o "cut-in") suele estar entre 3 y 5 metros por segundo (m/s), que equivale a unos 11-18 km/h.
- **Velocidad óptima:** Para generar electricidad de manera eficiente, los aerogeneradores requieren velocidades de viento de 10 a 15 m/s (36-54 km/h).
- **Velocidad máxima de seguridad:** Por encima de los 25 m/s (90 km/h), la mayoría de los aerogeneradores modernos se detienen automáticamente para evitar daños.

En zonas con vientos más bajos, las turbinas diseñadas específicamente para baja velocidad pueden funcionar con vientos desde 2 m/s. Esto se ve frecuentemente en aplicaciones pequeñas o domésticas.

## 3. Irradiancia solar:

La irradiancia mínima requerida para generar energía eléctrica con paneles solares fotovoltaicos depende de varios factores, incluidos el tipo de tecnología del panel y el diseño del sistema, pero en general:

Valores aproximados:

- Irradiancia mínima utilizable: Los paneles solares modernos pueden generar energía a partir de irradiancias tan bajas como  $100 \text{ W/m}^2$  . Sin embargo, la generación de energía a este nivel será mínima.
- Irradiancia óptima según el Ministerio de Energía y Minas: Para obtener un rendimiento significativo, los paneles suelen requerir al menos  $500\text{-}1000 \text{ W/m}^2$  , que corresponden a niveles de irradiancia en un día soleado típico al mediodía.
- Condiciones de baja irradiancia : Los paneles solares con tecnología avanzada, como los de silicio monocristalino, son más eficientes en condiciones de baja irradiancia (eg, días nublados), aprovechando hasta el 10-20% de la luz incidente.

#### 4. MATERIAL DEL CASE:

Evaluación del Uso de PLA en Aplicaciones Expuestas al Calor:

El ácido poliláctico (PLA) es uno de los materiales más utilizados en impresión 3D gracias a su facilidad de uso, costo accesible y carácter ecológico. Este polímero se deriva de materias primas renovables, como el almidón de maíz, las raíces de tapioca y la caña de azúcar, lo que permite que, bajo ciertas condiciones, sea biodegradable. Sin embargo, el PLA tiene limitaciones importantes relacionadas con su desempeño en entornos de alta temperatura, lo que restringe su aplicabilidad en escenarios con exposición prolongada al sol o al calor.

Comportamiento térmico del PLA:

El PLA tiene una **temperatura de reblandecimiento (HDT)** de aproximadamente **55-60°C**, lo que significa que comienza a perder rigidez y a deformarse cuando alcanza este rango térmico. En entornos cálidos, como vehículos o exteriores durante los meses de verano, las temperaturas pueden fácilmente superar este umbral, lo que provoca deformaciones significativas en las piezas impresas. Estudios recientes han demostrado que esta vulnerabilidad limita su uso en condiciones de exposición constante al sol, donde las temperaturas superficiales pueden alcanzar hasta **70°C o más** en climas cálidos.

Incluso en climas templados, la exposición prolongada puede causar deformaciones graduales, reduciendo la funcionalidad y vida útil de los objetos fabricados con PLA.

#### Alternativas para mejorar el rendimiento térmico

Para aplicaciones que exigen mayor resistencia al calor, se pueden considerar las siguientes alternativas al PLA convencional:

1. **PLA reforzado:** Los compuestos como el PLA+ incluye aditivos o mezclas que aumentan ligeramente la resistencia térmica y mecánica. Aunque sigue siendo biodegradable, estas mejoras no suelen ser suficientes para aplicaciones en exteriores con exposición intensa al calor.
2. **PETG (tereftalato de polietileno glicol-modificado):** Este material combina durabilidad y resistencia al calor, soportando temperaturas de hasta 70-80°C sin deformarse. Es más resistente a la intemperie y menos quebradizo que el PLA, lo que lo convierte en una opción adecuada para proyectos exteriores.
3. **ABS (acrilonitrilo butadieno estireno):** Reconocido por su alta tolerancia térmica, el ABS puede resistir temperaturas cercanas a 100°C, lo que lo hace ideal para aplicaciones industriales o automotrices. Sin embargo, su impresión es más compleja, ya que requiere mayores temperaturas de extrusión y cama caliente, además de emitir vapores que deben ser manejados en un entorno ventilado (Torrado Pérez & Shemelya, 2020).
4. **Nylon y compuestos avanzados:** Para aplicaciones de alto rendimiento, los materiales como el nylon o polímeros compuestos ofrecen propiedades superiores en resistencia térmica y mecánica, aunque a un costo mayor y con mayor dificultad de impresión.

