



INSTITUTO DE ENERGÍA Y DESARROLLO SUSTENTABLE
COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

Este documento es reproducido con la autorización del autor al sólo efecto de su divulgación.

**DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE AEROGENERADORES DE ALTA
POTENCIA CON TECNOLOGÍA PROPIA: 1,5 MW PARA VIENTOS CLASE I.**

Autor: Ing. Hugo Brendstrup
INVAP Ingeniería
Noviembre de 2009

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO EÓLICO DE INVAP

1. EL PROYECTO

DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE AEROGENERADORES DE ALTA POTENCIA CON TECNOLOGÍA PROPIA: 1,5 MW PARA VIENTOS CLASE I.

1.1 Propósito y alcance de la propuesta

1.1.1. Justificación de la inversión proyectada

Más allá de los efectos adversos de la reciente crisis mundial, que ha impactado en la economía y frenado momentáneamente el crecimiento de la demanda de energía (en algunos países mas que en otros), la situación energética nacional y mundial está pasando por un momento muy complejo y existe coincidencia en que para superarlo debe recurrirse al uso racional de la energía, a la instalación de nuevas centrales, al reemplazo de las más antiguas y a la diversificación de las fuentes, dándole una adecuada prioridad a las energías renovables y no convencionales.

La solución incluye un conjunto de tecnologías donde la nuclear y la eólica tendrán un rol importante, formando parte de la matriz energética más adecuada a las necesidades de cada país, teniendo en cuenta las capacidades y los recursos disponibles.

En lo eólico se está avanzando en generar el consenso para establecer una política que privilegie los proyectos con tecnología nacional.

Son evidentes las ventajas que presenta la eólica como fuente renovable de energía limpia, y es muy probable que se vuelva rentable en nuestro país dentro de pocos años gracias a la evolución esperable de los precios de la energía (tanto en el país como en el mundo) traccionados por el inevitable incremento de los precios del combustible fósil (al igual que el de los biocombustibles). Justamente en nuestro país, gracias al excepcional recurso natural y al extenso territorio aprovechable, los parques eólicos interconectados pueden aportar una contribución importante a la matriz energética nacional, la que imperiosamente debe diversificarse mas, para reducir la excesiva dependencia actual del combustible fósil.

1.1.2. Contexto y problemática

Panorama Internacional

La producción de electricidad a partir de energía eólica es una realidad:

Es una de las fuentes de energía de más rápido crecimiento en el mundo.

Dinamarca, España y algunas regiones de Alemania generan entre el 12% y el 25% de su electricidad (expresado en términos de energía, es decir MWh) con turbinas eólicas.

España es el país con mayor factor de penetración eólica en su sistema eléctrico (en términos de potencia, es decir MW), el que ha llegado varias veces al 40 % y dos veces al 50%, por espacio de muchas horas, sin afectar la calidad del suministro eléctrico y sin que aparecieran problemas de estabilidad en la red.

El viento es a prueba de inflación, una vez que la planta está construida el costo de la energía es conocido y no es afectado por la volatilidad de los costos del mercado de combustibles, lo que implica menor riesgo, sobre todo a largo plazo.

Las nuevas turbinas grandes (1 MW a 5 MW) generan 120 veces más electricidad que los modelos de 1980 a un costo unitario significativamente menor.

Las granjas eólicas se pueden construir rápidamente para cubrir las faltas de electricidad previstas.

La potencia instalada global se incrementó desde menos de 5.000 MW en 1995 hasta cerca de 62.000 MW en el 2006, 94.112 MW en el 2007, y 120.000 MW en el 2008. ("Global Wind Energy Council"). Trece países agregaron más de 100 MW de nueva capacidad cada uno y tres instalaron más de 1 GW cada uno.

Cinco países cuentan con más de 10.000 MW eólicos instalados, éstos son: Estados Unidos, Alemania, España, China e India. La suma de la potencia eólica instalada de estos países "top five" ronda actualmente los 88.000 MW (casi la $\frac{3}{4}$ parte de la potencia total instalada en el mundo).

En el Reino Unido la empresa London Array Limited fue autorizada en diciembre de 2006 para instalar en el estuario de Londres la mayor granja eólica "offshore" con 1.000 MW de capacidad, la cual será capaz de proveer electricidad a la cuarta parte de la población de esa ciudad.

