

# Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

Dr. José I. Alameda Lozada

Dr. Edwin Irizarry Mora

Universidad de Puerto Rico - RUM



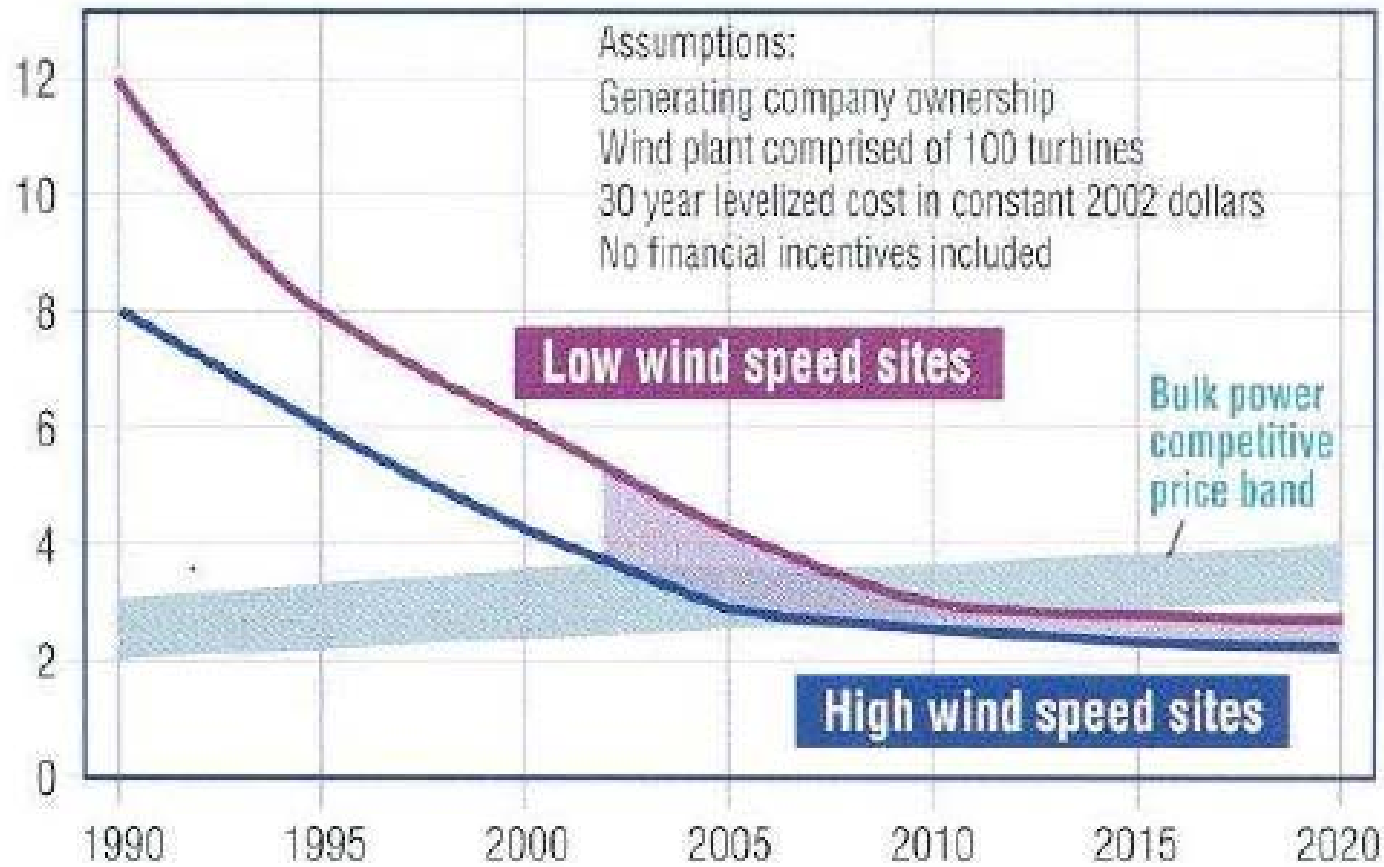
# Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

---

- El término *eólico* viene del latín *Aeolicus*, perteneciente o relativo a Éolo o Eolo, dios de los vientos en la mitología griega.
- La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas.
- La energía global producida en un período de un año está en función de las características del aerogenerador y de las características del viento en el lugar donde se ha instalado. Por consiguiente, la localización es la clave.

