

**CAMINO Y ESPACIO COMERCIAL EN COLOMBIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
LA ENERGÍA EÓLICA**

CAROLINA BARRETO GUERRERO Y CÉSAR ESCOBAR ESCOBAR



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN
BOGOTÁ, D.C.
2008**



**CAMINO Y ESPACIO COMERCIAL EN COLOMBIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
LA ENERGÍA EÓLICA**

CAROLINA BARRETO GUERRERO Y CÉSAR ESCOBAR ESCOBAR

**PROYECTO DE GRADO PARA OBTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN
ADMINISTRACIÓN**

ASESOR

JUAN BENAVIDES ESTÉVEZ-BRETÓN

Ph.D. en Economía Mineral, INGENIERO ELÉCTRICO

COASESOR

ÁLVARO ENRIQUE PINILLA SEPÚLVEDA

PH.D. M.SC., INGENIERO MECÁNICO



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN
BOGOTÁ, D.C.
2008**



TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 | Relevancia..... | 1 |
| 1.1.1 | Mundo | 1 |
| 1.1.2 | Colombia..... | 2 |
| 1.2 | Antecedentes..... | 3 |
| 1.2.1 | Mundo | 3 |
| 1.2.2 | Colombia..... | 3 |
| 1.3 | Objetivos..... | 5 |
| 1.3.1 | Objetivo General..... | 5 |
| 1.3.2 | Objetivos Específicos..... | 5 |
| 1.4 | Marco Teórico..... | 5 |
| 1.4.1 | Ventajas y Desventajas de la Energía Eólica..... | 5 |
| 1.4.2 | Impactos Ambientales de la Energía Eólica..... | 7 |
| 1.4.3 | Funcionamiento del Mercado de Energía Mayorista en Colombia | 9 |
| 2 | DIAGNÓSTICO INTERNACIONAL..... | 15 |
| 2.1 | Factores de éxito en España | 20 |
| 2.1.1 | Planificación y Fijación de metas | 20 |
| 2.1.2 | Tarifas Reguladas | 21 |
| 2.1.3 | Evolución de la legislación sobre energías renovables..... | 22 |
| 2.1.4 | Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía..... | 25 |
| 2.1.5 | Gobierno Regional y Gobierno Local..... | 27 |
| 2.1.6 | Organismos de apoyo a la energía eólica | 27 |
| 2.1.7 | Balance de la Energía Eólica: Algunos de sus beneficios en España..... | 28 |
| 2.2 | Factores de éxito en Brasil..... | 29 |
| 3 | DIAGNÓSTICO NACIONAL..... | 38 |
| 3.1 | Situación Actual Colombia..... | 38 |
| 3.1.1 | Fuentes de Energía en Colombia | 38 |
| 3.1.2 | Años de Vida de las Fuentes de Energía Agotables en Colombia..... | 41 |
| 3.1.3 | Plan Energético Nacional | 43 |
| 3.2 | Legislación Energética en Colombia sobre Energías Renovables | 46 |
| 3.2.1 | Ley 142 y 143 de 1994..... | 46 |



| | |
|---|-----------|
| 3.2.2 Ley 697 de 2001..... | 48 |
| 3.2.3 Cargo por Confiabilidad..... | 49 |
| 3.2.4 Otras legislaciones e Iniciativas | 50 |
| 3.3 Impacto Ambiental de las fuentes de Energía..... | 51 |
| 3.4 Posibilidades de Financiación para la Energía Eólica en Colombia..... | 53 |
| 4 OPORTUNIDADES PARA COLOMBIA | 59 |
| 4.1 Factores de éxito de España y Brasil aplicables a Colombia..... | 59 |
| 4.1.1 Fijación de metas | 59 |
| 4.1.3 Brasil..... | 61 |
| 4.2 Oportunidades para Colombia..... | 62 |
| 4.2.1 Preparar el camino: conclusiones diagnóstico nacional legislatura | 62 |
| 4.2.2 Financiación: Conclusiones de las posibilidades de financiación | 64 |
| 4.2.3 Desarrollo de la Industria de Tecnología | 65 |
| 5 CONCLUSIONES | 68 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Orden Alfabético)..... | 69 |
| ANEXOS..... | 72 |



LISTADO DE GRÁFICAS

| | |
|--|--------------------------------------|
| Gráfica 1. Evolución anual de la potencia eólica instalada . 1997-2007 | 16 |
| Gráfica 2. Matriz de generación de energía en Brasil | 17 |
| Gráfica 3. Matriz de generación de energía eléctrica en Brasil | 18 |
| Gráfica 4. Resultados en capacidad instalada Proinfa | 34 |
| Gráfica 5. Consumo de energía en Colombia | ¡Error! Marcador no definido. |
| Gráfica 6. Matriz de generación de energía eléctrica en Colombia | 39 |
| Gráfica 7. Reservas y producción de gas | 42 |
| Gráfica 8. Crecimiento en emisión de CO ₂ | 45 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Actores del MEM | 13 |
| Figura 2. Sistema eléctrico del Brasil | 19 |
| Figura 3. Ubicación geográfica PROINFA | 35 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| Tabla 1. Niveles comparativos de ruido producido por diferentes fuentes..... | 8 |
| Tabla 2. Precios de Compra Proinfa | 32 |
| Tabla 3. Tarifa Media de COP/kWh | 41 |
| Tabla 4. Crecimiento de la generación de energía termoeléctrica | 44 |
| Tabla 5. Estructura Energética Primaria en Colombia 2006-2025..... | 60 |
| Tabla 6. Costo de generación por tecnología en Colombia | 63 |



1 INTRODUCCIÓN

1.1 Relevancia

1.1.1 Mundo

Hace algunos lustros, se viene dando en el mundo una nueva tendencia en materia energética: la utilización de fuentes renovables de energía. Las causas de éste fenómeno son variadas y generalmente dependen de la situación coyuntural de cada nación, sin embargo se pueden exponer algunas razones generales que lo explican. La primera de ellas, es que el 87% de la energía mundial que se consume proviene de fuentes agotables como el petróleo (36%), el carbón (23%) y el gas natural (27%)¹ entre otras; lo anterior genera incertidumbre en el abastecimiento y volatilidad en los precios. La segunda razón es el precio del petróleo nunca en la historia había alcanzado los niveles de la actualidad: hay una tendencia alcista del precio del crudo que, según los expertos, se mantendrá en los años venideros como consecuencia principalmente de la creciente demanda de economías emergentes como China e India. Como tercer punto está que muchas de las reservas internacionales de petróleo están en países como Irán y Venezuela, cuyos gobiernos tienen poca simpatía por los países tradicionalmente ricos; lo anterior ha impulsado a éstos últimos a buscar otras fuentes de energía como medio para disminuir su dependencia en las importaciones del crudo. Como cuarto argumento, está el tema medio ambiental; el Ministerio de Minas y Energía de Colombia en el Plan Energético Nacional (PEN) 2006-2025, estima que para el año 2025, las fuentes fósiles de energía (petróleo, carbón y gas) seguirán manteniendo una participación dominante (83%) en la generación mundial de energía². Estas fuentes de energía fósiles son altamente contaminantes contribuyendo al efecto invernadero y al cambio climático. Estos impactos ambientales, aunados con la creciente toma de conciencia del ser humano sobre la necesidad de cuidar y preservar el medio ambiente, son fuerzas que también impulsan cambios en la industria energética. De hecho,

¹ COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Plan Energético Nacional: Contexto y Estrategias 2006-2025. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007. p30

² Ibid., p 35.



la conservación del medio ambiente es un argumento muy fuerte a favor de la utilización de las fuentes renovables de energía porque producen una energía inagotable y libre de polución.

Dentro de estos recursos energéticos inagotables, como el viento, el sol, las mareas y la biomasa entre otros, la energía eólica, que aprovecha el movimiento de las masas de aire para producir energía, es una de las fuentes renovables que mayor auge ha tenido a nivel mundial.

1.1.2 Colombia

Para el caso concreto de Colombia, también existen argumentos a favor para incentivar el uso de fuentes de energía renovables como la eólica. El primero de ellos es la alta dependencia del país en el recurso hídrico para la generación de electricidad: para el año 2006, la generación total agregada del Sistema Interconectado Nacional (SIN), las plantas hidroeléctricas aportaron el 84%³. Las fuentes renovables de energía son una herramienta útil para diversificar el portafolio de generación de energía en Colombia. Un Segundo argumento es que Colombia por diversas razones como su ubicación en la zona ecuatorial, sus cordilleras y su localización frente a los dos océanos, posee una condición favorable en recursos renovables como el eólico. En el Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia, publicado en el año 2006, se muestra la distribución espacial del viento en superficie y el potencial colombiano en términos eólicos⁴. Los autores identificaron dieciséis zonas en el territorio colombiano para el aprovechamiento de los vientos; en seis de esas zonas el viento presenta velocidades, intensidades y persistencia para su buen aprovechamiento a lo largo del año y en las otras diez zonas, a pesar que no se dan las mismas condiciones favorables, el viento sí puede ser aprovechado en determinadas épocas del año y en determinadas horas del día. Lo anterior demuestra que Colombia tiene un potencial en materia de recursos eólicos que podría aprovechar, sobre todo a lo largo de la península de La Guajira, la isla de

³ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Plan de Expansión de Referencia: Generación, Transmisión 2008-2022. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2008. p40

⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia. Bogotá: 2006. Ministerio de Minas y Energía



San Andrés, los sectores de Boyacá y el centro del litoral Caribe en el departamento de Bolívar.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Mundo

El mercado global de la energía eólica se ha venido expandiendo a mayor velocidad que las otras fuentes de energía renovable. El crecimiento en la capacidad instalada en un periodo de tiempo de diez años ha sido de doce veces pasando de 4,800 MW en 1995 a 59,000 MW en el 2005⁵ y en los últimos dos años el crecimiento fue del 26% en el 2006 con 74,153 MW y del 27% en el 2007 con 93,849 MW según datos de la World Wind Energy Association (WWEA)⁶. Adicionalmente ésta organización espera que la energía eólica seguirá con su dinámica de crecimiento para llegar al año 2010 con 170,000 MW de capacidad instalada. Otro aspecto importante para resaltar es que los costos de la energía eólica han caído de una manera considerable debido básicamente a los desarrollos tecnológicos: una turbina moderna produce 180 veces más de electricidad ya por lo menos la mitad del costo por unidad (kwh) que hace veinte años⁷. Si bien es cierto que si se comparan directamente los costos entre la energía eólica y las tecnologías tradicionales de generación, éstas últimas salen ganando, pero ésta comparación directa no es adecuada hacerla ya que los precios al consumidor final de las otras tecnologías no se incluyen externalidades como los costos ambientales y sociales derivados de ellas.

1.2.2 Colombia

⁵ GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL (GWEC) & GREEN PEACE INTERNATIONAL. Global Wind Energy: Outlook 2006. 2006. p5

⁶ WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION (WWEA). Press Release: Wind turbines generate more than 1 % of the global electricity. Bonn: 2008. p1

⁷ GWEC & GREEN PEACE INTERNATIONAL, Op. cit., p18



La situación en términos de energías renovables la resumen de forma adecuada la Unidad de Planeación Minero Energética del país:

“El país cuenta con un importante acervo normativo vigente hace 5 años, [...] y sin embargo los resultados concretos en lo que hace al desarrollo de proyectos de Uso Racional de la Energía (URE) y a la inclusión de las fuentes no convencionales de la energía en la matriz energética, son poco satisfactorios.”⁸

Es decir que en el país no ha habido un desarrollo de acciones dirigidas a incluir en la canasta energética fuentes no convencionales de energía.

Sin embargo se debe destacar en Colombia el proyecto en energía renovable de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) – Jepirachi - en la Alta Guajira cuya operación inició en el abril del 2004. Su desarrollo está avalado y respaldado por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas (Colciencias) quién además lo catalogó como de innovación tecnológica. Este parque eólico cuya capacidad instalada es de 19.5 MW, genera energía sin producir mayores impactos ambientales ni sociales porque por un lado, la construcción del parque se hizo con la autorización y concertación de la comunidad Wayuu quien además ha participado en las diferentes etapas del proceso y por otro lado, porque contribuye a reducir los gases de efecto invernadero. Jepirachi es una prueba piloto que está haciendo el país con el fin de conocer y aprender sobre la energía limpia producida por los vientos y puede ser una alternativa de abastecimiento energético. Por lo tanto las evaluaciones sobre sus resultados serán de vital importancia para determinar si esta fuente de energía podrá tener cabida en el sector eléctrico colombiano. Jepirachi también se destaca porque la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático lo registró como un Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y esto hizo posible que, a los seis meses de su funcionamiento, el país recibiera ingresos por la primera transacción a nivel nacional de certificados de reducción de emisiones de CO₂.

⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Plan Energético Nacional 2006-2025: Contexto y Estrategias. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007. p201



1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Este trabajo de grado tiene como objetivo principal proponer una ruta a seguir para la implementación de la energía eólica como una alternativa de suministro en la canasta energética de Colombia.

1.3.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son:

1. Hacer las recomendaciones sobre cambios o introducción de incentivos para el desarrollo de la energía eólica.
2. Ubicar un espacio rentable en Colombia para el desarrollo de la energía eólica
3. Establecer qué factores de éxito en el desarrollo e implementación de la energía eólica de los dos países estudiados (España y Brasil) existen en Colombia y/o cuáles pueden ser implementados en el país.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Ventajas y Desventajas de la Energía Eólica

Dentro del análisis de la energía eólica, es necesario presentar las principales ventajas que este sistema de generación de energía presenta y contrastarlo con sus desventajas. Esto permitirá tener una visión objetiva al considerar la tecnología eólica como opción en generación de energía.