El consumo global de materias primas y otros factores están elevando los costos de capital de todas las tecnologías de generación eléctrica, incluidas las turbinas eólicas. Sin embargo, la energía eólica es inmune a las variaciones de los precios de los combustibles necesarios para operar otras plantas de potencia (tales como petróleo, gas, carbón, uranio los que se están incrementando en los últimos tiempos).

La industria de la energía del viento estuvo enfrentando hasta mediados de 2008 una falta de componentes para las turbinas debida al crecimiento de la demanda de granjas eólicas en el mundo. Si bien la crisis mundial impactó negativamente en este mercado, el efecto fue moderado, y ya en Octubre de 2009 la potencia total instalada de los parques eólicos de todo el mundo alcanzó la cifra de 138.500 MW, muy cercana a las proyecciones de organismos y consultoras especializadas, que predecían (mucho antes de la crisis mundial) 140.000 MW instalados a fines de 2009.

La industria eólica genera actualmente en el mundo un total de 440.000 puestos de trabajo.

Panorama Nacional

Los bajos precios de la electricidad impiden que brote una industria eólica argentina, pero al mismo tiempo frenan el desembarco en el país de fabricantes extranjeros. Esto crea una “ventana de oportunidad” para que algunas firmas argentinas asuman el riesgo de volverse competidoras mundiales en este mercado inmenso.

La instalación de parques eólicos grandes, con equipos propios, diseñados y fabricados en el país, sería una contribución a la oferta energética que necesariamente tiene que acompañar el desarrollo económico.

Sin embargo, lo fundamental pasa por otro lado: con la Patagonia como “showroom” de tecnologías nacionales de explotación del viento, la economía argentina estaría en los inicios de un nuevo renglón de exportación industrial y uno sumamente “intensivo en trabajo”, capaz de generar en el país decenas de miles de empleos calificados. La realidad actual es muy distinta. Casi no tenemos parques eólicos y nuestros desarrollos tecnológicos en el rubro son incipientes. Eso se debe a dos factores:

Para los generadores privados la opción eólica no es atractiva debido al bajo nivel del precio del MWh en el mercado eléctrico nacional.

Los incentivos nacionales y provinciales que premian la generación eólica no alcanzan para volver interesante este precio.

Inevitablemente continuará la tendencia alcista de las tarifas, el precio monómico de la electricidad en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) superó últimamente los 40 dólares por Megavatio hora, ya cuadruplica el existente al momento en que se terminó la paridad cambiaria “uno a uno”. Si a eso se le suma la posibilidad de combinar la electricidad eólica con la hidráulica (Sistema mixto), que permite administrar el despacho de cargas en forma optimizada en función de la disponibilidad de viento, del recurso hidráulico disponible, de la tarifa y de la demanda horaria, resulta inevitable que en algún momento se llegue a valores atractivos para los generadores privados.

Cuando estos acuerdos empiecen a firmarse empujados por la necesidad de energía, podría llegar un aluvión de equipos importados a precios de “dumping”. O más probablemente, podrían venir a instalarse con sus fábricas los grandes proveedores mundiales, entre los que últimamente comienzan a jugar un rol importante China e India, con políticas de expansión agresivas. Aprovecharían el relativamente bajo costo del trabajo calificado local, le conseguirían una nueva vida a sus equipos de alrededor de 0,8 a 1,5 megavatios de potencia, que empezarán a quedar “chicos” para el Primer Mundo (sobre todo para parques eólicos “ofshore” y, de paso, neutralizarían la posibilidad que en nuestro país emerjan competidores.

Si las firmas locales no logran crecer a tiempo dentro de su propio mercado interno, aprovechando la frágil y paradójica protección de las todavía bajas tarifas del MEM, se cerraría una “ventana de oportunidad” (que difícilmente podrá durar más de unos tres años) para que la Argentina construya una industria eólica propia, libre de trabas y licencias exteriores.

1.1.3. Descripción de los objetivos de la nueva inversión

➤ Industriales

Objetivos Generales

- Crear una industria eólica nacional con tecnología propia, para abastecer parte del mercado interno y externo, aprovechando la ventana de oportunidad que se está presentando.
- Generar energía eléctrica mediante parques eólicos interconectados en sitios con alto potencial.
- Combinar Energía Hidráulica con Eólica para permitir una más alta penetración de la eólica en el MEM.
- Lograr exportar aerogeneradores, sin las limitaciones que impondría un acuerdo de fabricación bajo licencia de una firma extranjera.