## **Impacto ambiental y sostenibilidad**

Aunque el PLA es un material renovable y biodegradable, su degradación efectiva sólo ocurre bajo condiciones industriales específicas, como alta humedad y temperaturas superiores a 58°C, que no se encuentran en entornos naturales comunes (Kim & Choi, 2018). Por otro lado, materiales como PETG y ABS, aunque no biodegradables, ofrecen una mayor durabilidad y, por ende, una vida útil más prolongada, lo que puede mitigar su impacto ambiental en aplicaciones críticas.

## **Recomendaciones para aplicaciones específicas**

Para aplicaciones que requieren alta resistencia térmica o exposición prolongada al sol, se recomienda optar por materiales como PETG o ABS. Si se utiliza PLA, es fundamental garantizar que las piezas no estén expuestas a temperaturas superiores a 50°C y se empleen diseños reforzados para minimizar la deformación.

### Comparaciones de ambos materiales:

Cualidad	PLA	PETG
Facilidad de impresión	Muy alta	Alta
Temperatura de extrusión (°C)	200-240	225-245
Temperatura de cama caliente (°C)	0-40	60-90
Potencia del ventilador	100%	100%
Olor al imprimir	Nada	Muy poco
Adhesión entre capas	Media	Alta
Precio (euros/kg)	23,50	33,85

Cualidad	PLA	PETG
Densidad (g/cm3)	1,24	1,27
Resistencia a tracción (MPa)	Alta: 3309	Media-Baja: 50
Resistencia a flexión (kg/cm2)	Muy alta: 485	Media: 700
Resistencia al impacto (KJ/m2)	Muy baja: 20	Media: 105
Temperatura de deformación (°C)	Baja: 55	Alta: 85
Resistencia UVA y humedad	Muy baja	Buena
Reciclabilidad	Buena	Buena
Ópticas	Exactitud en el color	Transparencia

### Referencias bibliográficas:

Álvarez, C. (2006, September). Energía eólica (IDAE, Ed.) [Review of Energía eólica]. Instituto Para La Diversificación Y Ahorro de La Energía; Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. <http://www.esengrupo.com/uploads/descargas/archivo/Manual%20de%20Energ%C3%ADa%20E%C3%B3lica%20IDAE.pdf>

Collado, R. B. (s/f). INVESTIGACIÓN DE MATERIALES PARA IMPRESIÓN 3D DE TEJIDOS. Upm.es. Recuperado el 21 de noviembre de 2024, de [https://oa.upm.es/71120/3/TFM\\_RAQUEL\\_BANEGIL\\_COLLADO.pdf](https://oa.upm.es/71120/3/TFM_RAQUEL_BANEGIL_COLLADO.pdf)

Fap Wilar, M., Molina, G., Fap, C., Cruzado, R., Senamhi, D., & Quijandría Salmón, J. (n.d.). SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS DIRECCIÓN EJECUTIVA DE PROYECTOS REPÚBLICA DEL PERÚ ATLAS DE ENERGÍA SOLAR DEL PERÚ. [https://www.senamhi.gob.pe/pdf/Atlas%20\\_de\\_Radiacion\\_Solar.pdf](https://www.senamhi.gob.pe/pdf/Atlas%20_de_Radiacion_Solar.pdf)

Uribe, I. M. (2018). Valoración del viento como fuente de energía eólica en el estado de Guerrero. *Ingeniería*, 22(3), 30-46.