

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UNA INSTALACIÓN EÓLICA

Objetivo del trabajo.

Dados los costes de una instalación eólica, y dados los valores del viento existentes en una determinada localización, estimar el precio a que se podrán vender los kWh eléctricos generados.

Presentación del trabajo.

El trabajo se presentará escrito a máquina o impresora de ordenador. Constará al menos de los siguientes apartados:

- Breve introducción (unas 3 páginas) sobre la Energía Eólica
- Descripción del cálculo que se pretende hacer y del procedimiento empleado.
- Resultados obtenidos
- Discusión de los resultados

Para cualquier dato que se emplee en el trabajo se deberá citar de donde se obtuvo.

Procedimiento

Los datos y expresiones teóricas que se necesiten para resolver el problema se obtendrán fundamentalmente de búsquedas en Internet, de la biblioteca de la Universidad y de consultas con el profesor.

Algunas direcciones útiles para iniciar la búsqueda son:

www.ree.es
www.foronuclear.org/energia2007-0.jsp
www.infoeolica.com
www.awea.org
www.ewea.org
www.windpower.org/composite-188.htm
www.inm.es

Red eléctrica española
estadísticas energéticas
Energía eólica en España
American Wind Energy Association
European Wind Energy Association
Danish Wind Industry Association
Instituto meteorológico

Guía del cálculo

El viento que llega a las hélices de un aerogenerador lleva una energía cinética por unidad de tiempo igual

a: $\frac{dE_c}{dt} = \frac{1}{2} \frac{dm}{dt} v^2$ donde v es la velocidad del

viento y el caudal másico es equivalente a:

$$\frac{dm}{dt} = \rho \frac{dVol}{dt} = \rho A \frac{dx}{dt} = \rho Av \quad , \quad \text{donde } \rho \text{ es la}$$

densidad del aire y A la superficie barrida por las aspas de la hélice. Por tanto tenemos en definitiva que:

$$\frac{dE_c}{dt} = \frac{1}{2} \rho Av^3$$

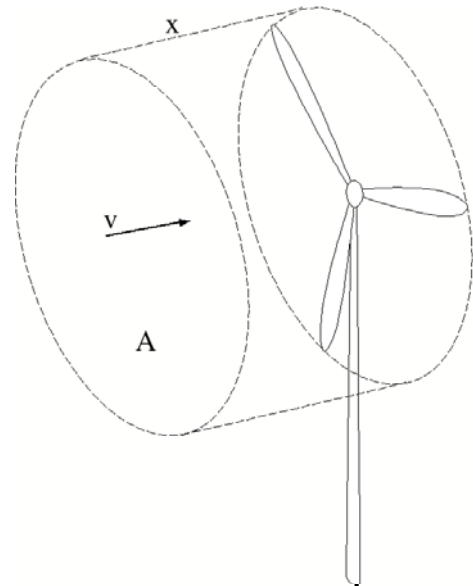
La potencia eléctrica generada vendrá entonces dada por:

$$P_{el} = \eta \frac{dE_c}{dt} = \eta \frac{1}{2} \rho Av^3$$

siendo η la eficiencia del modelo de hélice. Además existen unos valores de corte máximo y mínimo para la velocidad del viento por encima o debajo de los cuales la hélice no funciona.

El viento generalmente tiene cambios continuos de velocidad. Pero si consideramos una serie de intervalos de velocidad del viento, a lo largo del año el viento habrá estado soplando un determinado número de horas con velocidades comprendidas en ese intervalo. Esto es lo que se llama una distribución del viento. En este trabajo emplearemos las distribuciones de viento dadas por el instituto meteorológico en sus páginas de Internet de Climatología Aeronáutica. Para una estación determinada (a elegir por el alumno) se tomarán los datos para cada mes del porcentaje total del tiempo que el viento ha estado soplando en un determinado intervalo de velocidades

Entonces para cada intervalo de velocidad del viento podemos calcular su potencia con la expresión anterior. A continuación teniendo en cuenta durante que fracción del tiempo total del mes el viento ha soplado con esa velocidad, podemos calcular la energía eléctrica generada en un mes en kWh, siempre y cuando esa velocidad esté comprendida entre las velocidades de corte mínima y máxima. Para realizar el cálculo se supondrá que las hélices del generador eólico se orientan con respecto al viento para recibirlo de cara en todo momento.



En este trabajo consideraremos aerogeneradores con una superficie barrida por las hélices de 50 m de diámetro, y que solo pueden funcionar para velocidades del viento superiores a 1 m/s e inferiores a 20 m/s y cuya eficiencia es $\eta = 40\%$. La densidad del aire depende del valor diario de la presión y temperatura de la atmósfera, pero tomaremos un valor medio $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$.

Con todos estos datos podemos calcular la energía producida por un aerogenerador cada mes y por tanto durante todo un año, suponiendo que funciona siempre que hay viento suficiente.

Consideraremos que nuestra instalación consta de 20 aerogeneradores. En primer lugar calcularemos el coste inicial de la instalación. Para ello supondremos que cada aerogenerador nos cuesta 400 000 €. Es necesario instalar una subestación que convierta la electricidad generada en electricidad a 15 kV y 50 Hz, cuyo coste estimaremos en 3 M€. Además habrá que conectar cada aerogenerador a la subestación con un coste de 50 000 € por aerogenerador.

Cada año de operación tendremos una serie de ganancias y de gastos. La instalación eólica producirá una determinada energía eléctrica que venderemos a la red a un determinado precio, constituyendo nuestras ganancias. Ganancias que por lo menos deberían compensar los gastos.

Asimismo cada año tendremos una serie de gastos de personal, de mantenimiento del material, del alquiler del terreno que ocupan los aerogeneradores,... etc. Podemos suponer que estos gastos suponen un 20% de la facturación eléctrica anual.

Si el coste inicial C_0 , queremos amortizarlo en N años con un interés efectivo r , cada uno de esos N años deberemos pagar la cantidad:

$$P = C_0 \frac{r(1+r)^N}{(1+r)^N - 1}$$

Podemos considerar por ejemplo que lo pagamos en $N = 20$ años con un tipo de interés efectivo $r = 5\% = 0,05$

Con todos estos datos y suponiendo que cada aerogenerador estará en servicio unos 20 años, podemos calcular los costes anuales y entonces las ganancias que deberíamos tener de forma que se compensen, o mejor aún que nos dejen anualmente un beneficio empresarial del 5%. Por último calcularíamos a qué precio tenemos que vender el kWh generado para tener esas ganancias. Este precio puede compararse con el precio de mercado de la electricidad (0,04 – 0,05 €/kWh).