Objetivos Específicos

- Construcción de un primer Prototipo para ensayos y optimización, y posteriormente un parque demostrativo formado por tres o cuatro unidades del Aerogenerador EOLIS de 1,5 MW Clase I
- Desarrollo de la ingeniería, certificación (internacional) de diseño, compras, fabricación, integración, montaje y PEM
- Desarrollo de Componentes de Fabricación Nacional (Sistema de control y software, electrónica de potencia, palas, y otros componentes mecánicos, eléctricos, hidráulicos)
- Montaje, puesta en marcha, puesta a punto, ensayos, optimización, operación y mantenimiento.
- Homologación Internacional
- Puesta operación de las tres o cuatro unidades como parque demostrativo

Objetivo que impactará en la matriz energética:

Como primer proyecto concreto de importante magnitud, se propone la construcción de un parque eólico de unos 500 MW instalado en la cercanía de la central hidroeléctrica de 1.200 MW de El Chocón, que permitiría una ventajosa complementación “hidráulica eólica”. Esto equivaldría en la práctica a incrementar en casi un 40 % el caudal del río Limay, despachando la energía generada por el parque al Sistema Interconectado Nacional (por medio de la línea de AT de 500 KV) desde la estación transformadora de El Chocón, o desde otra existente en su cercanía (por ejemplo la de Arroyito).

Se propone la instalación de una primera etapa a corto plazo, de 100 MW en una zona ubicada a unos 30 Km al Este de la central hidroeléctrica El Chocón.

INVAP cuenta con mediciones de viento que realizó a lo largo de varios años, que muestran un muy buen recurso eólico en el lugar, y será necesario realizar más mediciones, mapeos eólicos y estudios de localización para definir la ubicación óptima de los restantes 400 MW, los que según se estima, convendrá instalarlos también en la zona de El Chocón/ Picún Leufú, la mayor parte en territorio de Río Negro y el resto eventualmente en la provincia de Neuquén.

➤ Económicos

El emprendimiento podría ir sustituyendo progresivamente a la importante actividad que actualmente significa la explotación del petróleo y el gas, a medida que ésta vaya decayendo en las próximas décadas, tanto por agotamiento de las reservas con que cuenta nuestro país, como por los incrementos que sobrevendrán en los costos de producción (ya que lo que queda será cada vez más caro y difícil de explotar).

Menor costo integral sobre la vida útil de la potencia instalada. Es un proyecto con fuerte componente de mano de obra calificada, cuyo precio en Argentina es ventajoso frente a valores internacionales.

Permitiría un ritmo de Inversiones Financiable acorde con las posibilidades estratégicas del Estado con buenas posibilidades de Exportaciones Futuras, **y una vez logrado el marco nacional propicio que genere la confianza y haga atractivo el negocio, es de esperar que se produzca una importantísima inversión privada en el rubro, como ha sucedido en muchos lugares del mundo.**

Permitiría la sustitución de importaciones, fabricando los aerogeneradores en el país, en lugar de continuar instalando turbinas importadas como hasta el momento.

➤ Laborales

Un proyecto de fabricación nacional como el que se plantea, daría inicio a una importante actividad industrial de base tecnológica, que crearía numerosos puestos de trabajo directos e indirectos.

Generaría empleos calificados en el país, evitando desempleo y emigración. Más allá de la generación limpia, es muy importante la ocupación de mano de obra directa. Para construir aerogeneradores, por cada megavatio fabricado por año hacen falta aproximadamente 15 puestos de trabajo.

En cambio para el gerenciamiento, mantenimiento, reparación, etc., son necesarios 0,6 puestos por cada MW instalado.

Lo anterior habla bien a las claras que el centro de gravedad se sitúa en la fabricación local, con el agregado de que los aerogeneradores son construidos para una expectativa de utilización o vida útil de 20 años, lo que implica que cada 20 años debe reemplazarse la totalidad del parque fabricado / instalado por haber cumplido con su vida útil.

Para la construcción de aerogeneradores por 100 MW de potencia anuales se necesita contar con 1450 puestos de trabajo directos, más 60 puestos para el gerenciamiento, control y mantenimiento del parque, una vez instalado.