# Cost of Wind Energy

Levelized Cents/kWh



## Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

<u>Fuel</u>	<u>Levelized costs (cents/kWh) (1996)</u>
Coal	4.8-5.5
Gas	3.9-4.4
Hydro	5.1-11.3
Biomass	5.8-11.6
Nuclear	11.1-14.5
Wind (without PTC)	4.0-6.0
Wind (with PTC)	3.3-5.3

The cost of natural gas has increased since 1996, so that the levelized cost of gas-fired power plants would now be considerably higher. In January 2001, the cost of natural gas generated power was running as high as 15 cents to 20 cents per kWh in certain markets [3]. The cost of wind power, meanwhile, has declined slightly.

## Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

---

- El cuarto trimestre del 2006 se marca el comienzo de la “**revolución del viento**”.
- En Inglaterra se pusieron a la venta, en comercios por todo ese país, los nuevos micro generadores eólicos, al alcance de todos, con un manual de instalación, asistencia técnica para su instalación, y garantía de funcionamiento de 10 años.
- Estimaciones preliminares señalan que pueden producir hasta el 30% de la energía eléctrica consumida en una casa.

## Capacidad total de energía eólica instalada

(fin de año y últimas estimaciones)[3]

Posición	País	Capacidad (MW)		
		<u>2006 [4]</u>	2005	2004
1	<b>Alemania</b>	20.622	18.428	16.629
2	<b><u>España</u></b>	11.615	10.028	8.504
3	<b>USA</b>	11.603	9.149	6.725
4	<b>India</b>	6.27	4.43	3
5	<b>Dinamarca</b>	3.136	3.128	3.124
6	<b>China</b>	2.405	1.26	764
7	<b>Italia</b>	2.123	1.717	1.265
8	<b>Reino Unido</b>	1.963	1.353	888
9	<b>Portugal</b>	1.716	1.022	522
10	<b>Francia</b>	1.567	757	386
	<b>Total mundial</b>	<b>73.904MW</b>	<b>58.982</b>	<b>47.671</b>

- En E.U. los estados de California (32%) y Texas (24%) suman poco más de la mitad de la capacidad instalada.

# Países Latinoamericanos Capacidad de Generación por Energía Eólica

---

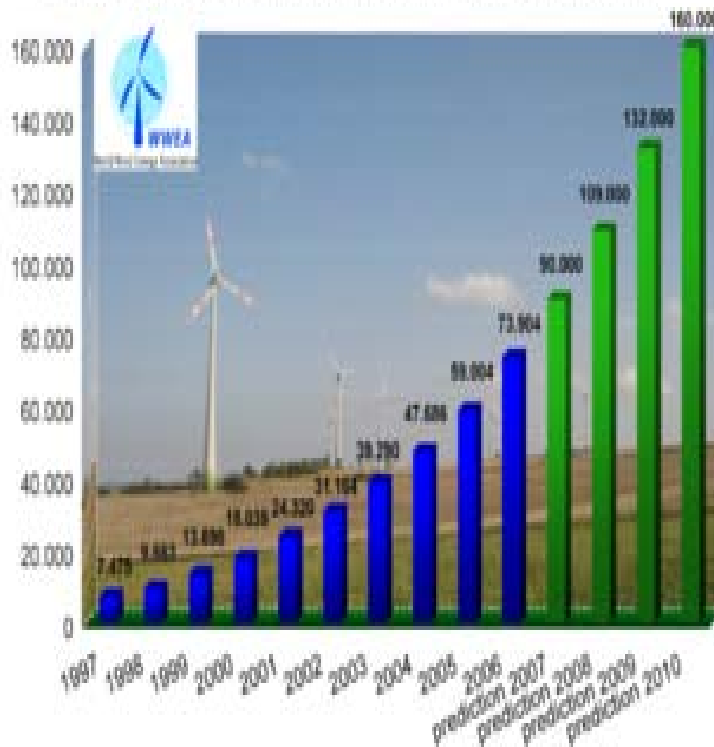
1. Brasil:256 MW
2. México:88 MW
3. Costa Rica:74 MW
4. Argentina:27 MW
5. Colombia:20 MW
6. Cuba:5 MW
7. Chile:2 MW
8. Perú:1 MW
9. Otros países del Caribe: 57 MW

