TABLA DE CONTENIDO

Página

Tercera Parte: Equipo Solar de Energía del Viento..... 3

Sección A: Sistemas Pequeños Convertidores de Energía del Viento..... 4

Artículo 25: Objetivo de la Sección A..... 4

Artículo 26: Documentos Relacionados..... 4

Artículo 27: Procedimientos y Guías..... 5

Artículo 28: Ingenieros o Laboratorios Cualificados Para Efectuar las Pruebas de Certificación.....12

Artículo 29: Etiqueta de Certificación.....13

Artículo 30: Requisitos Para la Potencia Generada.....13

Artículo 31: Requisitos para los Subsistemas de Control.....14

Sección B: Requisitos Adicionales.....16

Artículo 32: Control de Ruido.....16

Artículo 33: Requisitos Estructurales.....16

Artículo 34: Mantenimiento e Inspección.....17

Artículo 35: Información al Consumidor.....17

Artículo 36: Obligación de Informar.....17

Sección C: Certificación de Equipo Solar de Energía del Viento..... 18

Artículo 37: Certificación..... 18

APENDICES

Apéndice E: Métodos de Prueba y Normas Mínimas para la Certificación de los Sistemas Pequeños Convertidores de Energía del Viento.....E-1

Apéndice F: Informe de la Prueba de Rendimiento del SPCEV.....F-1

Sección A: Parámetros de Certificación del SPCEV.....F-1

Sección B: Formato del Informe de Pruebas de Rendimiento del SPCEV.....F-5

Apéndice G: Modelo de la Etiqueta de Certificación....G-1

Apéndice H: Glosario.....H-1

Núm. 3013

Fecha: 4 de Mayo de 1983

Aprobado: Carlos S. Quirós
Secretario de Estado

Por: [illegible]
Secretaria Auxiliar de Estado

TERCERA PARTE:

EQUIPO SOLAR PARA GENERAR ENERGIA DEL VIENTO

Esta tercera parte aplicará exclusivamente al equipo solar diseñado para extraer energía procedente del viento.

SECCION A: SISTEMAS PEQUEÑOS CONVERTIDORES DE ENERGIA DEL VIENTO

ARTICULO 25: OBJETIVO DE LA SECCION A

Esta sección provee las guías y procedimientos a utilizarse para la certificación de los Sistemas Pequeños Convertidores de Energía del Viento (SPCEV). Se refiere tanto a las pruebas diseñadas para verificar el funcionamiento y el rendimiento de una turbina de viento como a la solicitud para requerir la certificación del SPCEV.

ARTICULO 26: DOCUMENTOS RELACIONADOS

a. El documento anejo titulado "Métodos de Prueba y Normas Mínimas para la Certificación de los Sistemas Pequeños Convertidores de Energía del Viento" (Apéndice E), describe los métodos de prueba y criterios utilizados para evaluar los SPCEV. Los resultados de estas pruebas y la evaluación que les sigue serán utilizados por la Oficina de Energía de Puerto Rico (OEPR) para certificar el modelo particular de SPCEV bajo consideración.

b. Estos procedimientos están en acuerdo general con las normas expuestas por la Asociación Americana de la Energía del Viento (American Wind Energy Association, AWEA) en su publicación titulada: WECS Performance Rating Document.

c. El Apéndice H consiste de un glosario donde se definen aquellos términos técnicos empleados en el Reglamento para la Certificación de Equipo Solar. Tercera Parte: Equipo Solar para Generar Energía del Viento.

ARTICULO 27: PROCEDIMIENTOS Y GUIAS

a. Proceso de Certificación de los SPCEV.

1. Una vez puesto en vigor este reglamento, el fabricante o distribuidor iniciará el proceso de certificación-- excepto por lo provisto en los Artículos 9 y 27(e)-- quien se comunicará con la OEPR para que uno de sus representantes seleccione al azar una unidad de producción del SPCEV del surtido en existencia en la fábrica o en las facilidades del distribuidor.

i. Se radicarán peticiones por separado para la certificación y pruebas de cada modelo de SPCEV. (Véase el Artículo 27(d) para la definición de modelos similares para el propósito de este reglamento).

2. El fabricante o distribuidor seleccionará, de una lista de laboratorios e ingenieros aprobados por la OEPR, un individuo o institución cualificado técnicamente, que hará al SPCEV designado las pruebas especificadas en el Apéndice E. (Véase el Artículo 28 para una descripción de los ingenieros o laboratorios cualificados).

3. El fabricante o distribuidor notificará a la OEPR, aquel ingeniero o laboratorio que ha seleccionado para conducir las pruebas en la turbina de viento. La notificación debe incluir, pero no limitarse a, la siguiente información sobre el SPCEV designado:

i. Número de serie

ii. Diámetro del rotor

iii. Tipo de Potencia (mecánica o eléctrica).

iv. Potencia máxima nominal y su velocidad del viento correspondiente, según alegados por el fabricante con anterioridad a las pruebas.

v. Curva de potencia alegada por el fabricante antes de llevar a cabo las pruebas.

vi. Localización del lugar de pruebas.

4. El fabricante será responsable de que el SPCEV designado sea sometido a la serie de pruebas prescritas y asumirá los costos correspondientes.

5. Luego de ejecutar y completar las pruebas indicadas, el ingeniero o laboratorio responsable de conducir las pruebas, conjuntamente con el fabricante o distribuidor, deberán someter el Informe de la Prueba de Rendimiento de los SPCEV (Apéndice F) a la OEPR para su evaluación.

6. Como parte del proceso de evaluación, la OEPR se reserva el derecho de solicitar del ingeniero o laboratorio responsable de efectuar estas pruebas que:

i. Explique en parte o en su totalidad el procedimiento de prueba.

ii. Presente como evidencia cualquier parte o la totalidad de los datos registrados.