Adicionalmente se lograría una mayor independencia en el desarrollo de las empresas de servicios para mantenimiento local, capacidad de mejoras, actualizaciones y usos derivados.

➤ Ambientales

Evitaría la emisión de Gases Efecto Invernadero, en forma importante lo que mejoraría los compromisos de Argentina en lo que hace a los Mecanismos de Desarrollo Limpio.

Está previsto moderar y remediar todos los impactos de tipo industrial que produzca la fabricación de los aerogeneradores de acuerdo a las normativas ambientales de los lugares de fabricación, teniendo en cuentas las normas de seguridad correspondientes. Se realizarán los estudios de impacto ambiental correspondientes a los sitios en los que se prevé la instalación de parques eólicos.

2. JUSTIFICACIÓN COMERCIAL

A los efectos de obtener una adecuada rentabilidad desde el momento en que comiencen a generar los parques eólicos propuestos, será necesario acceder a los beneficios tarifarios previstos en las normativas de la Secretaría de Energía de la Nación que resulten aplicables a este proyecto, tales como la Resolución 220/2007 y eventualmente algunas de las Resoluciones del Programa de “Energía Plus”, adicionales al incentivo de un centavo y medio de peso por kWh que se otorgará a partir de la reglamentación de la Ley 26190/2006 “Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica” que establece como meta para el año 2016 que el 8% del consumo de electricidad nacional deberá ser abastecido con energías renovables.

La comercialización a nivel nacional de este producto se dificultó hasta ahora a causa de las bajas tarifas del Mercado Eléctrico Mayorista, y en las actuales condiciones la actividad requiere de soporte estatal (inversión del propio Estado o bien incentivos que hagan viable el negocio de la generación eólica para privados), de un adecuado marco jurídico y regulatorio, tarifas garantizadas a largo plazo, con ventajas fiscales e impositivas que atraigan a inversores privados.

Una forma de crear rápidamente en nuestro país las condiciones propicias para la instalación de grandes parques eólicos, sería implementar un esquema de “Feed In Tariff” similar al utilizado actualmente en varios países de Europa y Brasil (que ya cuenta con 630 MW eólicos instalados), con un precio por MWh garantizado a lo largo de 15 a 20 años, que sea suficientemente atractivo como para convencer a los inversores. **Se espera que la Licitación Nacional e Internacional de ENARSA N° EE 001/2009 (GenRen) genere el marco propicio para que se produzca el despegue de la energía eólica en nuestro país.**

Al final de cuentas, esto le resultará más barato a la Argentina de lo que actualmente le está costando importar energía eléctrica y combustibles fósiles para que el sistema pueda sostener la demanda.

En menor medida, también contribuirán a la rentabilidad de estos proyectos eólicos, los ingresos que genere la colocación en el mercado de los Certificados de Reducción de Emisiones (o “bonos de carbono”).

La industria de la energía del viento estuvo enfrentando en 2008 una falta de componentes para las turbinas a raíz de la demanda de granjas eólicas en el mundo, lo que determina una buena oportunidad de negocio para exportar aerogeneradores y componentes, una vez afianzado el producto a nivel nacional.

2.1. El producto

Aerogenerador EOLIS 15 de 1,5 MW

2.1.1 Características principales

Los aerogeneradores EOLIS fabricados en la Patagonia serán adecuados para los vientos de Clase I A (la mayoría de las máquinas del mercado son para vientos de Clase II y III, menos severos que los patagónicos, y existe muy poca oferta para Clase I).

2.1.2 Especificaciones técnicas y comerciales

Las Características Generales y específicas del prototipo serán:

- Clase de Aerogenerador (IEC 61400): 1 a (apto para vientos fuertes)
- Potencia Nominal: 1.500 kW
- Velocidad viento (conexión-parada): 3.5 - 28 m/seg
- Temperatura Externa de Operación: -20/45°C

Tipo:

De velocidad variable con control de paso, caja multiplicadora y generador de inducción de rotor bobinado, con doble alimentación (“DFIG”)

Rotor

- Número de Palas: 3
- Diámetro del Rotor: 70 m
- Orientación del Rotor: Barlovento
- Velocidad del rotor (variable): 10,5 - 20 rpm

- Control de paso Individual

Torre

De estructura tubular tronco cónica soldada, tres tramos bridados, de acero al carbono.