# Capacidad total de energía eólica instalada (2006)

Existe una gran cantidad de aerogeneradores operando, con una capacidad total de 73,904 MW.

- **Europa** cuenta con el 65% (2006). \* \* El 90% de los parques eólicos se encuentran en Estados Unidos y Europa,
- El porcentaje de los cinco países punteros en nuevas instalaciones cayó del 71% en 2004 al 55% en 2005.
- Para 2010, la Asociación Mundial de Energía Eólica (*World Wind Energy Association*) espera que hayan instalados 160,000 MW, lo que implicaría un crecimiento anual de más de 15%.

World Wind Energy - Total Installed Capacity (MW) and Prediction 1997-2010





# Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

---



- Parque eólico La Venta Oaxaca México

## Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

---

- Esta forma de generación de energía eléctrica era conocida y utilizada en la primera mitad del siglo XX, pero en términos generales no era costo-efectiva.
- Se utilizaba en lugares aislados, desprovistos de redes de transmisión, y principalmente en el medio rural.

# Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

Table 2.1: Standard Wind Power Classification.

Wind Power Classification				
Wind Power Class	Resource Potential	Wind Power Density at 50m ( $W/m^2$ )	Wind Speed at 50m (m/s)	Wind Speed at 50m (mph)
1	Poor	< 200	< 5.6	< 12.5
2	Marginal	200 – 300	5.6 – 6.4	12.5 – 14.3
3	Fair	300 – 400	6.4 – 7.0	14.3 – 15.7
4	Good	400 – 500	7.0 – 7.5	15.7 – 16.8
5	Excellent	500 – 600	7.5 – 8.0	16.8 – 17.9
6	Outstanding	600 – 800	8.0 – 8.8	17.9 – 19.7
7	Superb	800 – 1600	8.8 – 11.1	19.7 – 24.8

Wind speeds are based on a Weibull k value of 2.0

# Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

---

- Elementos básicos para un análisis de costo-beneficio (ABC)
  - Desde una perspectiva económica amplia, el análisis de viabilidad de un proyecto no puede circunscribirse a los costos y beneficios financieros o privados.
  - El análisis más riguroso tiene que tomar en cuenta tanto los beneficios como los costos sociales. Es decir, para cada proyecto propuesto se deben cuantificar (mediante una medida monetaria) el flujo intertemporal de costos en que incurrirá la sociedad y de beneficios que generará el proyecto.
  - No puede excluirse ningún sector de la sociedad, especialmente a las comunidades, como tampoco a la academia, a los científicos individuales, o a las organizaciones bona-fide (SOPI, grupos comunitarios, etc.)

## Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

---

- Lo anterior significa que aún tecnologías como la eólica, que representan una esperanza para la diversificación en la producción energética, deben ser evaluadas tomando en cuenta la totalidad de los elementos cuantificables, desde la perspectiva de un ABC riguroso.
- En el caso de Puerto Rico un elemento de planificación de extrema importancia es la localización. Es decir, no sólo se trata de la disponibilidad de viento suficiente para que se cumpla con los requisitos técnicos discutidos ampliamente en este foro, sino que en nuestro caso no cabe duda que la localización de los proyectos es una variable crítica.
- De ahí que los estudios más recientes sobre el tema (tesis de Ramos Robles (2005) entre otros) destaquen el elemento de la localización como fundamental.