La OEPR se reserva el derecho de visitar, con notificación previa, el lugar donde se conducen las pruebas en cualquier momento en que se estén ejecutando las mismas.

7. El SPCEV será certificado una vez la OEPR examine y apruebe el Informe de la Prueba de Rendimiento de los SPCEV (Apéndice F). El fabricante o distribuidor será notificado entonces sobre la aprobación.

8. Si el SPCEV no es aprobado, el fabricante o distribuidor será informado específicamente sobre aquellos elementos en el Informe de la Prueba de Rendimiento de los SPCEV que están incompletos o que son impugnados. La OEPR identificará la acción correctiva que se debe llevar a cabo.

9. Si todas las revisiones y correcciones identificadas son efectuadas y sometidas a la OEPR, entonces el SPCEV será certificado.

10. Los procedimientos señalados en el Artículo 10 de este reglamento se utilizarán cuando el fabricante o distribuidor impugne las razones por las cuales se denegó la certificación a un modelo de SPCEV.

11. El no notificar de inmediato a la OEPR sobre otros modelos y marcas, o cambios en las especificaciones bajo

las cuales se mercadea el SPCEV, se considerará una violación de este reglamento.

b. Etiqueta de Certificación para el SPCEV.

1. Una vez certificado el SPCEV por la OEPR, una etiqueta conteniendo información básica del producto se distribuirá bajo su marca y número de modelo. La información básica es aquella especificada en el Apéndice G.

2. Esta etiqueta se adherirá al SPCEV en un lugar que sea claramente visible para los posibles compradores del SPCEV.

c. SPCEV Regulares y Especiales

1. La OEPR evaluará peticiones de certificación de modelos regulares de SPCEV, o sea, turbinas de viento que puedan evaluarse justa y adecuadamente bajo la secuencia de pruebas descritas en el Apéndice E.

2. Los SPCEV que no puedan evaluarse justa y adecuadamente bajo la secuencia de pruebas descrita en el Apéndice E se identificarán como SPCEV especiales. Las solicitudes para la certificación de los SPCEV especiales se procesarán de la siguiente manera:

i. El fabricante o distribuidor someterá a la OEPR una lista de razones que justifiquen la clasificación particular de la turbina de viento bajo la consideración de un SPCEV especial.

ii. Concurrentemente, el fabricante o distribuidor someterá a la OEPR los criterios de evaluación que él estime justos y adecuados para juzgar el funcionamiento del SPCEV especial.

iii. La OEPR notificará al fabricante o distribuidor sobre la aceptación o rechazo de la clasificación propuesta y los criterios de evaluación, acompañando una explicación específica y detallada de las razones para el rechazo.

iv. La OEPR entonces especificará y explicará al fabricante o distribuidor la clasificación y criterios de evaluación apropiados que se utilizarán para los SPCEV bajo consideración.

d. Modelos Similares y su Certificación

1. Un modelo se considerará similar a otro, si se cumplen los siguientes criterios:

i. Todo cambio en materiales y técnicas de ensamblaje sea de tal naturaleza que la confiabiliad de la turbina de viento, su durabilidad y seguridad no sean afectadas en forma adversa.

ii. El cambio en la producción de potencia no sea mayor de un 10 porciento a cualquier velocidad

de viento entre 5.5 metros/seg. y la velocidad de viento que corresponde a la producción nominal máxima de potencia.

2. Los resultados de las pruebas para un modelo podrán utilizarse para certificar un modelo similar, según definido anteriormente.

3. En el caso de cambios de modelos similares, que el fabricante o distribuidor considere no invaliden el uso de los resultados de las pruebas, dichos cambios se someterán a la consideración de la OEPR, quien determinará si dichos resultados pueden ser utilizados. La OEPR emitirá una certificación del modelo similar siempre y cuando el funcionamiento, durabilidad y la confiabilidad del modelo no sean alterados significativamente.

e. Aceptación de Pruebas Anteriores

1. Si un ejemplar de un modelo de SPCEV sometido a la OEPR para certificación ha sido puesto a pruebas por un laboratorio fuera de Puerto Rico, con requisitos similares a los especificados en este reglamento, los resultados de dichas pruebas pueden ser aceptables para la OEPR siempre y cuando:

i. El modelo sometido a pruebas sea igual o similar al sometido a la OEPR para certificación.

ii. Un laboratorio aprobado por la OEPR haya realizado las pruebas.

2. El fabricante o distribuidor tiene que someter a la OEPR el Informe de la Prueba de Rendimiento de los SPCEV (Apéndice F), utilizando los datos obtenidos en las pruebas llevadas a cabo por el laboratorio reconocido fuera de Puerto Rico.

3. El fabricante o distribuidor está obligado a satisfacer todos los demás requisitos de este reglamento.

f. Inspecciones Periódicas e Investigaciones

1. Con el fin de verificar la certificación de un modelo, un oficial de la OEPR puede realizar inspecciones periódicas en la fábrica o en las facilidades del distribuidor.

2. La OEPR puede investigar, a petición de una parte interesada o motu propio, si un distribuidor o fabricante de turbinas certificadas cumple con los requisitos de este reglamento. Cualquier persona con un interés específico puede solicitar a la OEPR que inicie una investigación de cualquier distribuidor o fabricante y a ese efecto, someterá la evidencia necesaria para justificar dicha petición. La OEPR, basándose en la evidencia presentada, decidirá si se requiere o no una investigación. La investigación podrá incluir, pero no se limitará a, inspecciones periódicas y nuevas pruebas de laboratorio.

3. Si se requiriesen nuevas pruebas de laboratorio, se seguirá el procedimiento establecido en el Artículo 27(a)

de este reglamento para este propósito, pagando los costos el fabricante o distribuidor.