A continuación se presenta una lista de ventajas de la energía eólica:

- La fuente de la energía eólica es el viento, el cual es un recurso renovable e inagotable, lo que le da una ventaja competitiva frente a la generación convencional de energía, donde los recursos son agotables.
- La energía eólica es producida sin emitir gases efecto invernadero, lo cual la hace una generación que no perjudica el medio ambiente. Al ser limpia, colabora con el esfuerzo para evitar el calentamiento global y el cambio climático.
- El desarrollo tecnológico de la energía eólica ha sido continuo y cada vez es más la capacidad de generación a un menor costo. Tanto, que ya puede competir con la energía nuclear, de carbón y de gas⁹.
- Se han desarrollado sistemas de predicción de la fuerza del viento, lo que ha generado altos índices de confiabilidad en el suministro de energía eólica¹⁰.
- Provee una diversificación de riesgo frente a la volatilidad del precio de los combustibles.
- Los parques eólicos son de pronta instalación comparado con el montaje de infraestructura de la generación de otras energías como la hidráulica. Igualmente, pueden responder a una mayor demanda energética, ya que esto solo implica la instalación de nuevos aerogeneradores. Así mismo, son de fácil desmantelamiento y no deja huellas. No presenta afectación a la tierra que utiliza (no erosiona) y su ocupación es mínima, lo que permite el desarrollo de otras actividades dentro del parque, como la ganadería.

Por el contrario, la energía eólica presenta las siguientes desventajas:

⁹ GWEC & GREEN PEACE INTERNATIONAL, Op. cit., p21

¹⁰ URIBE Cuentas, Santiago. "Introducción a la importancia del pronóstico de la potencia del viento como herramienta para la implementación de la energía eólica al sistema de red eléctrica". Proyecto de Grado, Universidad de los Andes. Bogotá, 2008. p36



- La energía eólica al no ser almacenable debe ser transmitida al momento de generación. Esto implica que el canal de transmisión debe estar en la capacidad de transportar en cualquier momento la generación de energía máxima que pueda producir el parque eólico. Sin embargo, ésta generación varía dada la intermitencia en la fuerza y la presencia del viento, por esta razón, el canal de transmisión puede tener recursos ociosos. Además al ser una generación intermitente, su participación en el sistema interconectado de energía general es limitada.
- Los aerogeneradores son costosos, por sus especificaciones técnicas y las dimensiones físicas que se requieren para una generación exitosa de energía. Esto significa que la inversión inicial en infraestructura de los parques eólicos es elevada.
- Los impactos ambientales, que serán desarrollados en detalle a continuación, son también una desventaja de la energía eólica pero que puede ser considerada como 'menor'

1.4.2 Impactos Ambientales de la Energía Eólica

Si bien es cierto que los beneficios ambientales y sociales imputables a la energía eólica por su condición de energía limpia que no genera gases de efecto invernadero, ésta tecnología también tiene algunos impactos negativos, que aunque pueden ser catalogados comparativamente como menores, es necesario resaltar.

Por un lado está el impacto visual que causan las turbinas: sus altas estructuras implican que pueden verse en un área relativamente amplia (algunos kilómetros a la redonda). Esta afectación del paisaje natural puede ser molesta para las personas que deben convivir a diario con la presencia de la infraestructura eólica. La mayoría de países con un alto nivel de desarrollo en energía eólica han reglamentado la localización de los parques eólicos exduyendo parques nacionales o reservas naturales¹¹.

¹¹ GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL & GREEN PEACE INTERNATIONAL. Global Wind Energy: Outlook 2006. 2006 p29



Un segundo impacto es el auditivo pues en las cercanías puede ser perceptible un constante zumbido. Los componentes de las turbinas que emiten el nivel sonoro más alto son el generador, la caja de engranaje y las hélices. El sonido producido por estos componentes, a excepción del generador, sólo está presente cuando las turbinas están operando. Por un lado hay que resaltar que el desarrollo tecnológico, a través de mejores diseños y aislamientos, ha logrado que los modelos actuales de aerogeneradores produzcan menor ruido que sus predecesores y por otro lado que este impacto auditivo es relativamente bajo comparándolo con el tráfico vehicular, trenes y actividades de construcción tal como lo muestra la tabla que se presenta a continuación:

| COMPARATIVE NOISE LEVELS FROM DIFFERENT SOURCES | |
|---|------------------------------|
| Source/activity | Indicative noise level dB(A) |
| Threshold of pain | 140 |
| Jet aircraft at 250m | 105 |
| Pneumatic drill at 7m | 95 |
| Truck at 48 kph at 100m | 65 |
| Busy general office | 60 |
| Car at 64 kph at 100m | 55 |
| Wind development at 350m | 35-45 |
| Quiet bedroom | 35 |
| Rural night-time background | 20-40 |

Source: "Wind Power in the UK", Sustainable Development Commission, 2005

Tabla 1. Niveles comparativos de ruido producido por diferentes fuentes

Fuente: GWEC & GREEN PEACE INTERNATIONAL (2006)

Un tercer impacto ambiental lo perciben las aves que pueden perecer o sufrir heridas con las aspas de las turbinas o ver afectada su crianza. Es necesario dimensionar éste impacto en las aves con un estudio hecho en el 2003 por la provincia de Navarra donde estaban operando 692 turbinas para la época: la mortalidad anual fue de solamente 0,13 aves por turbina¹². Por otro lado hay que recordar la capacidad de aprendizaje sobre las experiencias pasadas que tienen los animales y por esto las aves han logrado convivir con estas estructuras; los

¹² GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL & GREEN PEACE INTERNATIONAL. Global Wind Energy: Outlook 2006. 2006. p32



problemas pueden persistir sin embargo cuando las turbinas se localizan en las rutas inmigratorias de las aves, aspecto que puede ser reglamentado con regulaciones acerca de la localización de los parques eólicos.

1.4.3 Funcionamiento del Mercado de Energía Mayorista en Colombia

El mercado de energía mayorista comprende el espacio donde se comercializa la energía en Colombia. Ya que el producto de un parque eólico es la energía, es importante conocer el espacio donde sería comercializado.

El Mercado de Energía Mayorista (MEM) de Colombia es el sistema por medio del cual se transa toda la energía que compone el Sistema Interconectado Nacional (SIN). En él se “centraliza el intercambio de información entre generadores y comercializadores para realizar contratos bilaterales de largo plazo y transacciones de corto plazo en la Bolsa (de Energía)”¹³. Fue creado mediante las leyes 142 y 143 de 1994, las cuales estructuraron el funcionamiento del actual sistema energético colombiano. Se configuraron como principales actores del MEM los generadores, transmisores, distribuidores y comercializadores.

Una de las herramientas del MEM es el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC) el cual “se encarga del registro de contratos, liquidación, facturación de las transacciones y mantenimiento de los sistemas de información”¹⁴. Por el otro lado, está el Centro Nacional de Despacho (CND), el cual se encarga de “La planeación, supervisión y control de la operación del Sistema Interconectado Nacional”¹⁵

Existen tres formas para hacer la compra y venta de energía en el MEM. La primero de ellas son los contratos bilaterales donde “se establece libremente el precio, cantidad y modalidad, no tienen restricción en los compromisos pactados pero es requisito indicar en el contrato la

¹³ COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Portafolio de proyectos de generación de energía. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007. p16

¹⁴ Ibid. p16

¹⁵ Ibid. p16



cantidad transada hora ríamente para efectos de liquidación”¹⁶. Se busca reducir el riesgo de precios con estos contratos. Aunque las transacciones están reglamentadas son pactadas libremente entre las partes

La segunda forma de compra/venta es la bolsa de energía donde se hacen transacciones de energía entre la demanda y oferta cada 24 horas. En ella, “cada generador hace su oferta de precio y disponibilidad para las 24 horas de cada día, y el despacho para abastecer la demanda se realiza de acuerdo con las ofertas más económicas: despacho ideal”¹⁷. En esta modalidad no se tiene en cuenta la red de transmisión ni sus restricciones.

Las empresas generadoras deben establecer su precio, expresados en COP/MW y capacidad antes de las 8:00 am de todos los días. Se va asignando la compra de energía comenzando con el generador que ofertó el menor precio. La compra depende de la capacidad del generador. Se sigue comprando el siguiente menor precio ofertado, proceso que continua hasta suplir la capacidad demandada general.

La tercera y última modalidad son las subastas que asignan las Obligaciones de Energía en Firme (OEF). Estos contratos aseguran la oferta de energía en momentos de escasez. Estos contratos se adjudica a un generador un derecho de cargo por confiabilidad, concepto que se desarrollará más adelante.

Colombia es un país donde la generación de energía eléctrica lo compone la energía hidráulica en un 84%. La generación de energía en las represas hidráulicas depende de los diferentes fenómenos climáticos que afectan los niveles de agua. Esto crea un gran riesgo en la generación de energía y en la volatilidad de los precios. Es por esta razón que se establece un esquema de remuneración para generadores como las termoeléctricas de gas que puedan solventar la oferta en épocas críticas en términos hidráulicos. Es por eso que se establecen obligaciones energéticas en firme, en caso que “el precio de bolsa supere, al menos por una hora del día, el Precio de Escasez, lo cual refleja una situación crítica, el

¹⁶ Ibid. p17

¹⁷ Ibid. p16



generador al que se le asignó una OEF debe generar, según el despacho ideal, una cantidad diaria.”¹⁸

La vigencia de los contratos de la OEF es variada y depende del estado de la planta generadora:

- “Planta nueva, que al momento de la subasta no ha iniciado su construcción, entre uno y veinte años.
- Planta especial, que al momento de la subasta está en construcción o instalación, entre uno y diez años.
- Planta existente, que al momento de la subasta esté en operación comercial, un año.”¹⁹

Las OEF son subastadas entre generadores de energía, con confiabilidad de generación a partir de una fecha determinada. La OEF es ejercida en época de escasez y el generador es obligado a suministrar la energía establecida en el contrato, con una remuneración que incluye, el precio en de cierre de la bolsa (precio de escasez) al igual que un valor adicional por cada KWh, determinado en la subasta de OEF. El precio de la escasez lo establece la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) cada mes. En estos contratos existe una remuneración fija durante la vigencia del contrato, aún si no se ha ejercido su obligación.

La subasta se ejecuta con tres años de anticipación de la ejecución del contrato y utiliza la metodología de reloj descendente. Esta se divide en los siguiente periodos: precalificación, desde el anuncio de la subasta hasta su ejecución; planeación, son los tres años a partir de la realización de la subasta hasta el inicio de la obligación; Vigencia, periodo en el cual es exigible la OEF. Las subastas son realizadas cuando se proyecta que la demanda de energía no va a ser atendida por la oferta existente.

En las subastas interviene el término ENFICC. “Se entiende por Energía Firme para el Cargo por Confiabilidad (ENFICC), la máxima energía eléctrica que es capaz de entregar una planta de generación durante un año de manera continua, en condiciones extremas de bajos

¹⁸ Ibid p18

¹⁹ Ibid p17



caudales”²⁰. Para cada tecnología de generación, la CREG establece una ENFICC individual. La ENFICC base es la mínima ENFICC esperada de la tecnología, la cual se obtiene con modelos de cálculo. El nivel máximo a subastar es el 95% de la ENFICC. Si se subasta un nivel superior al ENFICC, se debe presentar una garantía.

Existen otros mecanismos cuya misión es la de asegurar que la demanda de energía sea cumplida por la oferta, sobre todo en épocas críticas.

- Mercado Secundario de Energía Firme: se hacen contratos bilaterales de energía en firme entre generadores y compradores, sin entrar a participar en subasta; Esta es una venta en el mercado de los contratos adquiridos.
- Demanda Desconectable Voluntaria: “son usuarios que pueden tener generación propia o pueden cambiar sus procesos productivos, acudiendo a ellos a través del comercializador cuando no se cuenta con energía suficiente, descontando dicha energía de la obligación”
- Activos de Generación de Última Instancia: activos que entran a cubrir las obligaciones, pero no participan en las subastas ni en el MEM
- Subastas de Reconfiguración: subasta que hace la CREG cuando considera necesario atender un exceso o un déficit de energía.

Para entender el funcionamiento del ME, es importante conocer los actores y su interrelación. En la figura 1 se pueden observar todos los actores que participan dentro del MEM, con su debida categorización. Dentro de este cuadro, los principales actores, que se interrelacionan directamente con la energía, son los involucrados en la generación, transmisión, distribución y comercialización.

²⁰ Ibid p18

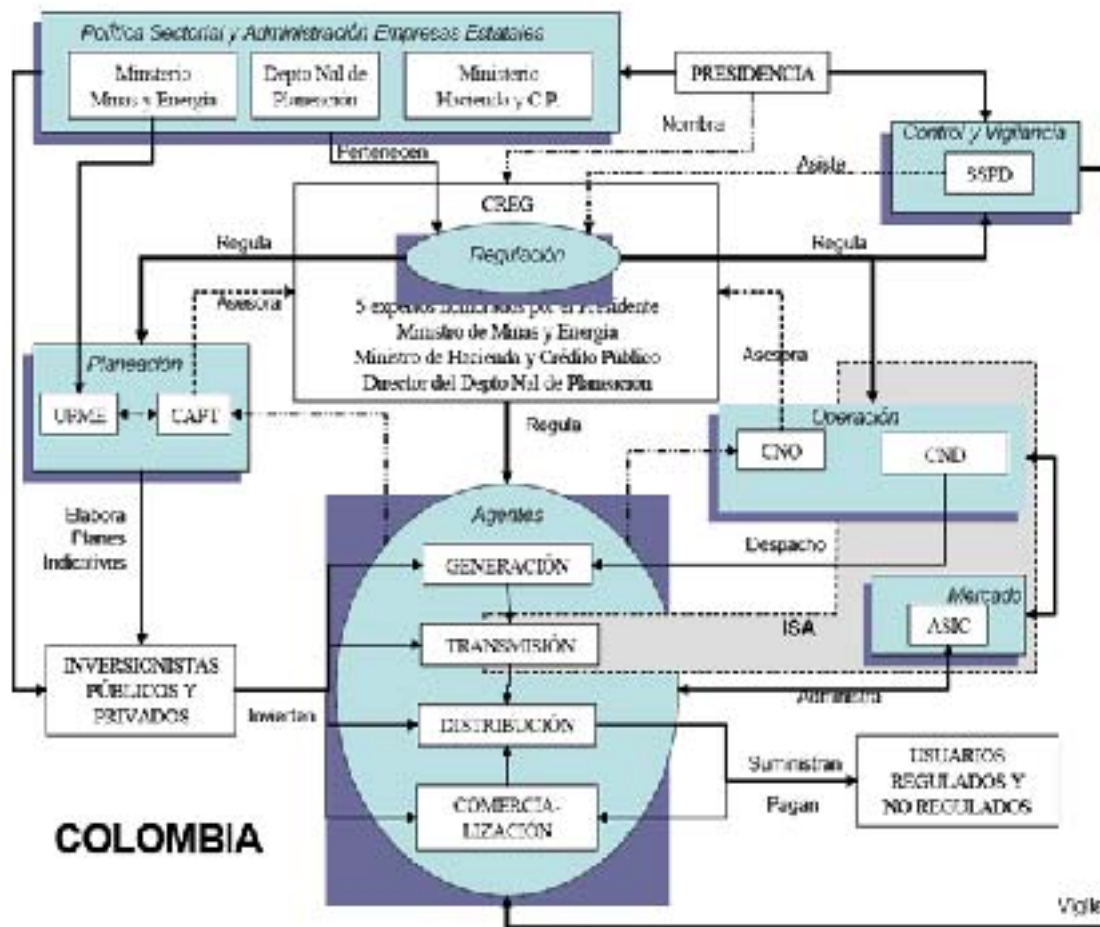


Figura 1. Actores del MEM
Fuente: (Uribe Cuentas, Santiago. Op cit., p24)

La producción de la energía es la labor de los generadores. Los transmisores se encargan del transporte de la energía “a través del conjunto de líneas y módulos de conexión, que operen con tensiones iguales o superiores a 220 KW”²¹. Esto incluye las redes nacionales, regionales e interregionales. Los distribuidores se encargan de transportar la energía eléctrica “a través de un conjunto de líneas y subestaciones que operen con tensiones menores de 220 KW y que no pertenecen a un sistema de transmisión regional”²². Los comercializadores son los que se encargan de la compra y venta de energía eléctrica en el MEM; estos negocian directamente con los generadores.