- Altura al eje: 70 m
- Diámetro inferior: 4 m
- Diámetro superior: 2,5 m

Control de Potencia

- Velocidad variable con control de paso, generador de inducción con rotor bobinado y doble alimentación.

Sistema de Control

- Por medio de un PLC (Controlador Lógico Programable), incluye sistema de control y monitoreo remoto.

Caja Multiplicadora

- Una etapa planetaria y dos etapas con engranajes cilíndricos helicoidales.

Generador

- Asíncrono trifásico doblemente alimentado.
- Con Convertidor de Frecuencia, tecnología IGBT, modulación ancho de pulso.

2.2. Oferta

Adicionalmente a las empresas extranjeras interesadas en proveer sus equipos en el país y a INVAP, las empresas argentinas IMPSA y NRG Patagonia están desarrollando prototipos para los Proyectos “Vientos de la Patagonia I (60 MW) y Vientos de la Patagonia II (60 MW).

Para ser competitiva, INVAP, ha adoptado para su aerogenerador EOLIS, la tecnología “DFIG” que demanda menor inversión por MW instalado por ser máquinas de menor costo, en relación al concepto “Direct Driven” con generador multipolo y convertidor “Full Power” (que utilizan IMPSA y la alemana ENERCON). Tratándose de máquinas Clase I, por operar ambos tipos de aerogenerador con vientos fuertes, las prestaciones, costos operativos y eficiencia energética son equivalentes. NRG Patagonia también eligió la misma tecnología que INVAP, la que sin lugar a dudas, es la más difundida en el mundo.

Para el caso de parques instalados en zonas de vientos suaves, la tecnología “Direct Driven” comparada con la “DFIG” presenta un mejor rendimiento en la conversión (a bajas RPM). Esto permite reducir la velocidad mínima de operación de los aerogeneradores, y a muy bajas velocidades de viento obtener un rendimiento mayor. No obstante, como es un rendimiento algunos puntos mayor, pero sobre una cantidad mínima de energía disponible

(por estar en la parte baja de la curva de potencia), su efecto en la cosecha energética es mínimo. Para nuestras distribuciones de viento estas velocidades tendrán baja probabilidad de ocurrencia, con lo cual, el impacto en la generación media de la máquina será extremadamente bajo, razón por la cual ambas tecnologías resultan totalmente equivalentes en cuanto a la eficiencia de la cosecha energética.

Los aerogeneradores EOLIS fabricados en la Patagonia serán adecuados para los vientos de **Clase I a**; cabe aclarar que la mayoría de las máquinas del mercado son p/ vientos de Clase II y III (menos severos que los patagónicos) y existe muy poca oferta en aerogeneradores para vientos Clase I.

2.3. Demanda

En buena parte del mundo, y potencialmente en Sudamérica (en especial), existe un importante mercado para los parques eólicos. A nivel mundial (principalmente en Europa y Estados Unidos) la tasa de crecimiento anual de este negocio se ha mantenido por arriba del 25 %, en forma sostenida a lo largo de dos décadas. Actualmente la potencia instalada en todo el mundo está llegando a un total de 140.000 MW. En el año 2007 se instalaron en todo el mundo 20.000 MW eólicos nuevos, y en el 2008 se agregaron otros 27.000 MW (35 % más que en 2007).

2.4. Proyecciones de ventas del proyecto

En el marco del Plan Estratégico Nacional de Energía Eólica, de la Secretaría de Energía estarían identificados para estar operacionales en 2025, 12 proyectos de granjas eólicas, la mayoría sin localización precisa que suman un total de aproximadamente 2.100 MW de potencia a instalar, con una capacidad de generación del orden de 7 MMWh/año. Otros organismos (Greenpeace, AAEE, etc.), pronostican que se podría llegar a 3.000 MW para ese horizonte.

Con un horizonte de unos 2.500 a 3.000 MW en 12 años, habría que montar 200/250 MW eólicos por año, cifra que permitiría la existencia de más de un fabricante o integrador en el mercado nacional.

Se considera que la Licitación de ENARSA (N° EE 001/2009) es un importante paso para que se produzca el verdadero despegue de la energía eólica de alta potencia en la República Argentina.