4. Si la OEPR decidiese que se justifica una revocación de la certificación, se seguirá el procedimiento establecido para este propósito en el Artículo 12 de este reglamento.

ARTICULO 28: INGENIEROS O LABORATORIOS CUALIFICADOS PARA EFECTUAR LAS PRUEBAS DE CERTIFICACION

a. Cualquier ingeniero o laboratorio local que cumpla con los requisitos siguientes será considerado como cualificado por la OEPR para realizar la serie de pruebas descritas en el Apéndice E de este Reglamento:

1. El ingeniero a cargo de las pruebas deberá tener licencia y ser miembro bonafide del Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico.

2. El ingeniero a cargo de las pruebas deberá haber completado un taller ofrecido por la OEPR sobre el propósito y los detalles del documento Reglamento Para la Certificación de Equipo Solar. Tercera Parte: Equipo Solar para Generar Energía del Viento.

3. El ingeniero o laboratorio a cargo de las pruebas no deberá haber tenido con el fabricante o distribuidor relaciones comerciales o informales que puedan considerarse como generadores de conflicto de interés.

ARTICULO 29: ETIQUETA DE CERTIFICACION

a. Al certificarse un SPCEV, la OEPR notificará por escrito al solicitante e identificará la información requerida en la etiqueta de certificación, la cual será suplida por el solicitante. Véase el Apéndice G para la información requerida en la etiqueta.

b. El distribuidor o fabricante podrá utilizar su propio diseño de etiqueta o el diseño suministrado por la OEPR en el Apéndice G de este reglamento. Si el distribuidor o fabricante escogiese su propio diseño, deberá someter una muestra de dicha etiqueta a la OEPR para su aprobación antes de adherirla a las unidades de producción. La etiqueta de certificación se adherirá permanentemente a todas las unidades fabricadas del modelo certificado.

c. La etiqueta de certificación podrá utilizarse en anuncios, catálogos y material de promoción de ventas siempre y cuando se haga referencia clara a aquel modelo al cual se aplica la certificación.

ARTICULO 30: REQUISITOS PARA LA POTENCIA GENERADA

a. En el caso de un SPCEV que produzca potencia eléctrica, toda la potencia alegada por el fabricante o distribuidor como generada por la turbina de viento deberá ser compatible con y transmisible a la red eléctrica de servicio público, a menos que se identifique claramente algún otro uso.

b. Toda interconexión con la red eléctrica de servicio público se hará de acuerdo con las normas establecidas por la Autoridad de Energía Eléctrica en su documento Tarifa y Condiciones de Servicios para Cogeneradores y Productores de Electricidad en Pequeña Escala.

ARTICULO 31: REQUISITOS PARA LOS SUBSISTEMAS DE CONTROL

a. Un SPCEV deberá estar provisto de un control para evitar velocidades excesivas del rotor, esto es, métodos o estrategias electrónicas, mecánicas o manuales a ser empleadas para proteger el SPCEV durante períodos de vientos fuertes o de pérdida de la carga. Se considerarán como velocidades excesivas del rotor aquellas que pongan en peligro la seguridad de la turbina de viento o su torre. Similarmente, se denominarán como vientos fuertes aquellos que produzcan velocidades excesivas del rotor.

1. Estos métodos o estrategias deberán explicarse claramente al comprador del SPCEV e incluirse en el manual de instrucciones que deberá someterse a la OEPR conjuntamente con el Informe de la Prueba de Rendimiento de los SPCEV (Apéndice F).

b. Todo interruptor y subsistema de control deberá identificarse claramente con respecto a su función. En el caso de utilizarse luces de advertencia, las mismas habrán de indicar claramente la condición anormal específica existente.

c. Si durante la operación normal se requiriese algún ajuste manual de control, el sistema de control deberá ser diseñado para garantizar que la seguridad del sistema y las edificaciones que lo rodean no sean comprometidas por no haber hecho dichos ajustes manuales.

SECCION B: REQUISITOS ADICIONALES

ARTICULO 32: CONTROL DE RUIDO

Los niveles de ruido generados por el SPCEV deberán cumplir con las normas establecidas por la Junta de Calidad Ambiental en su documento titulado: Reglamento para la Contaminación por Ruido.

ARTICULO 33: REQUISITOS ESTRUCTURALES

a. El fabricante o distribuidor indicará por escrito que el SPCEV se ha diseñado de acuerdo con las mejores prácticas de diseño estructural y que los materiales utilizados podrán resistir los esfuerzos y efectos ambientales bajo las condiciones normales locales de operación, durante toda la vida de diseño de la turbina.

b. Se indicará también por el fabricante o distribuidor, que la turbina podrá resistir vientos de 125 m.p.h. sin sufrir daños apreciables, o se indicará claramente cuál es el límite del diseño estructural de la turbina.

c. La instalación de la turbina de viento, así como la torre, deberán cumplir con las provisiones de la Administración de Reglamentos y Permisos que aparecen en su documento titulado: Procedimiento Para Tramitar Solicitudes de Permiso de Construcción Para Molinos de Viento Utilizados para Generar Electricidad.

d. Todo fabricante o distribuidor proveerá al comprador lo siguiente:

1. un mínimo de un año de garantía en las piezas y mano de obra del SPCEV y su torre.

2. un mínimo de un año adicional de garantía en las piezas del SPCEV y en su torre.

ARTICULO 34: MANTENIMIENTO E INSPECCION

Al realizarse la transacción de compra, el fabricante o distribuidor, acordará con el consumidor sobre los términos de mantenimiento e inspección, indicándole las opciones disponibles y los costos correspondientes.

ARTICULO 35: INFORMACION AL CONSUMIDOR

a. El fabricante o distribuidor deberá proveerle al consumidor un manual de instrucciones que incluirá toda la información necesaria para operar el SPCEV.

b. El fabricante o distribuidor notificará al consumidor sobre los siguiente:

1. mantenimiento preventivo y correctivo del SPCEV.