²¹ URIBE Cuentas, Santiago. Op. Cit., p25

²² Ibid p25



A la luz de este trabajo, el actor que es importante son los generadores, por lo tanto a continuación se pasará a detallar solamente éste actor dejando de lado los otros tres. Los generadores están clasificados dentro de dos categorías:

- Generadores Mayores : Capacidad de producción mayor a 20MW
- Generadores Menores : Capacidades de producción menor a 20MW

Los generadores mayores están obligados a vender la energía eléctrica a través de la bolsa de energía, registrando todos los días su precio e informando de su disponibilidad dentro del lapso de 24 horas. Los generadores menores no participan en la bolsa y su energía es comprada directamente por los comercializadores.

Dentro de los generadores, también están los autogeneradores, quienes producen la energía que van a consumir ellos mismos de forma autónoma. Los cogeneradores son aquellos que “producen energía utilizando un proceso de cogeneración o producción combinada de energía eléctrica y energía térmica”²³. Estos tienen la libertad de vender sus excedentes, al igual que abastecer sus déficits.

²³ Ibid. p27



2 DIAGNÓSTICO INTERNACIONAL

Esta parte del trabajo está destinada a hacer un análisis en términos de energía eólica en dos países en donde ésta temática tiene acogida: España y Brasil. A continuación se dará una breve explicación sobre las razones detrás de la selección de estos dos países para luego pasar al objetivo principal de este apartado que es establecer cuáles fueron los factores de éxito en estas naciones en términos del desarrollo y la implementación de la energía eólica.

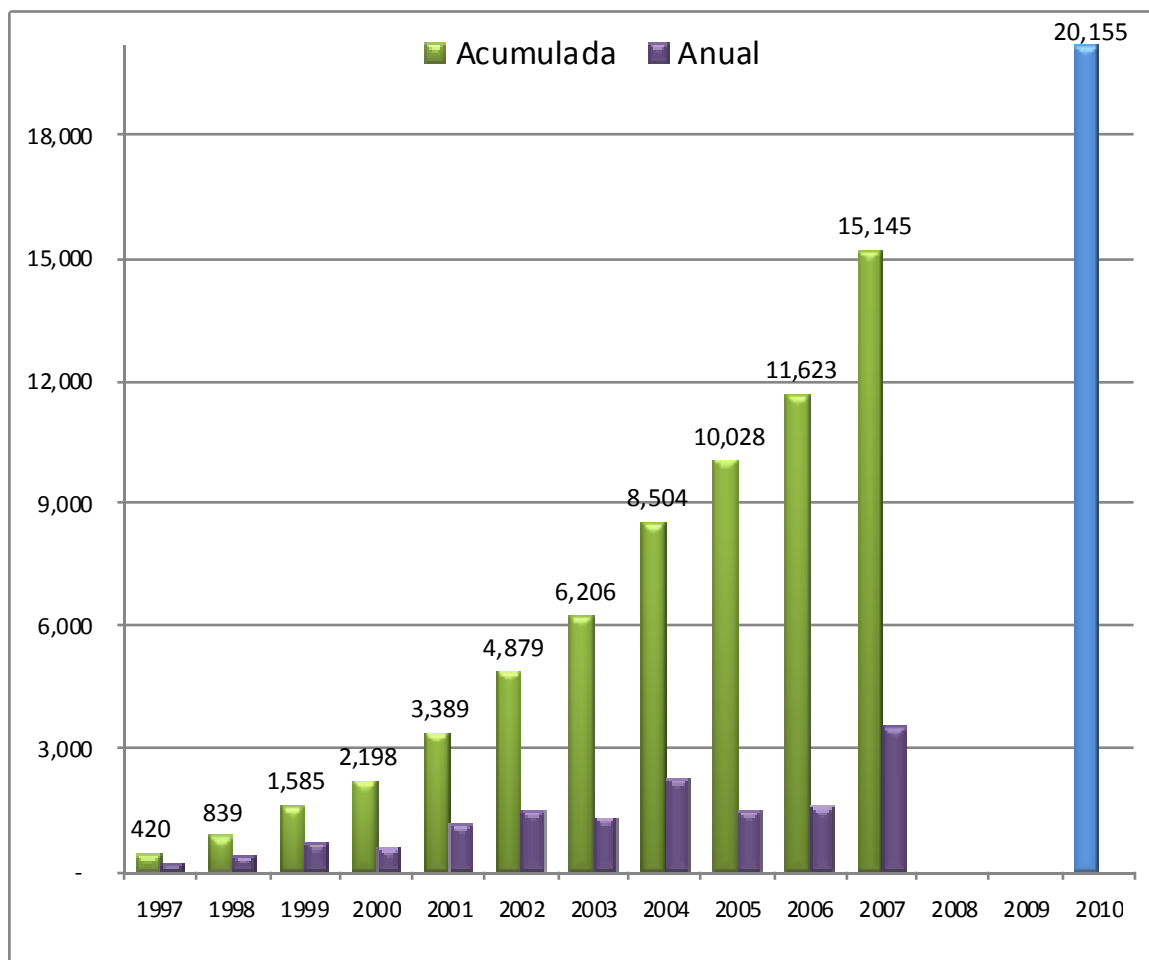
Se escogió a España por ser un país caracterizado por la escasez de recursos energéticos tradicionales, como los hidrocarburos, y por la deficiente calidad y falta de explotación de su carbón. Esto hace que tenga una muy fuerte dependencia en materia de importaciones energéticas; para el año 2005 esta cifra llegó a un récord histórico de 85%²⁴. Éste fenómeno ha fomentado en España la búsqueda de alternativas que la lleven hacia una diversificación de su canasta energética, lo que a su vez ha hecho que el país tenga un desarrollo en energías renovables importante y que, concretamente, su industria tecnológica eólica esté muy avanzada. Por otro lado España hace parte de los países que ratificaron el Protocolo de Kioto que los obliga a reducir un 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero sobre los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012. Éste país se ubica en el primer puesto dentro de la Unión Europea en términos de dicha disminución con un 8,8% para el 2007²⁵. Asimismo es el segundo país dentro de la Unión Europea que tiene el mayor porcentaje de energía generada por los vientos con un 11,8%; en el primer puesto está Dinamarca con el 21,3%²⁶.

²⁴ MISSÉ, Andreu. La dependencia energética de España se dispara a un récord histórico del 85%. (22 de septiembre del 2006) [consultado 6 de Ago. 2008]. Disponible en www.elpais.com : http://www.elpais.com/articulo/economia/dependencia/energetica/Espana/dispara/record/historico/85/elpporeco/20060922elpepieco_3/Tes/

²⁵ THE EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION. Pure Power: Wind Energy Scenarios up to 2030. 2008. p23

²⁶ Ibid., p20

España terminó el año 2007 con más de 15,000 MW de capacidad eólica instalada, 16,103 aerogeneradores distribuidos en 672 parques eólicos²⁷. Esta capacidad instalada la convierte en el tercer país con mayor potencia instalada después de Alemania con casi 22,500 MW y Estados Unidos con algo más de 17,000 MW. La gráfica 1 a continuación presenta la evolución anual de la potencia eólica instalada en España durante el periodo 1997-2007; el dato para el año 2010 es la previsión del Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010.



Gráfica 1. Evolución anual de la potencia eólica instalada. 1997-2007

Fuente: Gráfica adaptada de AEE (2008) pág. 31

Por el otro lado se ha escogido estudiar a Brasil y en particular a su proyecto bandera en términos de energías alternativas: PROINFA. Esto se debe a la proximidad geográfica que entre el Brasil y Colombia. Igualmente, Brasil y Colombia comparte características dentro de su sistema de energía que los hace similares, como es el caso de los recursos de generación de

²⁷ ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EÓLICA. Eólica 2008 - Anuario del Sector: Análisis y Datos. 2008. p29

energía eléctrica y el hecho que un gran porcentaje de su territorio estas desconectado del sistema general de energía.

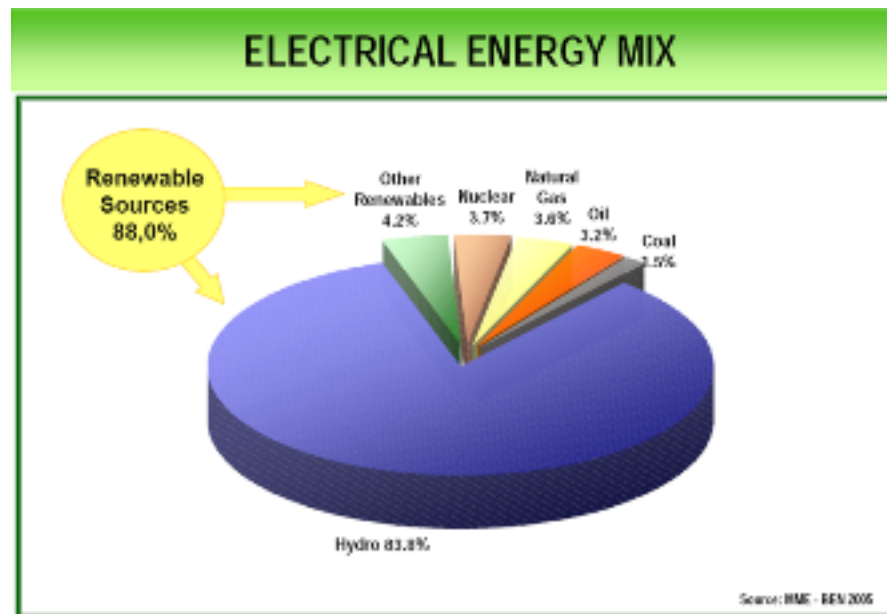
Para el año 2004, Brasil tenía una canasta de energía variada, similar a la de Colombia, donde la principal fuente la componía el petróleo y sus derivados con el 39,1%. Le seguía la energía hidroeléctrica, la caña de azúcar y la biomasa, con 14,4%, 13,5% y 13,2% respectivamente. Es importante mencionar que las anteriores tres fuentes son fuentes de energía renovables, que en conjunto componen el 43,9% de la canasta de energía brasileña. A continuación la gráfica 02 muestra de ésta distribución:



Gráfica 2. Matriz de generación de energía en Brasil

Fuente: BRASIL. Ministry of Mines and Energy. Renewable energies in Brazil. Brasil, 2006. Diapositiva 3.

Por el lado de la canasta de generación de energía eléctrica, se encuentra que las fuentes de energía renovables son el 88% de la canasta. Del total de éstas fuentes renovables, la generación por medios hidroeléctricos es el 83,8% y otras fuentes es el 4,2%. Esta gran dependencia de las fuentes hídricas para la generación hidroeléctrica, similar a Colombia, se puede entender como una de las necesidades de diversificar portafolio de generación de energía. En la gráfica 3 se presenta éste portafolio:



Gráfica 3. Matriz de generación de energía eléctrica en Brasil
Fuente: BRASIL. Ministry of Mines and Energy. Renewable energies in Brazil. Brasil, 2006. Diapositiva 4.