# Costo de la Energía Eólica

---

- El costo de la unidad de energía (**kWh**) producida en instalaciones eólicas se deduce de un cálculo bastante complejo. Para su evaluación se deben tener en cuenta diversos factores entre los cuales se destacan:
  1. El costo inicial o inversión inicial. El costo del aerogenerador representa aproximadamente el 60 a 70% de la inversión total. En Europa, el costo medio de una central eólica es de 1,000 Euros por **kW** de potencia instalada, lo que puede variar desde 1,250 €/kW para máquinas con unos 150 kW de potencia, hasta 880 €/kW para máquinas de 600 kW;
  2. Debe considerarse la **vida útil** de la instalación (aproximadamente 20 años) y la amortización de este costo;
  3. Los costos financieros para el proyectista;
  4. Los costos de operación y mantenimiento (pueden variar entre 1% y 3% de la inversión).

# Variables a tomar en cuenta para un proyecto de finca de viento

## PARA EL SECTOR PRIVADO

---

- Costo Iniciales
- Ingresos potenciales
- Servicio de la deuda
- Costos operacionales y de mantenimiento
- Alquiler del terreno (o costo oportunidad)

## COSTOS SOCIALES

- Impacto ambiental (flora, fauna), ruido, impacto visual, y el efecto potencial sobre las aves y su ecosistema.
- Costo de oportunidad del terreno (uso agrícola, si alguno, terrenos que **deben** conservarse por su valor ecológico).

# Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

---

## ■ En síntesis:

- Según la tesis de Ramos Robles, para un inversionista privado en Puerto Rico, la venta de energía producida por medio de una finca de molinos de viento podría ser a \$0.0837 o a \$0.0792 si recibe incentivos. La AEE podría vender a \$0.0673 o a \$0.0648 con incentivos. Si se emiten bonos, la cifra podría bajar a \$0.0554 o hasta un mínimo de \$0.0549 con incentivos.
- Los anteriores son escenarios realistas, pero suponen una localización y velocidad del viento (en distintas épocas del año) adecuadas, además de superar los aspectos de capacidad de producción y costos de instalación que se desprenden del análisis de sensibilidad efectuado por el autor.
- El mismo análisis concluye que la AEE tendría ventaja comparativa sobre inversionistas privados. Para estos últimos el riesgo de invertir es mayor.



# Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

---

- En síntesis:
  - El estudio citado reconoce como restricciones en su análisis que no se tomaron en cuenta los costos relacionados con el proceso de permisos, ni tampoco otros costos de pre-construcción.
  - Los proyectos de fincas de viento son intensivos en capital, lo que significa que requieren de un financiamiento sólido y que el tiempo de recuperar la inversión (dependiendo de la eficacia del equipo instalado) puede variar.
  - El estudio citado no considera ni cuantifica los factores ambientales, a los cuales también habría que asignarle costos.
  - **Finalmente, la viabilidad está íntimamente vinculada con la localización del proyecto. Esta es la variable crítica.**

# Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

---

## ■ Conclusiones

- No existe una “receta” para determinar la viabilidad “genérica” de la energía eólica en Puerto Rico
- El elemento de localización es fundamental. No es correcto afirmar que todos los lugares en Puerto Rico son viables, debido a las fluctuaciones en velocidad del tiempo en distintas épocas del año.
- Hasta la fecha en Puerto Rico carecemos de un análisis abarcador de costo-beneficio que incorpore las variables relacionadas con el medio-ambiente. Los estudios más rigurosos en otras jurisdicciones ya incorporan esta variable como fundamental.

# Costos y beneficios del uso de la energía eólica en Puerto Rico: análisis preliminar

---

## ■ Conclusiones

- Por lo tanto, ante las serias dudas y planteamientos responsables (desde el punto de vista técnico-científico, así como desde el punto de vista del interés de la comunidad) que se han vertido en distintos medios y foros durante los pasados meses, rechazamos firmemente el proyecto de instalación de molinos de viento en la jurisdicción de Punta Ventana-Punta Verraco en el municipio de Guayanilla.
- No solamente se trata de un proyecto cuya viabilidad se ha cuestionado, sino que en última instancia, al considerar en la ecuación el enorme costo ambiental que ya se ha producido (aún sin comenzar el proyecto) los costos sociales en el largo plazo exceden por mucho los beneficios que se puedan generar.