2. disponibilidad de las piezas y accesorios.

ARTICULO 36: OBLIGACION DE INFORMAR

Todo fabricante o distribuidor notificará por escrito a la OEPR sobre cualquier cambio en los materiales o construcción en el modelo de turbina de viento, y aceptará la determinación de la OEPR sobre la necesidad de pruebas nuevas o sobre la evaluación del equipo y sus componentes.

SECCION C: CERTIFICACION DE EQUIPO SOLAR DE ENERGIA DEL VIENTO

ARTICULO 37: CERTIFICACION

a. La certificación de un modelo de turbina de viento y de sus componentes se emitirá luego de cumplir con los siguientes requisitos:

1. Haber sometido a la OEPR una solicitud para la certificación del modelo, en cumplimiento con todos los requisitos aplicables a las turbinas de viento en la Tercera Parte de este reglamento y sus Apéndices E, F y G.

2. Evaluación y aprobación por la OEPR de todas las partes del Informe de la Prueba de Rendimiento del SPCEV (Apéndice F) para el modelo designado, de acuerdo con lo dispuesto en las secciones A y B de la Tercera Parte de este reglamento.

b. Al cumplirse con todos los requisitos antes mencionados, la OEPR certificará el modelo de SPCEV y notificará al solicitante de la acción tomada.

APENDICE E

METODOS DE PRUEBA Y NORMAS MINIMAS PARA LA CERTIFICACION DE LOS SISTEMAS PEQUEÑOS CONVERTIDORES DE ENERGIA DEL VIENTO

Los datos experimentales de viento y potencia utilizados para determinar la curva de potencia del SPCEV deberán obtenerse de una prueba de campo y no de una prueba de velocidad constante del viento.

A. INSTALACION

1. El SPCEV deberá instalarse adecuadamente, reproduciendo, en todo lo posible, la instalación típica de un consumidor.

2. La torre y la carga utilizadas para las pruebas deberán estar disponibles comercialmente.

3. La torre, carga y alambrado, o sus equivalentes, deberán ser representativos de una instalación típica de un consumidor.

B. INSTRUMENTACION

1. Medición del Viento

a. El anemómetro usado en las pruebas deberá tener una precisión superior a $\pm$ 0.5 metros/seg. sobre el intervalo de velocidades entre 3 metros/seg. y 20 metros/seg.

b. El anemómetro usado en las pruebas deberá haberse calibrado dentro de los seis meses previos a la prueba.

c. El laboratorio o ingeniero a cargo del procedimiento de pruebas determinará el tipo de anemómetro apropiado a utilizarse para las pruebas, siempre y cuando se cumplan las condiciones anteriormente mencionadas.

d. El anemómetro usado en las pruebas deberá colocarse a más o menos un metro ($\pm$ 1) de la altura del centro del rotor. No se permitirán correcciones para la cortante del viento, tales como la "Ley de 1/7 de Potencia".

e. El anemómetro usado en las pruebas deberá colocarse a una distancia horizontal entre 1.5 y 6 diámetros del rotor, tomado desde el centro del rotor.

f. Durante el transcurso de las pruebas, el anemómetro nunca deberá estar en la estela (wake) de cualquier porción del rotor del SPCEV o su estructura.

2. Medición de la Potencia.

a. El instrumento medidor de la potencia usado durante las pruebas deberá tener una precisión acumulativa dentro de un 5% sobre el intervalo entre 5% y 125% de la potencia máxima del SPCEV.

b. Cada componente de este instrumento deberá haberse calibrado dentro del período de los seis meses previos a la prueba.

c. Para los SPCEV con una producción de energía en forma de corriente alterna (AC), el instrumento deberá proveer una lectura de la raíz cuadrada de la media de los cuadrados (root-mean-square, RMS) de la potencia real.

d. El instrumento para la medición de la potencia deberá conectarse al circuito de potencia del SPCEV, o su equivalente, de modo que garantice que únicamente se mide aquella potencia transmitida a la carga.

3. Medición de la Temperatura

a. El termómetro u otro indicador de temperatura deberá tener una precisión de 0.5 grados Celsius dentro del intervalo de temperaturas registradas durante la prueba.

b. El termómetro u otro indicador de temperatura deberá tener divisiones de al menos un (1) grado Celsius.

c. La temperatura del aire deberá medirse en la base de la torre del SPCEV, 1.5 metros sobre el nivel del terreno.

d. El bulbo del termómetro u otro sensor de temperatura

deberá estar protegido de la radiación solar directa durante las pruebas.

e. La temperatura será corregida al nivel del mar utilizando la razón adiabática seca tal y como se indica en la Sección E de este apéndice.

4. Medición de la Presión

a. La presión a nivel del mar se obtendrá de aquella estación más cercana al lugar de pruebas que mida la presión, siguiendo al asesoramiento dado por la Oficina Central del Servicio Nacional del Tiempo en San Juan.

C. REQUISITOS GENERALES

Varios períodos de prueba separados serán necesarios.

1. Si por algún motivo, un período de prueba durase menos de 15 minutos, ese período de prueba será invalidado y los datos asociados al mismo serán descartados.

2. No se harán ajustes manuales en la inclinación de las aspas o en la velocidad de operación del rotor durante las sesiones de prueba ni en los intervalos entre las mismas.

3. Cualquier sistema de protección contra vientos de gran velocidad provisto normalmente con el SPCEV deberá mantenerse en funcionamiento durante el transcurso de las pruebas.

4. No se harán ajustes a la carga o al campo del generador, o sus equivalentes, empleando tipo alguno de sincronización con la toma de los datos.

5. Los datos podrán obtenerse mediante un instrumento registrador en tiempo actual (real time recorder), tal como un gráfico de franja (strip chart), siempre y cuando las lecturas se tomen a intervalos equivalentes y de modo no discriminatorio.