En la gráfica 04 a continuación se puede observar cómo está dispuesto el sistema interconectado nacional de Brasil, donde tienen una cobertura del 98% del mercado, el cual no es equivalente en términos del territorio. Existe una gran barrera natural al nor-occidente del país, donde el territorio comprende la selva amazónica. Este caso se presenta igualmente en Colombia

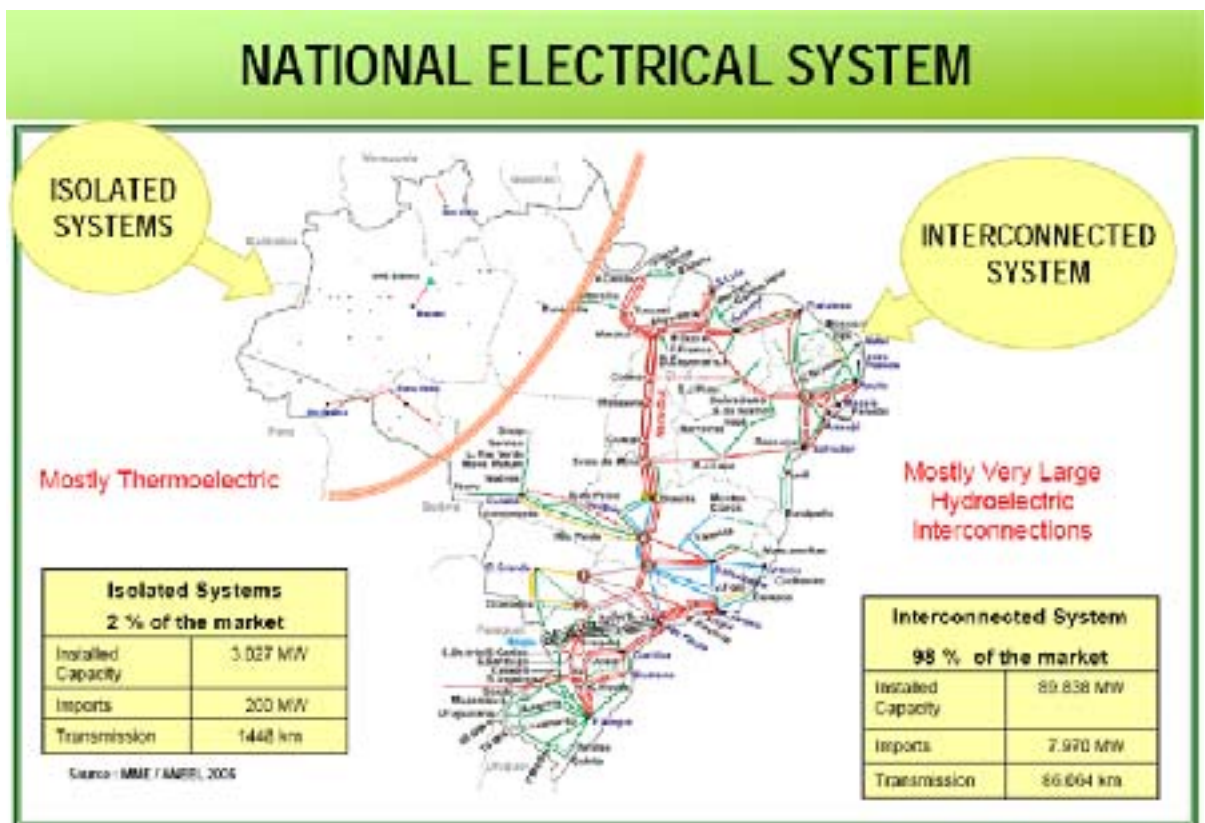
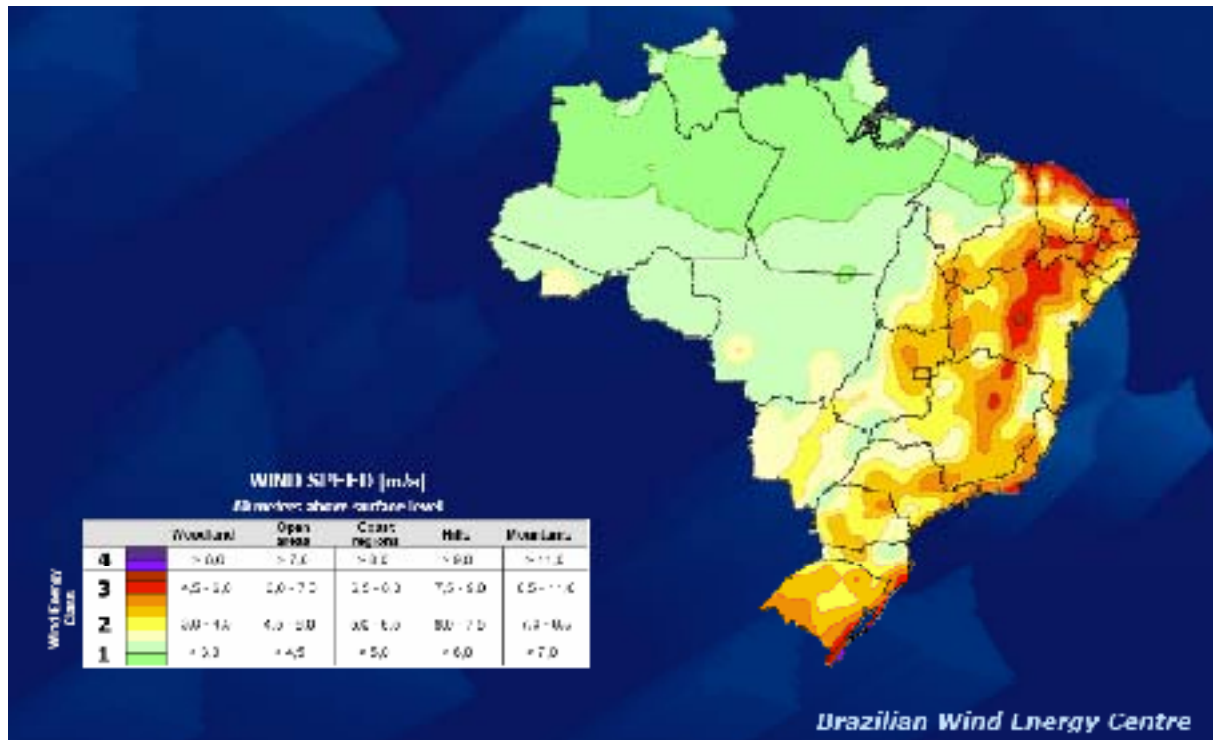


Figura 2. Sistema eléctrico de Brasil

Fuente: BRASIL. Ministry of Mines and Energy. Renewable energies in Brazil. Brasil, 2006. Diapositiva 7

En términos Eólicos, Brasil tiene su mayor potencial en sus costas, al igual que Colombia., como se puede observar en el mapa 1. Antes de la entrada en función del programa PROINFA, Brasil tenía una capacidad de generación de energía eólica de 29 MW²⁸. En la actualidad, su capacidad es de 1.423 MW para el 2006.

²⁸ BRASIL. Ministry of Mines and Energy. Renewable energies in Brazil. Brasil, 2006. Diapositiva 12



Mapa 1: atlas eólico del Brasil

Fuente: BRASIL. FEITOSA, Everaldo. “PROINFA BRAZIL”. Brazilian Wind Energy Centre. Brasil, 2003. Diapositiva 6

2.1 Factores de éxito en España

2.1.1 Planificación y Fijación de metas

En España la estrategia que debe seguir el sector energético está detallada en los Planes Energéticos Nacionales. El plan que abarcaba el periodo entre los años 1991 y 2000, anticipaba por un lado un incremento en la demanda de energía del 4% y por otro establecía que una parte de las nuevas instalaciones energéticas, puestas en marcha para cubrir la demanda, tendría que usar energía renovable como fuente principal de generación. Más específicamente, el plan establecía un objetivo de entre 150 y 200MW producidos con energía eólica para el 2000²⁹. Sin embargo como el objetivo es garantizar el abastecimiento de electricidad de buena calidad y la protección del medio ambiente, las autoridades

²⁹ GARCÍA-CEBRIÁN, Lucía. The influence of subsidies on the production process: The case of wind energy in Spain. En The Electricity Journal. [en línea]. 1040-6190/02 p79 (Mayo 2002). [consultado 13 Ago 2008]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com>



españolas combinaron en sus planes energéticos, la utilización diversificada de fuentes de energía primaria con fuentes de energía renovables.

En el año 2000, en el Plan de Fomento de las Energías Renovables (PFER) 2000-2010, quedó plasmada la voluntad política de cubrir en el año 2010 un 12% de la demanda energética mediante energías renovables. Más adelante, en el año 2005 se hizo una revisión del PFER y se diseñó el Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010. En este nuevo plan se revisaron los objetivos previstos en los PFER haciéndolos más realistas en cuanto al consumo de electricidad en España y el desarrollo de la tecnología entre otros factores. Algunos de los cambios importantes hacen mención a la energía eólica cuya cuota de contribución pasó de 8,900MW a 20,155 MW.

Se puede decir entonces que un primer factor de éxito en España son las iniciativas gubernamentales de establecer metas futuras específicas sobre la utilización de energía eólica con el fin de planificar a mediano y largo plazo el desarrollo de éste sector en la economía.

2.1.2 Tarifas Reguladas

Las empresas generadoras de electricidad en España son entidades privadas, que buscan maximizar su rentabilidad y que a la vez están muy involucradas en el desarrollo de la energía eólica. Sin embargo estudios realizados³⁰ demuestran que utilizar los vientos como fuente de energía no es rentable ya que sus costos de generación son superiores a los ingresos que puede obtener el parque eólico en el mercado eléctrico mayorista. Entonces, lo que explica el auge de la tecnología eólica en España son las tarifas garantizadas o Feed-in-Tariff (FIT) estipuladas en los decretos que desarrollan la ley reguladora del sector energético en España (Ley 54 de 1997). La introducción de las FIT se inició con el decreto 2818 del 1998 que ha sido modificado subsecuentemente por el decreto 436 en el 2004 y recientemente por el decreto 661 en el 2007. Actualmente, las tarifas garantizadas son

³⁰ GARCÍA-CEBRIÁN, Op.cit., p85. El modelo, que fue aplicado a 18 parques eólicos representativos en España, tiene como variables de entrada la inversión inicial, el potencial nominal de las instalaciones, la tasa de interés y el factor de capacidad del parque. La variable de salida es el costo de generación con tecnología eólica.



otorgadas a los generadores con estatus *especial* que son aquellos que utilizan como fuente primaria algún tipo de energía renovable y que no están obligados a vender en el mercado de electricidad. El generador especial tiene dos opciones:

- Opción 01: Vender su electricidad al distribuidor a una tarifa regulada que depende de los años de vida del proyecto eólico:
 - Para los primeros 20 años: 7.3228 centavos de euros
 - A partir de los primeros 20 años: 6.12 centavos de euros
- Opción 02: Vender su electricidad directamente en el mercado en donde recibirá el precio negociado en el mercado más una prima variable.

Para el caso de la segunda opción, a los generadores se les aplicará un sistema denominado “Cap and Floor” con el que se limitan los ingresos máximos, y se les aseguran unos ingresos mínimos a través de una prima *variable*. El límite inferior fomenta la inversión en energías renovables porque protege al generador cuando los ingresos recibidos en el mercado sean excesivamente bajos. El límite superior elimina la prima cuando el precio del mercado sea lo suficientemente alto para garantizar el cubrimiento de los costos del generador lo que a su vez asegura que el consumidor final no sea sobrecargado con los costos derivados de la promoción de las energías renovables.

Por lo tanto un segundo factor de éxito en España para el fomento y desarrollo de la energía eólica son las tarifas garantizadas por el gobierno que crearon un ambiente favorable para que los generadores encontraran rentable y seguro utilizar esta tecnología.

2.1.3 Evolución de la legislación sobre energías renovables

En el punto anterior, en materia de legislación se empezó mencionando el decreto 2818 del año 1998. Sin embargo el primer marco legal sobre energías renovables empieza



años atrás. Valentina DINICA (2008) investigadora de la Universidad de Twente en Holanda, hace un breve resumen sobre la legislación energética en España fragmentándola en cuatro grandes marcos legales³¹.

El primero de ellos (1980-1994) se inició en 1980 con la ley 82 sobre Conservación de la Energía; ésta ley sólo mencionaba que los precios energéticos serían decididos por el Ministerio de Energía e Industria con base a una revisión anual pero sin especificar un valor o índice preciso. Esta fue la primera herramienta de apoyo económico dada a las energías renovables. A pesar de ser poco atractiva y de significar altos riesgos financieros por la carencia de un precio específico, la energía eólica se desarrollada en España gracias a la utilización en paralelo de generosos subsidios dados por el gobierno a la inversión. Para la época, los subsidios estaban en un rango entre 50% y 90% del total de costos de inversión lo que hacía que el negocio eólico fuera rentable y tuviera márgenes entre el 10% y el 20%.

El segundo marco legal se da entre los años 1995 y 1996; en 1994 se adopta una nueva ley (40/1994) que fortalece ligeramente el régimen especial de protección para energías renovables al aumentar el nivel de precios ofrecidos por kWh y al garantizar la venta de energía por 5 años, entre otros aspectos. A pesar que esto disminuyó la percepción de riesgo de los inversionistas, los riesgos seguían estando presentes porque la vida económica de los parques eólicos es entre 15 y 20 años; la rentabilidad de los proyectos cayó un poco en este periodo pero de todas maneras seguía siendo rentable (márgenes entre el 10% y 15%).

El tercer marco legal, 1997-2004, inicia con la ya mencionada ley sobre la electricidad 54/1997 y el decreto 2818/1998. El principal cambio radicó en que ahora los inversionistas con proyectos en tecnologías de energías renovables podían escoger entre dos opciones de precios: un precio fijo o el precio del mercado más una prima. Para el caso específico de la energía eólico, los proyectos con una capacidad superior a los 50MW quedaban por fuera de los beneficios de estas tarifas garantizadas. En términos de riesgo, el nivel se mantuvo igual

³¹ DINIVA, Valentina. Initiating a sustained diffusion of wind power: The role of public-private partnerships in Spain. En: Energy Policy. [en línea]. doi:10.1016/j.enpol.2008.06.008 (Junio 2008); p 3 y 4. [consultado 20 Ago 2008]. Disponible en: www.elsevier.com/locate/enpol



que durante el segundo marco, es decir alto y en términos de rentabilidad, su rango estuvo entre el 6% y el 15% es decir un poco inferior.

El cuarto marco legal inicia en el año 2004 con el decreto 436 que modifica de forma más profunda el apoyo económico a las fuentes de energía renovable gracias a cambios en el diseño de precios: por primera vez se especifica la fórmula de los precios para toda la vida del proyecto. Bajo el marco legal de éste último decreto, los riesgos para los inversionistas pueden ser considerados como 'bajos' porque conocen los precios en todo el horizonte de tiempo; por su lado de la rentabilidad de los proyectos baja a un rango entre el 6% y el 12%.

En resumen, estos cuatro periodos legislativos que van desde 1980 hasta nuestros días, se puede decir que se inició con riesgos altos para los inversionistas que fueron disminuyendo progresivamente y que los riesgos solo pueden considerarse como bajos, con el decreto 436 del 2004. Por el lado de la rentabilidad también hubo una disminución progresiva en los rangos de márgenes pasando de altos niveles a niveles moderados.

DINICA no hace mención alguna en su artículo al último decreto 661 del 2007 a través del cual se le puso un piso y un techo a los ingresos de los generadores considerando los costos para el consumidor final, tal como se mencionó en el numeral anterior.