6. La razón mínima de muestreo de los instrumentos deberá ser de un dato cada 30 segundos.

7. Los datos de temperatura del aire y presión atmosférica deberán tomarse al comienzo del período de prueba. Además, las lecturas de temperatura se tomarán al final del período de prueba y cada hora en el período entre el comienzo y el final de la prueba.

8. El promedio de estas lecturas de temperatura para cada período de prueba se utilizará para calcular la densidad del aire durante la prueba, tal y como se muestra en la Sección E de este apéndice.

9. Un período de prueba se dará por terminado si la densidad del aire determinada experimentalmente varía por 0.2 kilogramos/metro cúbico o más.

10. Cualesquiera condiciones anómalas con respecto al funcionamiento, operación o integridad estructural del

SPCEV, que ocurra durante las pruebas, será anotada y sometida a la OEPR como parte de los datos.

D. REQUISITOS MINIMOS DE LOS DATOS

1. Las pruebas no se considerarán como completadas hasta que no se hayan cumplido las siguientes condiciones:

a. El número mínimo de muestras por celda será de 50 para celdas bajo 9 metros/seg. y de 15 para celdas sobre 9 metros/seg.

b. El tiempo mínimo de extensión (minimum dwell time) por cada celda será de 7 minutos para celdas bajo 12 metros/seg. y de 5 minutos para celdas sobre 12 metros/seg.

c. El tiempo total de extensión (dwell time) para todas las celdas combinadas será de por lo menos 3-1/2 horas.

2. El ancho de cada celda no deberá ser mayor de 1 metro/segundo.

3. El alcance mínimo de las celdas se extenderá desde la velocidad de activación hasta 3 metros/segundo más allá de la velocidad correspondiente a la potencia máxima alegada por el fabricante o distribuidor de la turbina de viento.

4. Se observarán y anotarán las condiciones generales del tiempo durante los períodos de prueba.

E. NORMALIZACION DE LOS DATOS

1. Para cada período de prueba, la lectura promedio de la potencia para cada celda deberá corregirse a una densidad patrón del aire de 1.226 kilogramos/metro cúbico.

2. Los datos tomados durante períodos de prueba independientes no podrán combinarse hasta que se haga dicha corrección en todos los grupos de datos.

3. La densidad del aire durante la prueba, se calculará del modo siguiente:

La temperatura promedio se convertirá a la temperatura a nivel del mar utilizando como corrección la razón adiabática seca, tal y como se muestra en la ecuación que sigue:

$$T = \alpha Z + T_o$$

DONDE: T = temperatura promedio a nivel del mar (^oK)

T_o = temperatura promedio en el lugar de las pruebas (^oK)

Z = altura del lugar de las pruebas (m)

α = razón adiabática seca (0.01 $^oK/m$)

La densidad del aire para la prueba se obtendrá entonces utilizando la temperatura promedio a nivel del mar y la

presión atmosférica para cada período de prueba, como aparece en la siguiente fórmula:

$$\rho_T = 1.2929 \left(\frac{288.13}{T}\right) \left(\frac{B}{760}\right)$$

DONDE: ρ_T = densidad del aire durante la prueba (kg/m^3)

T = promedio de la temperatura del aire a nivel del mar (^oK).

B = presión barométrica promedio (mm Hg).

4. El promedio corregido de la producción de potencia para cada celda podrá ser calculado con la ecuación:

$$P_S = P_T \left(\frac{\rho_S}{\rho_T}\right)$$

DONDE: P_S = potencia corregida a condiciones estándares

P_T = potencia promedio sin corregir

ρ_S = densidad estándar del aire (1.226 kg/m^3)

ρ_T = densidad del aire durante la prueba (kg/m^3)

F. RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

1. En esta prueba un gran número de muestras --consistentes de la velocidad del viento y la potencia del SPCEV correspondientes-- son tomadas para una amplia variedad de velocidades del viento. Se tomarán lecturas periódicas de la temperatura del aire y se obtendrá, al comienzo del período de prueba, el valor de la presión atmosférica siguiendo el asesoramiento ofrecido por el Servicio Nacional del Tiempo.
2. En la prueba de campo, los datos de velocidad del viento vs. potencia mostrarán una gran dispersión, por lo cual se utilizará un método simple de correlación, el Método de Celdas. En este procedimiento, el alcance de velocidades de viento que puedan ocurrir durante el transcurso de la prueba se dividen en celdas de velocidad de viento de igual ancho. Si, por ejemplo, la amplitud de cada celda fuera de 1 metro/segundo, entonces la celda de 13 metro/segundo cubrirá desde 12.5 hasta 13.5 metro/segundo, la celda de 14 metro/segundo cubrirá desde 13.5 hasta 14.5 metro/segundo, y así por el estilo. Cada celda tendrá dos registros acumulativos. Uno es un contador simple que va incrementando cada vez que una velocidad del viento cae dentro de la escala de una celda. El segundo

registro contiene la suma acumulativa de las lecturas de potencia del SPCEV, asociadas a aquellas velocidades de viento que caen en la escala de esa celda. En resumen, cuando se toma una muestra se localiza en la celda apropiada, el contador se incrementa por uno, y la lectura de potencia se suma al total de todas las lecturas previas de potencia en esa celda.

3. Las correcciones por densidad del aire correspondientes a cada período de prueba, que envuelven temperatura y presión atmosférica, se hacen después que los datos pertenecientes a distintos períodos de prueba puedan combinarse --lo que resulta necesario para que el funcionamiento de la turbina pueda probarse basándose en una amplia variedad de velocidades del viento.
4. Cuando se divide la suma en el segundo registro por el valor del contador, el resultado será la producción promedio de potencia para esa velocidad del viento. Si se han acumulado suficientes datos en cada celda, al trazar los puntos de producción promedio de potencia vs. las velocidades del viento, se encontrará una dispersión limitada. La curva trazada a través de estos puntos será entonces la curva de potencia del SPCEV.

APENDICE F

INFORME DE LA PRUEBA DE RENDIMIENTO DE LOS SISTEMAS PEQUEÑOS CONVERTIDORES DE ENERGIA DEL VIENTO

El propósito del Informe de la Prueba de Rendimiento del SPCEV es proveer una visión general y concisa de la disposición física del equipo, los procedimientos y resultados intermedios utilizados para establecer el rendimiento de un SPCEV bajo los métodos descritos en el Apéndice E de este reglamento.

SECCION A: PARAMETROS DE CERTIFICACION DEL SPCEV

En esta sección, se describen los parámetros de certificación para un SPCEV y el formato en el cual deberán ser informados.

1. Curva de Potencia
   a. La curva de potencia será una gráfica en escala lineal, de coordenadas cartesianas, de la potencia generada por un SPCEV (ordenada) como función de la velocidad del viento (abscisa).
   b. Ambas escalas comenzarán en cero. La escala de la ordenada deberá extenderse por los menos hasta un 110% de la potencia máxima del SPCEV. La abscisa deberá extenderse hasta una velocidad del viento de por lo menos 3 metros/segundo por encima de la

velocidad del viento correspondiente a la potencia máxima nominal de la turbina de viento.

c. La curva de potencia será entonces la línea suave continua trazada entre los valores marcados de velocidad del viento y la potencia producida por el SPCEV obtenidas en las pruebas de campo.

2. Producción Anual Estimada de Energía

a. La producción anual estimada de energía será calculada para tres promedios anuales de velocidad del viento ($\bar{v}$). Estos serán 4.5, 5.5, y 6.5 mt./seg. (Aproximadamente 10, 12, 14 mi/hr., respectivamente).

b. Utilizando los datos tomados de la curva de potencia, la producción anual estimada de energía para cada promedio anual de velocidad del viento, podrá calcularse como sigue:

$$PAE = \left\{ \sum_{\substack{v = 1\ m/s \\ \text{ó} \\ v = \text{desactivación}}}^{18\ m/s} \left(f_v^{\bar{v}} \times p_v \right) \right\} 8760 \text{ horas}$$

DONDE: $f_v^{\bar{v}}$ = frecuencia de la distribución de Rayleigh de la densidad de probabilidad para la velocidad del viento.

$$f_v^{\bar{v}} = \left(\frac{\pi}{2}\right) \frac{v}{\bar{v}^2} \exp\left\{-\frac{\pi}{4}\left(\frac{v}{\bar{v}}\right)^2\right\} dv$$

v = centro del incremento en velocidad del viento (celda).

p_v = producción de potencia en v, obtenida de la curva de potencia (Kw).

PAE = producción anual estimada de energía (Kwh).

3. Tipo de Energía Producida

a. La información de este parámetro será una descripción concisa de la forma en la cual la energía se transmite a la carga.

b. Para sistemas eléctricos esto debe incluir, pero no limitarse a, si la producción de energía es en forma de corriente alterna (AC) o corriente directa (DC) y el voltaje nominal o su alcance.

c. Para sistemas mecánicos, la velocidad de rotación nominal para el eje de la salida o su alcance deberán ser dados.

4. Velocidad del Viento para Activación

   a. La velocidad del viento para activación será la velocidad más alta del viento que ocurra por debajo de la velocidad del viento correspondiente a la potencia máxima y en la cual se cumpla una de las condiciones siguientes:

      i. La producción de potencia del SPCEV se reduzca a menos de 1% de la potencia máxima o

      ii. La pendiente de la curva de potencia ($\Delta p / \Delta v$) se reduzca a un valor menor de 0.1.

   b. El valor de la velocidad del viento para activación se redondeará a los 0.5 metros/segundo más cercanos.

5. Velocidad del Viento para Desactivación

   a. La velocidad del viento para desactivación será la velocidad del viento más baja, que ocurra por encima de la velocidad del viento correspondiente a la potencia máxima, en la cual la potencia de salida del SPCEV se reduzca bajo un 10% de la potencia máxima.

   b. Si la velocidad del viento para desactivación no pudiese obtenerse de la curva de potencia porque ocurre a una velocidad del viento muy alta, deberá tomarse entonces como el promedio de por lo menos cinco observaciones independientes de la velocidad del viento correspondientes a la desactivación.

c. Si la potencia de salida del SPCEV no se reduce bajo un 10% de la potencia máxima, desde la velocidad del viento de activación hasta la velocidad del viento máxima de diseño, entonces el sistema puede considerarse como que no tiene velocidad de desactivación.

6. Potencia Máxima

   a. La potencia máxima corresponderá al nivel máximo de potencia encontrado en la curva de potencia.

7. Protección contra Vientos de Alta Velocidad

   a. El sistema de protección contra vientos de alta velocidad deberá describirse concisamente, indicando los métodos o estrategias empleadas para proteger el SPCEV durante períodos de vientos fuertes o de pérdida de la carga.

   b. Cualquier ajuste manual que sea requerido por el sistema de protección contra vientos de alta velocidad deberá estar descrito explícitamente.

SECCION B: FORMATO DEL INFORME DE PRUEBAS DE RENDIMIENTO DEL SPCEV

El informe de la Prueba de Rendimiento del SPCEV deberá, como mínimo, incluír los aspectos listados a continuación.

El informe de las pruebas deberá llevar la firma del ingeniero cualificado o el laboratorio responsable de efectuar las pruebas y la evaluación del SPCEV bajo este método.