Lo interesante para resaltar sobre ésta cronología de la legislación española en materia de energías renovables es que ha ido evolucionando desde que se implementó la primera base para las tarifas garantizadas en 1980 con la ley 82 hasta llegar a nuestros días con el actual decreto 661/2007. Este progreso de la legislación muestra un cierto nivel de madurez en el marco legal de energías renovables en España porque se balancea la promoción y fomento de este tipo de tecnologías teniendo también presente los costos asumidos por el consumidor final. De hecho en enero del 2008, la Comisión Europea sobre aplicación de mecanismos de apoyo a las energías renovables describió al modelo de regulación español como uno de los más eficaces dentro de la Unión Europea³². Esta experiencia y evolución legislativa puede servir de modelo para los países que quieran implementar las tarifas reguladas.

³² ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EÓLICA. Op.cit., p11



2.1.4 Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) es una entidad pública en España, adscrita al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Este organismo con autonomía financiera, tiene dos grandes marcos que direccionan su actividad: La consecución de los objetivos del Plan de Acción 2005-2012 y del Plan de Energías Renovables 2005-2010. En este apartado se verá que el IDAE jugó un papel muy importante para el desarrollo de la energía eólica en España en tres frentes específicas: su involucramiento directo como socio en las alianzas para la inversión en proyectos eólicos, su difusión de conocimiento y su intermediación entre la política y los negocios. Este apartado tiene como base el artículo de la investigadora Valentina DINICO publicado en el 2008 y previamente citado en el numeral anterior, de él se extrajeron las principales acciones del IDAE en pro de la energía eólica.

Como se dijo anteriormente, el periodo de 1980 a 1994, fue una etapa caracterizada por altos riesgos económicos para los inversionistas en proyectos de energía eólica, esto hacía que siempre estuvieran en la búsqueda de socios con los suficientes recursos financieros. Sin embargo, otra característica de ésta etapa fue el escepticismo de los bancos hacia los resultados de la energía eólica y por lo tanto la no disponibilidad de préstamos para este tipo de inversión. Éste sentimiento también era compartido por las gerencias de las compañías de energía, entes importantes para garantizar una conexión a la red, quienes tampoco veían en esta fuente de energía renovable un negocio rentable. No obstante, los inversionistas encontraron en el IDAE un socio con recursos y motivaciones para acompañarlos en sus proyectos eólicos. Hasta mediados de los años 90, casi todas las alianzas en inversiones de energía eólica tuvieron al IDAE presente y su financiación fue hecha a partir de recursos internos. En los años 1995 y 1996, a pesar que los bancos eran aún reacios a desembolsar préstamos, la presencia de un socio público, como el IDAE, en los proyectos de inversión en energía eólica, generó confianza en las entidades bancarias y esto hizo que los préstamos fueron otorgados. De hecho, hacia finales de la década de los 90, la gran mayoría de



inversiones eólicas tuvieron como característica el financiamiento externo a diferencia de la época hasta mediados de los 90 cuando el financiamiento era casi en su totalidad con recursos internos.

Como breve resumen de lo descrito anteriormente se puede afirmar que el IDAE jugó un papel crucial en el desarrollo de la energía eólica, primero por su involucramiento directo como socio e inversionista de capital lo que contribuyó a disminuir la percepción de riesgos financieros y segundo porque su presencia como socio generó confianza en los bancos que gradualmente empezaron a desembolsar préstamos a los proyectos.

Otro aspecto importante sobre la gestión del IDAE fue su actividad constante de difusión de conocimiento. Este organismo estaba interesado en mejorar la percepción que los potenciales inversionistas tenían sobre la tecnología mostrando que los proyectos eólicos eran funcionales y que generaban rentabilidad. Para lograr este objetivo el IDAE organizaba talleres para discutir las dudas sobre los riesgos financieros y técnicos tanto de socios potenciales como de entidades financieras; en estos talleres también se promovían las bondades de la energía eólica lo que empezó a generar un ambiente de confianza entre los diferentes actores del sector.

Por otro lado, hacia finales de los años 90 el IDAE actuando como un agente híbrido, por su naturaleza de socio y de entidad estatal, también organizó talleres en los que participaban tanto prospectos de inversionistas como personalidades de la política, para explicarles a éstos últimos porqué el diseño legal vigente del sistema de apoyo al precio necesitaba ser cambiado (es decir ley 82 de 1980). Sin embargo cambiar la ley inmediatamente fue políticamente complicado y sólo se dio en 1997 con la ley 54 y bajo el marco del objetivo de la Unión Europea de liberalizar el mercado de producción de energía. El IDAE también fue uno de los promotores que impulsaron el cambio de percepción de ver la tarifa regulada como un *subsidio*, para verla como una *internacionalización de los beneficios ambientales* de las tecnologías renovables. El éxito de esta nueva interpretación culminó con las explícita incorporación de las tarifas reguladas en los decretos adoptados en 1998 y del 2004. Es entonces importante resaltar la labor hecha por el IDAE como intermediador entre la



comunidad política y los inversionistas y como uno de los promotores de cambios legislativos.

La conclusión de este numeral es que un organismo estatal – el IDAE- jugó un papel importante para el desarrollo de la energía eólica en España trabajando en tres frentes: como socio directo en los proyectos eólicos, difundiendo conocimiento e intermediando entre la política y los negocios.

2.1.5 Gobierno Regional y Gobierno Local

Hacia mediados de los años noventa, las autoridades regionales y locales españolas³³ se convirtieron en inversionistas directos de los proyectos en energía eólica (tal como lo había hecho el IDAE años antes) bajo el marco regulatorio español sobre la producción de electricidad que les permitía ser inversionistas directos de capital. Adicionalmente, entre 1995 y el año 2000, las comunidades autónomas, que buscaban una independencia energética no solo en términos de importaciones internacionales sino también regionales, se vieron involucradas de dos maneras en los proyectos eólicos. Por un lado contribuyeron invirtiendo en acciones (*equity*) y por otro como resultado de su posesión de tierras en donde los parques eólicos eran localizados. Años más adelante, los gobiernos regionales y locales fueron disminuyendo su contribución económica cuando los bancos y otros inversionistas especializados aumentaron su participación en los proyectos eólicos³⁴.

Se puede ver entonces que los gobiernos regional y local de España también jugaron un papel en el fomento de la energía eólica.

2.1.6 Organismos de apoyo a la energía eólica

³³ España tiene tres niveles gubernamentales que son el nacional, el regional y el local. La constitución de 1978 creó 18 comunidades autónomas (gobierno regional) que hacen las veces de intermediario entre el gobierno nacional y el gobierno local.

³⁴ DINIVA, Valentina. Op.cit., p 8 y 9



Adicional al IDAE, España cuenta con múltiples y diversos organismos que apoyan y promueven la energía eólica y otras fuentes de energías renovables. A pesar que catalogar la existencia de éstas entidades como un *factor de éxito* para la implementación de la tecnología eólica en éste país sería en cierta medida desproporcionado, si se puede afirmar que su presencia crea y fomenta un ambiente favorable de discusión en torno a los intereses del sector. A continuación se hará una breve descripción de dos de las organizaciones más representativas de la industria, con el objetivo de mostrar su diversidad de origen y sus diferentes actividades en pro de la energía eólica.

La Asociación Empresarial Eólica (AEE), hace las labores de representación del sector eólico ante las distintas administraciones locales y nacionales. La entidad agrupa a la mayor parte de los agentes económicos del sector eólico español (promotores, fabricantes, aseguradores y entidades financieras entre otros) y tiene como objetivo principal el desarrollo y la consolidación del crecimiento del sector eólico tanto en España como en el exterior. Una actividad fundamental de la AEE es la organización de eventos con todos los agentes del sector en donde se abarcan los diferentes temas de interés; la asociación también publica informes y estudios de datos y análisis importantes sobre la industria. La AEE por otro lado también ha acompañado al gobierno en la adecuación de la regulación energética como por ejemplo en la revisión del PFER que se dio en el 2005.

Un segundo organismo importante es la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA) que fue creada en 1987. APPA está conformada por diversas asociaciones, entre ellas la eólica, a las cuales les brinda asesoramiento legal, judicial y comercial. Un aspecto importante de esta entidad es que está representada en el Consejo Consultivo de Electricidad de la Comisión Nacional de Energía y forma parte del Comité de Agentes del Mercado Español de Electricidad, lo que implica que está presente en las discusiones y debates que se dan en el sector.

2.1.7 Balance de la Energía Eólica: Algunos de sus beneficios en España³⁵

³⁵ ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EÓLICA. Op.cit., p73



España ha percibido diversos beneficios por cuenta de la implementación de la energía eólica. En este trabajo se quieren resaltar tres principalmente. Primero se puede destacar que solamente para el año 2007, hubo una reducción de emisión de CO₂ estimada en 18 millones de toneladas; para el periodo 2005-2010 se prevé que esta cifra habrá alcanzado a reducir 127 millones de toneladas en total. Esta reducción significa ahorros para el país al momento del pago los compromisos adquiridos en el protocolo de Kioto sobre reducción de gases de efecto invernadero. El segundo beneficio es la introducción de la energía eólica al sistema eléctrico ha permitido reducir el precio diario del mercado porque desplaza la curva de la oferta lo que a su vez produce un efecto reductor en los precios. La AEE estima que para el 2007 ésta disminución fue de 2 €/ MWh por cada 1,000 MW de energía eólica adicionales. Un tercer beneficio, es que la energía eólica ha sido un motor importante en el desarrollo industrial español: las empresas nacionales de fabricación y promoción están presentes en 25 países instalando y construyendo parques eólicos y vendiendo su propia tecnología. Existen otros beneficios, en los que no se entrará en detalle, pero que vale la pena resaltar la contribución a disminuir la dependencia energética exterior de España y la generación de cerca de 45,000 empleos entre otros.

2.2 Factores de éxito en Brasil

En el caso de Brasil se analizara el proyecto PROINFA en específico, ya que es le proyecto bandera del Brasil y permitirá percibir los efectos de acciones concretas para el fomento de la energía eólica. PROINFA es un proyecto liderado por el gobierno que busca incentivar el desarrollo de energías renovables y diversificar la canasta de generación de energía con la que cuenta Brasil. Este trabajo se baso en las diapositivas del Dr. Osvaldo Soliano Pereira presentadas en la II conferencia Conferencia Regional Latinoamericana de la ISES y XXIX Reunión de Trabajo de la ASADES, que tuvo lugar en Buenos Aires en octubre de 2006 y las diapositivas del Ministerio de Minas y energía de Brazil sobre energías renovables. Igualmente, se utilizo el documento sobre PROINFA de Ricardo Marques y Alexandre Salem publicado en Science Direct el 27 de marzo del 2007.

2.2.1 Descripción Proinfa



Proinfa es un programa gubernamental que busca promover la generación de energía por medios alternativos y renovables. Las formas de generación que busca impulsar son la energía eólica, la biomasa y las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH). El programa fue creado por la ley 10.438 de 2002 y revisada por la ley 10.762 de 2003. El programa consta de dos fases, de las cuales la primera entró en operación desde diciembre del 2006. En el 2003 se adjudicaron los diferentes contratos que formaron compusieron la fase I y se estipulo un periodo hasta diciembre del 2006 para la instalación de los parques eólicos.

La primera fase de Proinfa establece el desarrollo de una capacidad instalada de generación total de 3.300 MWh, de las cuales cada una de las tres energías está encargada de generar 1.100 MWh, energía eólica, biomasa y PCH, ésta última no pueden generar más de 30 MWh individualmente. Los inversionistas y productores se aseguran mediante contratos de 20 años y, adicionalmente, obtienen apoyo financiero por parte del gobierno de Brasil. La segunda fase busca que en el 2026 las energías renovables alternativas suplan el 10% de la demanda nacional. La totalidad de la segunda fase está en proceso de revisión con base a la evolución de los resultados de la primera fase.

El principal objetivo del proyecto Proinfa es reducir el riesgo de abastecimiento diversificando la matriz de generación de energía eléctrica del Brasil. Igualmente, busca reducir las emisiones de gases efecto invernadero, aprovechando el potencial que tiene el país en términos de fuentes de energía renovables. Otro objetivo importante es el de la integración nacional de la tecnología importada en el área de energías alternativas, al mismo tiempo que genera empleos.

2.2.2 Factor de Éxito: Contratos

Los contratos son de 20 años y sus características se mantienen estables durante este tiempo, es decir, el monto de generación (incremental en la fase II) y su precio de venta de la energía. Los contratos son firmados entre los generadores y Eletrobras (Compañía estatal de Energía del Brasil, encargada de la compra de energía). La estabilidad de precio y monto de generación, aunado a tener seguridad en la compra de energía genera un ambiente



favorable de certidumbre a los inversionistas. En caso de cancelación del contrato, al generador se le garantiza el 70% del valor contratado durante los 12 primeros años del proyecto que es el periodo de financiación.

Los contratos le entregan seguridad y confianza al inversionista. En primera medida tiene asegurada la compra de la energía producida. Por el otro lado, esta compra está asegurada por 20 años, lo que le brinda tiempo suficiente para recuperar su inversión. Esta seguridad hace atractiva la inversión en el programa.

2.2.3 Factor de Éxito: Precio mínimo de compra

El precio de venta de energía es un precio mínimo que está asegurado y que varía según la fuente de generación que se utilice. Estos precios reflejan un costo mayor a las fuentes de energía tradicionales. Los consumidores terminan pagando una tarifa extra, y su costo es compartido entre los usuarios del sistema interconectado. En la tabla a continuación se pueden observar los diferentes valores, en reales brasileños, a los cuales el generador cobra el MWh dependiendo de la tecnología, cada una con su piso, que es el menor valor al que puede cobrar. Se puede observar que la tecnología más costosa es la eólica, la cual varía según su generación real. Si se tiene una generación menor a 32,4% de su capacidad, se cobra el techo del precio (R\$204,35/MW). En cambio, si llega a tener una generación mayor a 41,9% de su capacidad, la energía se compra al menor valor permitido (R\$180,18/MW). Se hace esta salvedad debido a la intermitencia propia del viento y del clima.

El precio de venta es un factor clave en el análisis de la rentabilidad de un proyecto. En el caso PROINFA, se está protegiendo al inversionista frente a cualquier riesgo de mercado, lo que le permite tener la seguridad de un precio mínimo de compra. Esto asegura el flujo de caja de la inversión, al igual que la rentabilidad del inversionista.



PROINFA

VALORES ECONÓMICOS E PISOS

| | | Valor Económico (R\$/MWh) | Piso (R\$/MWh) |
|------------|---------------------|------------------------------|-------------------|
| • PCH | | 117,02 | 117,02 – 70% TMF |
| • Eólica | FCR < 32,4% | 204,35 | 150,45 – 90% TMF |
| | 32,4% < FCR < 41,9% | Curva | |
| | FCR ≥ 41,9% | 180,18 | |
| • Biomassa | Bagaço de Cana | 93,77 | 83,58 – 50% TMF |
| | Casca de Arroz | 103,20 | |
| | Madeira | 101,35 | |
| | Biogás de Aterro | 169,08 | |

Tarifa Média Nacional de Fornecimento – TMF: R\$ 167,17/MWh

Fator de Capacidade de Referência FCR

Base: 01 de março de 2004

Tabla 2. Precios de Compra Proinfa

Fuente: BRASIL. FERRO, Fernando. PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA PROINFA. Federal Deputado. Brasília, 2004 diapositiva 11

2.2.4 Factor de Éxito: Financiamiento

El financiamiento de los proyectos inscritos en Proinfa proviene del Banco de Desarrollo del Brasil (BNDES), donde establece un periodo de pago de 12 años. El inversionista debe aportar el 20% del costo del proyecto de su capital, mientras el banco le financia el 80%. Igualmente, se establece un periodo de gracia durante el proceso de construcción y se extiende a seis (6) meses después de haber terminado obras. Igualmente, las tasa de interés son preferenciales para los proyectos, lo cual le da un ventaja adicional en la inversión.

Este apoyo le permite al inversionista arriesgar un porcentaje reducido de la inversión, ya que su capital propio puede ser el 20% del proyecto. Igualmente, Eletrobras le asegura el 70% de la inversión si existe algún inconveniente. Estas ventajas financieras incentiva al inversionista, ya que su riesgo de capital es reducido y su potencial de ingreso es favorable.



2.2.5 Factor de Éxito: Desarrollo nacional de industria

Proinfa tiene unas características especiales. Especifica que los productos utilizados dentro del proyecto deben ser como mínimo 60% nacionales. Esto busca apoyar el desarrollo de la industria alrededor de estas tecnologías. Igualmente, se obliga a los inversionistas y a los desarrolladores de proyectos a capacitar técnicamente a los nacionales brasileños. Esto busca absorber la tecnología y conocimiento importados para el desarrollo de las diferentes fuentes alternativas.

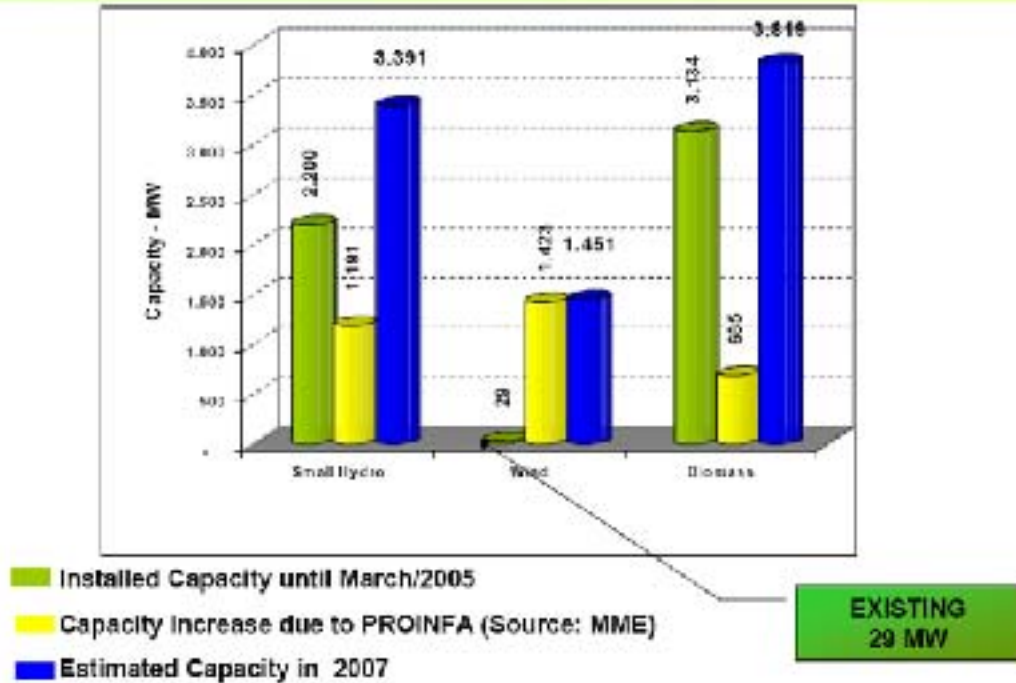
El tener la obligación de utilizar insumos de la industria nacional para la construcción de los parques eólicos, se está impulsando una industria local de productos eólicos. Esto le permite desarrollar la tecnología necesaria para suplir las necesidades de un proyecto eólico, lo que genera un potencial exportador en la región. Igualmente, impulsa el desarrollo de la industria y la creación de nuevos empleos.

2.2.6 Resultados PROINFA Fase I

Proinfa, en su primera fase, suscribió 144 proyectos. El proyecto alcanzó los 3,300 MWh, sin embargo, se puede observar en la tabla el bajo nivel de la biomasa, la cual fue redistribuida entre las otras dos tecnologías, dejando la repartición en 1.191 MWh para las PCH, 1.423 MWh para la energía eólica y la biomasa con 685 MWh.. Proinfa está generando 12,013 GWh anualmente, alcanzando a suplir el 2,5% de la demanda del sistema interconectado nacional de Brasil. Gracias a PROINFA, la capacidad eólica de Brasil paso de 29 MW a 1.423 MW creciendo en 49 veces lo que tenía.



PROINFA CONTEMPLATED SOURCES



Gráfica 4. Resultados en capacidad instalada Proinfa

Fuente: BRASIL. Ministry of Mines and Energy. Renewable energies in Brazil. Brasil, 2006

Diapositiva 12

El siguiente cuadro ubica geográficamente el desarrollo de Proinfa y sus proyectos. Se puede observar el amplio desarrollo geográfico de la energía eólica, la cual no se ha concentrado en una zona geográfica específica, sin embargo, si se ha aprovechado los focos con mayor potencial en términos eólicos.

PROINFA

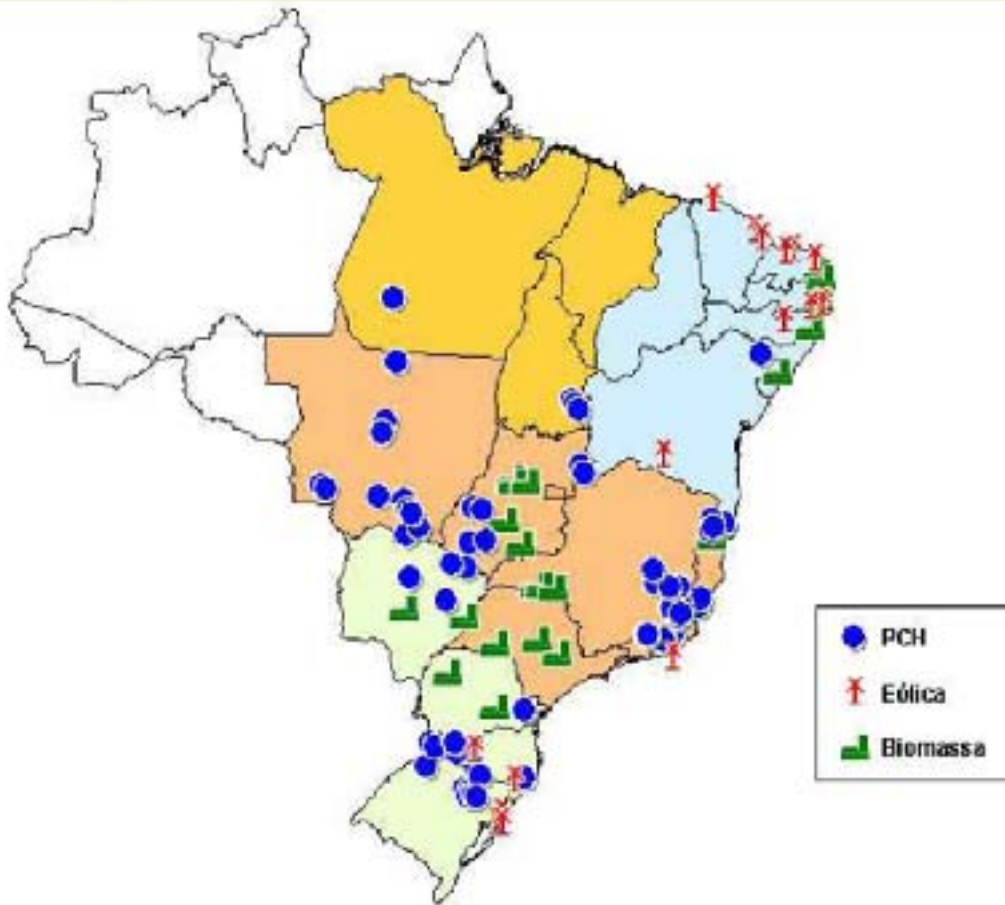


Figura 3. Ubicación geográfica PROINFA

Fuente: BRASIL. PEREIRA, Osvaldo. Energías Renovables en Brasil: Presente y Futuro. II conferencia Conferencia Regional Latinoamericana de la ISES y XXIX Reunión de Trabajo de la ASADES. Buenos Aires, 2006 diapositiva 17

En la ejecución de los 144 proyectos, se estima que ha habido una internacionalización satisfactoria por parte de entes nacionales de la tecnología importada para el desarrollo de los proyectos. Se estima que fue evitada la emisión equivalente a 2,8 millones de toneladas de CO₂ en el año 2007. Dentro de la generación con fuentes diversas, se percibe una complementariedad estacional entre las diferentes energías, puesto que a la escasez de fuentes hídricas la acompaña un incremento en la fuerza del viento, lo mismo que el hidrológico con la biomasa. Por un ejemplo, por cada 100 MW producidos por un parque eólico, se economizan 40M³/s de agua de la cascada del río San Francisco³⁶.

³⁶ER Brasil proinfa



Los beneficios que ha traído el desarrollo de los proyectos Proinfa han tocado diferentes matices de la sociedad. En el ámbito social, el proyecto ha generado 150.000 nuevos puestos de trabajos directos e indirectos en el periodo de construcción, implementación y operación. Se han invertido más de \$2 billones de dolares³⁷ en la industria de Brasil y \$ 4 billones de dolares en inversión privada.

Como una lección para Colombia, es importante analizar los retos e inconvenientes que ha tenido el programa. Un problema importante fue la capacidad financiera de los inversionistas adjudicados con contratos. Varios inversionistas no tuvieron la capacidad inicial de pagar el 20% de capital. Por tal razón, se debió hacer una reorganización de los inversionistas en varios proyectos. Esto demoró el proceso de contratación y de otorgamiento de la financiación.

Se presentó dificultades en la obtención de las zonas aptas para el desarrollo de los proyectos. Los lugares son identificados, sin embargo, sus ocupantes se convierten en un obstáculo, aunque siendo esperado, representa un problema para el desarrollo. Se presenta una demora en la adquisición de los lotes adecuados.

Por otro lado, durante la implementación de la primera fase de Proinfa, la rama legislativa del Brasil creó nuevas legislaciones ambientales que cambiaron las reglas de juego e impusieron nuevos costos para la generación de energía. Aún cuando es necesaria la nueva legislación ambiental, este cambio no se tenía previsto en el costeo inicial. **(Encontrar cuáles fueron las legislaciones y cuáles sus impactos en los costos. Toda vía en investigación)**

En la adjudicación, hubo concentración de un emprendedor con muchos contratos. Este es un problema común en la contratación con los gobiernos en América latina. Esto genera dudas sobre la debida ejecución de los contratos y su eficiencia.

Para el futuro, existe un reto alrededor del programa Proinfa. Debido a la seguridad que se les ha dado a los inversionistas, con precios fijos y estabilidad a lo largo de 20 años, no se estimula la reducción de costos ni el desarrollo competitivo del mercado. Al tener asegurado

³⁷ Cambio de 1 dolar = 2.04 reales brasileiros (4 de octubre, 2008)



un margen, no se estimula al emprendedor a desarrollar sistemas competitivos y a innovar en términos de la tecnología utilizada. Puede generar un ciclo vicioso, donde se estimula la adopción de una tecnología, pero no el mejoramiento de ella, obligando al gobierno, en el futuro, a volver a hacer otra adopción de desarrollos tecnológicos extranjeros.



3 DIAGNÓSTICO NACIONAL

3.1 Situación Actual Colombia

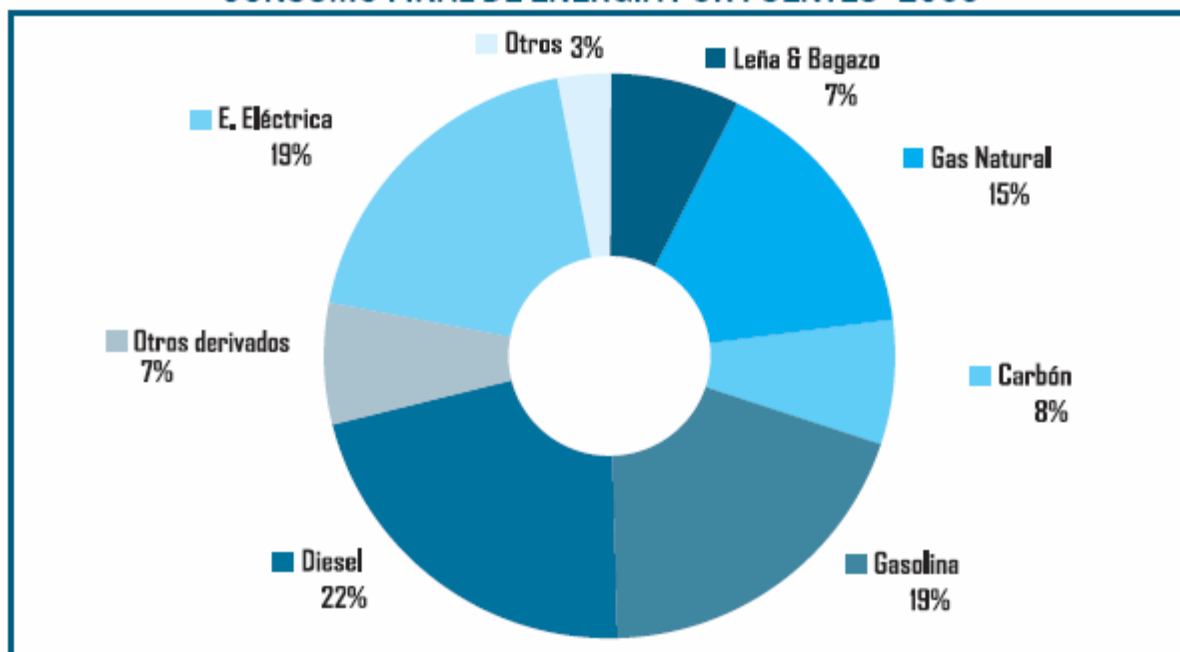
Para observar la viabilidad de la energía eólica en Colombia, se debe conocer como está la matriz de generación de energía y específicamente la generación de energía *eléctrica*. Igualmente, es importante dimensionar la autonomía que se tiene en materia energética, es decir los años de vida de las fuentes agotables en Colombia. Así mismo, se debe entender cuál es la propuesta energética de Colombia para el futuro. Estos son los puntos que se desarrollarán a continuación.