1. Contenido

a. El informe de pruebas deberá incluir descripciones completas de las siguientes partidas:

i. Máquina o Unidad de Prueba

* modelo
* número de serie y fecha de fabricación
* identificación de cualquier diferencia con modelos de producción
* sistema eléctrico (o de cualquier otro tipo) de control y otros sistemas de conversión.

ii. Detalles de Instalación

* tipo de torre y altura
* carga
* esquemático general de conexiones eléctricas, o equivalente, mostrando la localización de los sensores o instrumentos.
* localización del sitio de prueba, incluyendo su altura.
* dibujo de planta (vista aérea) mostrando la disposición y arreglo de cualquier obstrucción

potencial dentro de un radio de 100 metros de la torre del SPCEV y la topografía circundante al sitio de las pruebas.

iii. Instrumentación

* esquemático general
* marca y número de serie para cada pieza del equipo, además de toda información pertinente a la precisión, resolución y otras especificaciones importantes.
* localización del anemómetro
* detalles de calibración

iv. Adquisición de los Datos

* metodología para la adquisición de los datos
* evaluación final de cada uno de los parámetros de certificación para el SPCEV incluídos en la Parte A de este apéndice
* cualesquiera procedimientos de corrección utilizados
* análisis de errores
* conclusiones

2. Deberán incluirse como apéndice los resúmenes de los datos sin procesar para cada uno de los períodos de prueba. Estos resúmenes deberán incluir lo siguiente:

i. fecha y hora de la prueba

ii. condiciones generales del tiempo durante el período de prueba

iii. cualesquiera condiciones anómalas observadas o inferidas con respecto al funcionamiento del SPCEV o su integridad estructural que hayan ocurrido durante las pruebas

iv. velocidad del viento

v. temperatura y presión barométrica

vi. ordenamiento en las celdas sin procesamiento

vii. correciones utilizadas

APENDICE G

MODELO DE LA ETIQUETA DE CERTIFICACION

El siguiente es un modelo de la etiqueta de certificación que debe adherirse a la turbina de viento de acuerdo con los términos especificados en Artículo 27b y Artículo 29 de este reglamento. El fabricante o distribuidor de los SPCEV podrá utilizar este diseño producido por la OEPR o utilizar su propio diseño para la etiqueta. Sin embargo, toda la información especificada a continuación deberá proveerse en la etiqueta de certificación. (Vea el Apéndice F para una descripción de estos parámetros).

1. Potencia de salida y sus características.
2. Diámetro del rotor.
3. Curva de potencia.
4. Producción anual estimada de energía a las velocidades promedios del viento de 4.5, 5.5 y 6.5 metros/seg.
5. Velocidades del viento para activación y desactivación.
6. Potencia máxima nominal y la velocidad del viento a la cual es obtenida.
7. Sistema de protección para altas velocidades del viento.

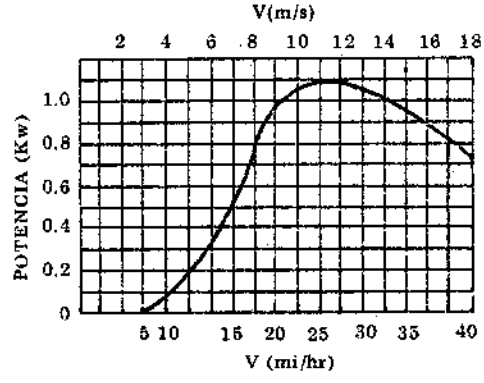
EJEMPLO DE LA ETIQUETA DE CERTIFICACION

La presente certifica que la turbina de viento Modelo _____, fabricada por _____, y distribuida por _____, cumple con todos los requisitos especificados por la Oficina de Energía de Puerto Rico de acuerdo con la Ley número 133 del 29 de junio de 1979. Esta certificación no representa un endoso por la Oficina de Energía de Puerto Rico ni por el Estado Libre Asociado de Puerto Rico.

Número de Certificación

OFICINA DE ENERGIA DE PUERTO RICO
Apartado 41089
Estación Minillas
Santurce, Puerto Rico 00940

INFORMACION Y LOGO DEL FABRICANTE



PRODUCCION ANUAL ESTIMADA DE ENERGIA		
VELOCIDAD PROMEDIO DEL VIENTO		PRODUCCION (Kwh)
m/s	mi/hr	
4.5	10.1	
5.5	12.3	
6.5	14.5	

PRODUCCION DE ENERGIA Y CARACTERISTICAS _____
DIAMETRO DEL ROTOR _____
VELOCIDAD DEL VIENTO PARA ACTIVACION _____ m/s (_____ mi/hr)
VELOCIDAD DEL VIENTO PARA DESACTIVACION _____ m/s (_____ mi/hr)
POTENCIA MAXIMA NOMINAL _____ Kw A _____ m/s (_____ mi/hr)
SISTEMA DE PROTECCION PARA VELOCIDADES ALTAS _____

APENDICE H

GLOSARIO

A.E.E. -- Autoridad de Energía Eléctrica.

ancho de la celda -- magnitud de un intervalo de velocidad de viento utilizado en el procedimiento de reducción de datos dominado Método de Celdas.

anemómetro -- instrumento meteorológico utilizado para medir la rapidez del viento.

área de barrida -- área perpendicular a la de la dirección en que sopla el viento, la cual cubre el rotor durante una rotación completa.

aspa -- elemento del rotor de un SPCEV que forma una superficie aerodinámica pra extraer energía del viento.

celda -- intervalo de velocidad del viento utilizado para agrupar los datos de las pruebas en el procedimiento de reducción de datos denominado Métodos de Celdas.

control de velocidad excesiva -- sistema de control que evita velocidades excesivas del rotor.

curva de potencia -- gráfico de la potencia producida por un SPCEV contra la rapidez promedio del viento.

diámetro del rotor -- el doble de la distancia desde el eje del rotor hasta el punto más distante del aspa.

distribución de Rayleigh para la rapidez del viento -- idealización matemática que da la razón entre el tiempo

durante el cual el viento sopla dentro de un intervalo de rapidez del viento determinado al tiempo total bajo consideración. Esta distribución depende sólo de la rapidez promedio de viento. Se define como:

$$f_v^{\bar{v}} = \left(\frac{\pi}{2}\right) \frac{v}{\bar{v}^2} \exp\left\{ - \frac{\pi}{4} \left(\frac{v}{\bar{v}}\right)^2 \right\} dv$$

DONDE $f_v^{\bar{v}}$ = frecuencia de la distribución de Rayleigh de la densidad de probabilidad para la rapidez del viento como función de v y $\bar{v}$.