3.1.1 Fuentes de Energía en Colombia

Colombia es un país con múltiples recursos energéticos, lo cual ha permitido la generación de electricidad sin necesidad de dependencia extranjera, inclusive, convirtiéndose en un exportador de energía.

En términos de consumo, existe una diversidad de fuentes de energía. La siguiente gráfica muestra la participación en el consumo por tipo de energía. Diesel es la más representativa con un 22%, le sigue gasolina y energía eléctrica con 19%. Esta última es el objeto de nuestro estudio, pues en ella entra a participar la energía eólica.

CONSUMO FINAL DE ENERGÍA POR FUENTES- 2005

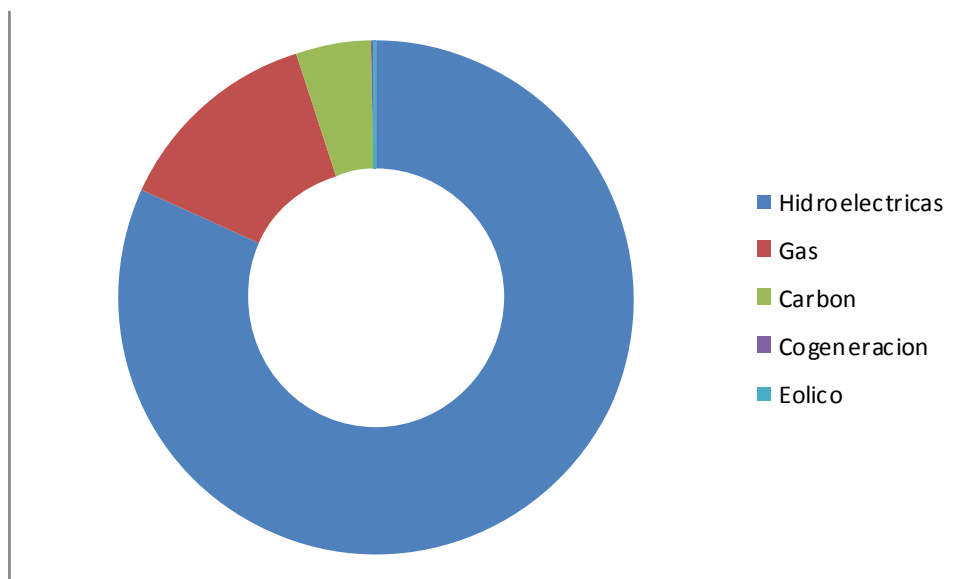


Gráfica 5. Consumo de energía en Colombia

Fuente: COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Plan Energético Nacional: Contexto y Estrategias 2006-2025. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007. p59

Ese 19% de la energía eléctrica está compuesto por diferentes generadores de energía, siendo el principal la fuente hidráulica. Para el año 2006, la generación total agregada del Sistema Interconectado Nacional (SIN), las plantas hidroeléctricas aportaron el 84,1%, el gas tuvo una participación del 13,5%, el carbón de 4,9% y por último, la cogeneración y el recurso eólico contribuyeron de manera insignificante con una 0,18% y 0,1% respectivamente³⁸. Se puede apreciar la poca contribución que tiene la energía eólica a la matriz de energía en la actualidad.

³⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Plan de Expansión de Referencia: Generación, Transmisión 2008-2022. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2008. p40



Grafica 6: Matriz de generación de energía eléctrica en Colombia

La siguiente tabla ilustra, entre muchos otros indicadores, la tarifa promedio COP/KWh, la cual permite a terrizar el costo de la energía en la bolsa de energía y las subastas de OEF. Esto es importante para hacer el análisis del costo por KWh que ha tenido Colombia entre el 2000 y el 2005.



INDICADORES DE LA EVOLUCIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO

| Indicador | Detalle | Evolución | | | | | |
|---|-------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| Capacidad efectiva (MW) [1] | Hidráulica | 8.276 | 8.632 | 9.036 | 9.852 | 8.515 | 8.532 |
| | Térmica B y C | 4.238 | 4.420 | 4.359 | 4.375 | 4.416 | 4.353 |
| | Dince | 67 | 67 | 64 | 70 | 68 | 463 |
| | TOTAL | 12.581 | 13.119 | 13.459 | 13.297 | 13.399 | 13.348 |
| Demanda [1] | Energía (GWh) | 42.240 | 43.206 | 44.499 | 45.768 | 47.019 | 48.829 |
| | Crecimiento energía (%) | 1,8% | 2,3% | 3,0% | 2,9% | 2,7% | 3,8% |
| | Potencia (MW) | 7.792 | 7.787 | 8.078 | 8.257 | 8.332 | 8.538 |
| Intercambio energéticos (GWh-año) | Exportaciones netas | 13 | 136 | 614 | 1166 | 1683 | 1.758 |
| | Importaciones netas | 77 | 40 | 0 | 69 | 48 | 37 |
| Cobertura (%) [3] | (%) | 87,4 | 88,5 | 88,4 | 88,4 | 88,9 | 90,9 |
| Tamaño Sistema de Transmisión Nacional - STN (longitud/capacidad) [2] | 500 KV (km) | 1.449 | 1.449 | 1.449 | 1.449 | 1.449 | 1.449 |
| | 230 KV (km) | 10.099 | 10.023 | 10.999 | 10.999 | 10.999 | 10.999 |
| | Transformación (MVA) | 3.510 | 3.930 | 3.980 | 3.980 | 4.560 | 4.560 |
| Precios promedio en bolsa (\$/kWh) | Bolsa | 45,0 | 53,0 | 48,0 | 36,9 | 64,5 | 76,5 |
| | Contratos | 44,5 | 53,3 | 53,4 | 72,6 | 72,9 | 71,0 |
| Tarifa Media (\$/kWh) [4] | | 87,8 | 135,5 | 157,0 | 157,0 | 175,9 | 179,0 |

[1] Fuente: Boletín Estadístico de Minas y Energía 1999-2005. UPME

[2] Fuente: Informe de Operación y Administración del Mercado 2005. XM / Plan de Expansión de Referencia, Generación y Transmisión del año respectivo. UPME

[3] Fuente: UPME. Con base en proyecciones de población con censo de 1993

[4] Fuente: GREG

Tabla 3. Tarifa Media de COP/KWh

Fuente: COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Plan Energético Nacional: Contexto y Estrategias 2006-2025. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007. p71

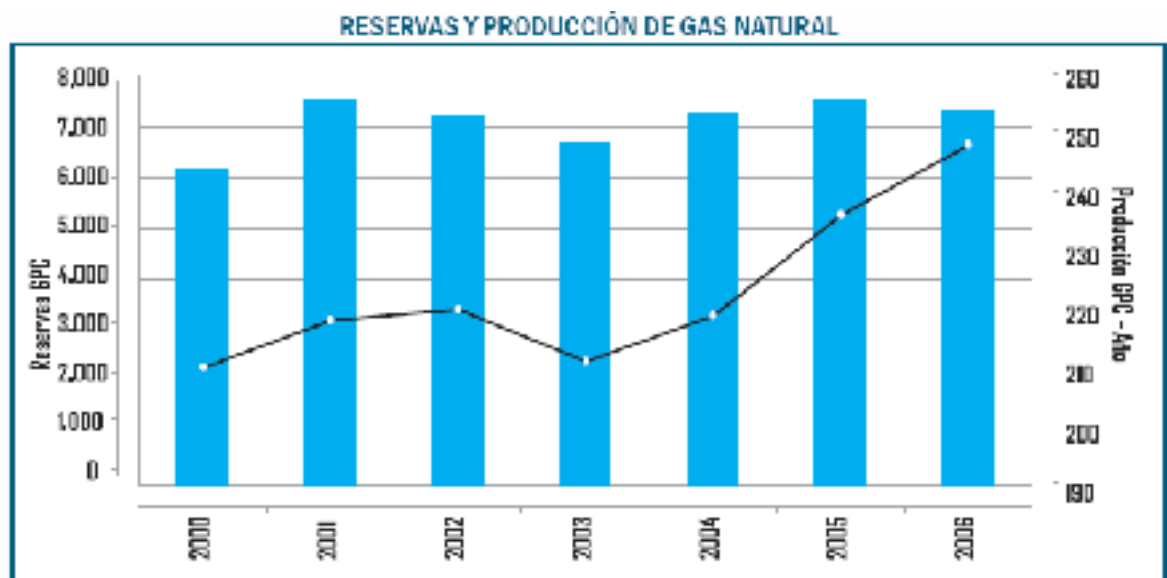
3.1.2 Años de Vida de las Fuentes de Energía Agotables en Colombia

Dentro de la canasta de generación de energía eléctrica, los recursos más destacados agotables son el carbón y el gas natural. Por esta razón es necesario establecer cuál es la perspectiva hacia el futuro de estos recursos y cuál es la autonomía de Colombia frente a ellos.

La situación del gas es preocupante. El sistema colombiano ha migrado al uso del gas natural domiciliario, se ha incentivado el cambio de elementos del hogar que dependían de la energía eléctrica al gas, como es el caso de las estufas y los calentadores de agua. Adicionalmente, se ha incentivado la transformación de vehículos de combustión a base de gasolina a una combustión a base de gas. Esto muestra la gran dependencia que se ha adquirido en el gas natural.

Por esta razón preocupa que el Plan Energético Nacional (PEN) mencione que los recursos del país son de corto plazo: “hacia el año 2013 se presenta una situación de déficit que podrá equilibrarse hasta el 2017 con las importaciones de gas desde Venezuela (...) Posteriormente el desequilibrio es de tal magnitud que ni siquiera con la importación de 500 MPCD de Venezuela se lograría suplir las necesidades internas”³⁹. Es un gran riesgo el depender energéticamente de Venezuela en el escenario político que se vive hoy, donde las relaciones intergubernamentales no son las mejores.

En el siguiente cuadro se puede apreciar como la producción de gas ha tenido un gran crecimiento, sin embargo, de año a año, las reservas no se han incrementado lo que muestra finalmente el crecimiento del consumo.



Fuente ECOPETROL S.A.

Gráfica 5. Reservas y producción de gas

Fuente: COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Plan Energético Nacional: Contexto y Estrategias 2006-2025. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007.p65

El carbón presenta unas reservas de 6.600 millones de toneladas registradas para el final del 2005, con una producción de 59 millones de toneladas anuales. Esto le da “una relación

³⁹ COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Plan Energético Nacional: Contexto y Estrategias 2006-2025. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007. p104



Reservas/Producción superior a 100 años. Por lo anterior, el carbón representa para el país un bien altamente estratégico.”⁴⁰

3.1.3 Plan Energético Nacional

El Plan Energético Nacional (PEN) 2006-2025, es la ruta a seguir en términos energéticos que propone la Unidad de Planeación Minero energética del Ministerio de Minas y Energía. Es importante enfocar el análisis en los aspectos que involucren o afecten la energía eólica. Estos temas son el panorama de la energía eléctrica en Colombia, sus prospectos en generación. Igualmente, es importante revisar las menciones que hacer el PEN de las energías renovables y sus proyecciones sobre el tema.

La generación eléctrica en Colombia está en superávit, se tiene una mayor capacidad de ofertar frente a la demanda actual. Sin embargo, la generación efectiva de energía depende de los niveles de agua en los embalses. La brecha entre oferta y demanda se cierra con el tiempo, al aumentar la demanda eléctrica nacional.

Por otro lado, se está impulsando la generación de energía eléctrica por medio del carbón, como lo menciona el PEN en sus perspectivas para el carbón:

“Revisar la normatividad e identificar las barreras para que, en igualdad de condiciones con otras fuentes energéticas, se propicie el desarrollo de proyectos de generación eléctrica de bajo impacto ambiental a partir de carbón.”⁴¹

El impulso del carbón se sustenta en los amplios recursos que tenemos del mineral, lo que le da una estabilidad en términos de precio, resguardando el riesgo por volatilidad que tienen otras fuentes de energía como la hídrica o petróleo.

⁴⁰ COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Plan Energético Nacional: Contexto y Estrategias 2006-2025. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007. p67

⁴¹Ibid. p20



Por otro lado, el gas natural está ganando espacio en la generación de energía eléctrica. En el siguiente cuadro se puede observar el cambio en el crecimiento proyecto para el gas termoeléctrico, que pasa de 1,9% a 8,9%.