$\bar{v}$ = rapidez promedio de viento

v = rapidez instantánea del viento

dv = banda diferencial en la rapidez del viento

ley de potencia -- descripción teórica del perfil de la rapidez del viento según definida por la ecuación:

$$\left(\frac{h_1}{h_2}\right)^n = \frac{v_1}{v_2}$$

DONDE: h_1 = altura sobre el suelo al nivel 1

h_2 = altura sobre el suelo al nivel 2

v_1 = rapidez del viento a la altura h_1

v_2 = rapidez del viento a la altura h_2

n = exponente constante

Generalmente, se toma el valor de n como 1/7, y se conoce entonces como la "ley del séptimo de potencia".

Método de Celdas -- procedimiento para la reducción de datos por el cual los datos de las pruebas son agrupados en intervalos de rapidez del viento. Para cada intervalo de interés en la rapidez del viento, se registran el número de datos y la suma de las medidas individuales del parámetro bajo estudio. Luego se determina el valor promedio del parámetro en cada intervalo de rapidez del viento.

ordenamiento en la celda -- resumen de los resultados, celda por celda, obtenidos por el procedimiento de reducción de datos denominado Método de Celdas.

potencia de salida -- potencia utilizable transmitida por un SPCEV a una rapidez promedio dada del viento.

potencia máxima -- salida mayor de potencia producida por un SPCEV bajo condiciones normales de operación.

potencia nominal -- potencia de salida obtenida de un SPCEV operando a una rapidez nominal del viento.

Producción Anual Estimada de Energía -- el total de energía calculada que produciría un SPCEV durante un año, asumiendo la distribución de Rayleigh como la densidad de probabilidades para la rapidez del viento. Se basa la distribución sobre un promedio dado de rapidez del viento y un 100% de disponibilidad.

prueba de campo -- prueba de funcionamiento que se lleva a cabo bajo condiciones atmosféricas naturales.

Prueba de Velocidad Constante (PVC) -- prueba en la cual se somete un SPCEV a un flujo de viento constante y no turbulento mediante el uso de un túnel de viento o moviendo el SPCEV con respecto al suelo, en aire calmado.

rapidez del rotor -- velocidad angular del rotor alrededor de su eje.

rapidez máxima del viento -- rapidez instantánea máxima que ocurre durante un intervalo de tiempo bajo consideración.

rapidez nominal del viento -- rapidez del viento, especificada usualmente por el fabricante del SPCEV, a la cual el SPCEV tendrá una potencia de salida específica -- la potencia nominal.

rapidez promedio del viento -- promedio estadístico de la rapidez instantánea del viento tomada durante un período de tiempo dado, que puede ser desde varios minutos hasta un año.

rotor -- sistema de elementos aerodinámicos que rotan adheridos a un eje que convierten la energía cinética del viento en energía mecánica del eje.

sistema de control -- subsistema de un SPCEV que registra las condiciones del SPCEV o parámetros ambientales y dependiendo de estas condiciones hace ajustes en la

operación del SPCEV para protegerlo u optimizar su producción

Sistema Pequeño Convertidor de Energía del Viento (SPCEV) -- turbina de viento con una producción útil máxima de 50 Kw o menos. Esta potencia puede ser convertida a cualquier forma útil, eléctrica o mecánica.

tiempo de extensión -- el número de muestras en una celda, dividido por la frecuencia de muestreo (en muestras/seg.).

torre -- subsistema de un SPCEV que sostiene el rotor u otro elemento para recolectar el viento y que lo levanta sobre el nivel del suelo.

turbina de viento -- máquina que por su diseño y construcción convierte la energía del viento en energía útil de otro tipo (eléctrica o mecánica).

Turbina de Viento de Eje Horizontal (TVEH) -- un SPCEV cuyo eje del rotor es esencialmente paralelo al suelo.

Turbina de Viento de Eje Vertical (TVEV) -- un SPCEV cuyo eje del rotor es vertical con respecto al suelo.

veleta -- instrumento meteorológico utilizado para determinar la dirección del viento.

velocidad del viento para activación -- velocidad del viento más baja a la cual un SPCEV produce energía. Si envuelve histéresis, este punto se define para una velocidad del viento en aumento.

velocidad del viento para desactivación -- velocidad del viento a la cual el SPCEV cesa de suplir potencia.

velocidad del viento para supervivencia -- velocidad máxima del viento a la cual un SPCEV puede operar automáticamente y sin atención (aunque no necesariamente generando energía) sin sufrir daños.

* APROBACION *

A tenor con las disposiciones de la Ley Número 133 del 26 de julio de 1979 y la Ley Número 128 del 29 de junio de 1977, según enmendada, la Oficina de Energía de Puerto Rico APRUEBA el Reglamento para la Certificación de Equipo Solar - Tercera Parte: Equipo Solar para Generar Energía del Viento, el cual forma parte del Reglamento para la Certificación de Equipo Solar, Número 2829, radicado el día 22 de octubre de 1981, en el Departamento de Estado. La Tercera Parte entrará en vigor el día 1 de septiembre de 1983.

Aprobado hoy 13 de julio de 1983

Eduardo López-Ballori
Director