PARTICIPACION SECTORIAL EN GAS NATURAL

| SECTOR | 2006 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Residencial | 14.6% | 13.8% | 13.0% | 13.0% | 12.7% |
| Comercial | 2.0% | 2.0% | 2.8% | 3.0% | 2.9% |
| Industrial ⁴² | 53.4% | 55.7% | 52.8% | 53.4% | 48.5% |
| Termico | 23.7% | 21.0% | 25.5% | 23.0% | 29.0% |
| Transporte | 5.3% | 6.0% | 6.0% | 6.4% | 6.3% |

Tabla 4. Crecimiento de la generación de energía termoeléctrica
Fuente: COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Plan Energético Nacional: Contexto y Estrategias 2006-2025. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007. p91

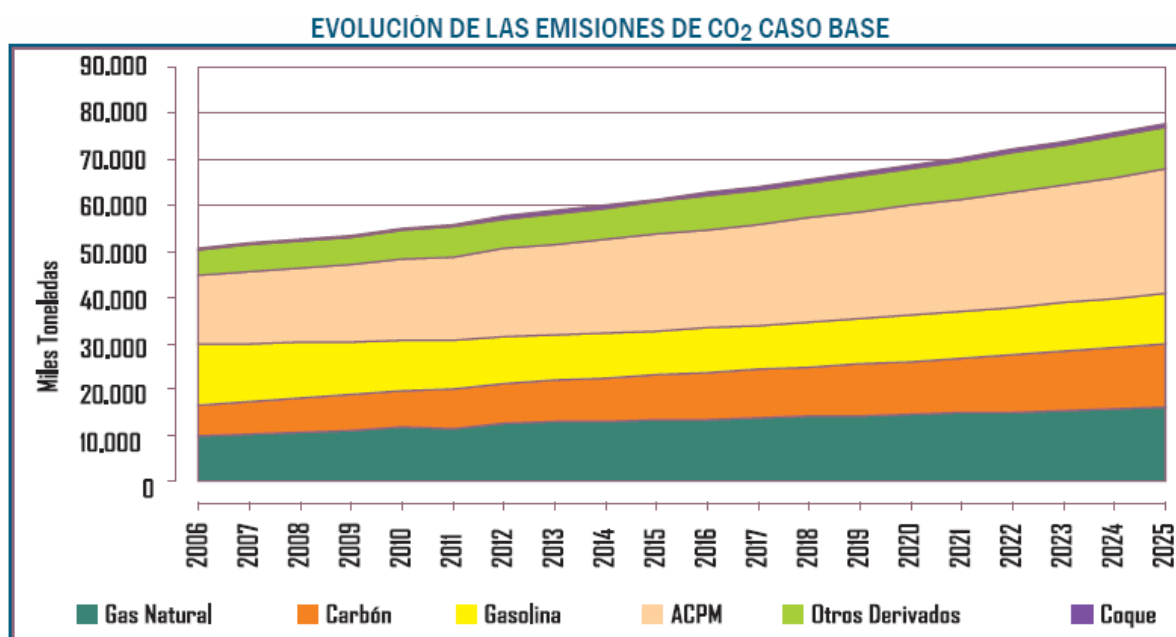
Es importante hacer mención de la fragilidad que evidencia el PEN en la dependencia de la hidroenergía y en el carbón:

“Subsiste cierto grado de incertidumbre en el caso de la hidroelectricidad por sus costos y las dificultades en el cierre financiero para que sean desarrollados por el sector privado, y en lo que hace referencia al carbón por las condiciones de oferta para consumo interno y el acceso a tecnologías limpias”⁴²

Por el otro lado, se plantea un desarrollo de la generación de energía denominada distribuida. Esta consiste en proyectos de pequeña envergadura que llevan a atender la demanda de una comunidad específica y localizada. Estos proyectos son factibles gracias al desarrollo tecnológico que permite las plantas de pequeño tamaño y de alta eficiencia.

⁴² COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Plan Energético Nacional: Contexto y Estrategias 2006-2025. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007. p104

El PEN no desarrollo el tema de las energías renovables; simplemente las reconoce, menciona las posibilidades de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) y menciona los beneficios de la Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE). Sin embargo, no se plantea ningún desarrollo específico, ni ninguna perspectiva para estas fuentes de energía. Por otro lado, el PEN “reconoce que es imposible disfrutar de los servicios energéticos sin afectar el ambiente” y es específico en términos del crecimiento que va a tener el país en términos de emisión de CO₂ (gráfica abajo), sin proponer un método para lograr su disminución.



Gráfica 6. Crecimiento en emisión de CO₂

Fuente: COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Plan Energético Nacional: Contexto y Estrategias 2006-2025. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007. p119

En el único aspecto que se mencionan a las fuentes de energía renovables es como solución para las Zonas No Interconectadas (ZNI). Estas son aéreas que no pertenecen al sistema interconectado nacional, por ende, no gozan de la energía producida a nivel nacional y por lo tanto deben generar su energía de forma independiente. El PEN señala como objetivo en términos de ZNI:

“Promover proyectos de generación que utilicen *fuentes de energía alternativa* para las ZNI.”⁴³

⁴³ COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Plan Energético Nacional: Contexto y Estrategias 2006-2025. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007. p136



En términos de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE), se está dando un gran impulso al desarrollo de los biocombustibles. El desarrollo de etanol a través de la caña de azúcar y de la palma africana ha sido exponencial. Sin embargo, a las otras fuentes no convencionales se les ha dado poco impulsado, como el caso de energía eólica donde sólo existe el parque eólico Jepirachi.

En lo que concierne al desarrollo de energía eléctrica, el PEN es específico a las expectativas para el año 2015: se incluye proyectos de 3,900 MW para hidroeléctricas y 2,150 MW para carbón, mientras que a la energía eólica se le pronostica un parque solamente 200 MW.

3.2 Legislación Energética en Colombia sobre Energías Renovables

A continuación se hará una breve descripción de las leyes que involucran el desarrollo de la energía eólica en Colombia. Para este estudio se utilizó la tesis de grado de la Universidad de los Andes realizada por Andrea Rincon titulada "Identificación y evaluación de un conjunto de medidas para incentivar la penetración de energía renovable en la generación de electricidad en Colombia".

3.2.1 Ley 142 y 143 de 1994

Como se mencionó anteriormente, la ley 142 y 143 de 1994 son las leyes marco que estructuraron el sistema eléctrico de Colombia. Estas leyes establecen los parámetros nacionales frente a cualquier acción concerniente al ámbito eléctrico.

El artículo 2 de la Ley 143 estipula:

“Artículo 2o.- El Ministerio de Minas y Energía, (...) definirá los criterios para el **aprovechamiento económico de las fuentes convencionales y no convencionales de energía**, dentro de un manejo integral eficiente, y sostenible de los recursos energéticos



del país, y promoverá el desarrollo de tales fuentes y el uso eficiente y racional de la energía por parte de los usuarios.”⁴⁴

Esto implica que el ente gubernamental es el encargado de establecer los factores que rigen la competencia en el mercado energético.

En la tesis de Rincón se hace un análisis de las implicaciones de estas leyes en el desarrollo de las energías renovable en Colombia, incluida la energía eólica. Ella encuentra que la legislación energética colombiana es neutra frente a las tecnologías, al igual que obliga a que las ofertas se hagan en igualdad de condiciones.

La tesis es explícita en cuanto a la especificación que hace la ley 142 de 1994 sobre el factor determinante en la comercialización de energía:

“Sean seleccionados con el concepto del mínimo precio, prohibiéndose expresamente tener en cuenta otro factor”⁴⁵.

Esto último aplica a la bolsa de energía, los usuarios no regulados están en la libertad de comprar su energía al mejor postor, lo que implica, la libertad de comprar al menor precio.

Sin embargo, como lo expone la profesora Angela Cadena, “la Ley dejó abierta la posibilidad de *emplear otros criterios de calificación de ofertas de electricidad y las condiciones objetivas para ponderarlas* (Resolución CREG 20 de 1996), pero hasta el momento no se han permitido criterios distintos a los del mínimo precio.”⁴⁶ (Revisar cómo debe ser la citación apropiada de este documento

⁴⁴ Ley 143 de 1994

⁴⁵ DÍAZ RINCÓN, Andrea. Identificación y evaluación de un conjunto de medidas para incentivar la penetración de energía renovable en la generación de electricidad en Colombia. Tesis (Magíster en Regulación). Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería eléctrica y electrónica p23

⁴⁶ Portafolio ELC



Se puede observar que en referencia a la energía eólica, estas se ven afectadas por estas leyes en cuanto a la estipulación del precio como competencia única. Igualmente, la ley deja explícito que se debe hacer un aprovechamiento de las fuentes de energía renovables.

3.2.2 Ley 697 de 2001

La ley 697 de 2001, conocida como la ley URE (Uso Racional y Eficiente de la Energía), fue creada para fomentar el uso racional y eficiente de la energía. Igualmente, promueve el uso de energías alternativas. Esta es una ley marco, donde se especifica la voluntad hacia el desarrollo de energías alternativas y hace de interés nacional su desarrollo. La ley define las energías alternativas, al igual que los términos alrededor de ellas.

Siendo una ley marco, es una ley corta de la que se desprenden leyes específicas que buscan un desarrollo basado en esta ley. En relación a las energías alternativas, la ley hace una breve mención.

“ART. 9 Promoción del uso de fuentes no convencionales de energía. El Ministerio de Minas y Energía formulará los lineamientos de las políticas, estrategias e instrumentos para el fomento y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, con prelación en las zonas no interconectadas.”⁴⁷

Este artículo delega en el Ministerio la responsabilidad de crear el ambiente adecuado para el desarrollo de las energías alternativas. Sin embargo, en lo que respecta de desarrollo legislativo, solo se han realizado políticas de fomento hacia el impulso de los biocombustibles. Igualmente, como es el caso del PEN, las energías alternativas se limitan como solución de las zonas no interconectadas (ZNI), lo que restringe su campo de acción.

“ART. 10 El Gobierno Nacional a través de los programas que se diseñen, incentivará y promoverá a las empresas que importen o produzcan piezas, calentadores, paneles solares, generadores de biogás, motores eólicos, y/o cualquier otra tecnología o producto que use

⁴⁷ Ley 697 de 2001, Artículo 9



como fuente total o parcial las energías no convencionales, ya sea con destino a la venta directa al público o a la producción de otros implementos, orientados en forma específica a proyectos en el campo URE”

De acuerdo a éste artículo, la ley impulsa la importación de tecnología y material necesario para el desarrollo de las energías alternativas. Sin embargo, dentro de la ley marco, la referencia es general, esperando a ser complementada por un decreto del ministerio que estipule los montos específicos.

3.2.3 Cargo por Confiabilidad

El cargo por confiabilidad fue establecido en la Resolución CREG 071 de 2006. En esta resolución, el cargo por confiabilidad entró a reemplazar al cargo por capacidad y hace parte fundamental de las subastas de oferta de energía en firme (OEF), explicada anteriormente.

El criterio para la entrega de los contratos en las subastas de OEF es la confiabilidad del generador. El cargo por confiabilidad es la cuenta de cobro que hace el potencial generador durante la ejecución del contrato, por el hecho de estar disponible en caso de escasez, con una capacidad de generación confiable.

Como lo menciona la UPME, el cargo por confiabilidad “permite asegurar la disponibilidad de recursos para abastecer la demanda y un precio eficiente de dichos recursos.”⁴⁸

Según la tesis Rincon el concepto de “cargo por confiabilidad permite que los sistemas no convencionales puedan acceder a la remuneración si entregan energía continuamente hasta el 35% de su capacidad en un año de baja hidrología”⁴⁹

Sin embargo, en el caso de la energía eólica, la confiabilidad entra a ser un factor contrario para su desarrollo. Aunque se han desarrollado sistemas de predicción eficientes, como se

⁴⁸ COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Portafolio de proyectos de generación de energía. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007. p17

⁴⁹ DÍAZ RINCÓN, Andrea. Op Cit., p25



menciona anteriormente, la variabilidad del clima y la potencia del viento sigue siendo un factor que no entrega confiabilidad. El cargo por confiabilidad podría ser una amenaza para la energía eólica. Sin embargo vale la pena recordar en este punto las seis zonas que tiene Colombia de potencial eólico en donde los vientos se pueden aprovechar de manera permanente a lo largo de todo año.

3.2.4 Otras legislaciones e Iniciativas

El artículo 18 de la ley 788 del 2002 en donde se estipula que habrá exención de impuestos a la venta “de energía eléctrica generada con base en los *recursos eólicos*, biomasa o residuos agrícolas, realizada únicamente por las empresas generadoras, por un término de quince años”. Las condiciones para ésta exención son que el proyecto genere y venda certificados de reducción de gases de efecto invernadero y el generador destine en obras de beneficio social en la región donde va a operar al menos el 50% de los recursos obtenidos por la venta de dichos certificados. Este artículo es entonces una fuente de promoción a las energías renovables al ofrecerles incentivos tributarios.

Aunado a lo anterior, en la política se está comenzando a gestar un ambiente para la discusión sobre energía eólica específicamente. Muy recientemente, el pasado 5 de septiembre, el senador Jorge Ballesteros también se manifestó al respecto con acciones concretas en la rama legislativa. El congresista buscará, a través de una iniciativa, que la generación y uso de energía eléctrica de origen eólico sea declarado de interés nacional. La iniciativa compromete a varios organismos, por un lado al gobierno nacional para que el Ministerio de Minas y Energía reglamente y asegure la investigación, desarrollo y uso de energías no convencionales como la eólica, y por otro lado a Colciencias y las universidades públicas para que apoyen los programas de investigación, capacitación y formación profesional en energía eólica⁵⁰. La última noticia sobre este tema indica que el ponente de la iniciativa deberá rendir ponencia para primer debate en la Comisión Quinta del Senado.

⁵⁰ SENADO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Respaldo legislativo a producción de energía eólica, propone senador Jorge Ballesteros. Senado de la República de Colombia. [en línea]. (5 Sep 2008). [consultado 30 Sep 2008]. Disponible en: http://abc.camara.gov.co/prontus_senado/site/artic/20080905/pags/20080905143254.html



A las acciones en el campo legislativo, hay que sumarle iniciativas bilaterales: el canciller colombiano, a mediados de septiembre de este año, firmó junto con la secretaria de estado de Estados Unidos un memorando de entendimiento para buscar fuentes de energía renovable y biocombustibles⁵¹.

Aunque falta ver los resultados del debate de la mencionada iniciativa y del memorando de entendimiento, se puede entonces decir que en el país una voluntad política para empezar a fomentar y desarrollarla energía eólica.

Hasta el momento se hizo un barrido sobre la legislación en Colombia en términos de las energías renovables y de la energía eólica. En el siguiente numeral se hará verán q han sido los impactos a nivel nacional de las algunas de las fuentes de generación de electricidad y qué acciones se están tomando al respecto.

3.3 Impacto Ambiental de las fuentes de Energía

En este punto se verán cuáles son los impactos ambientales y sociales de dos de las principales fuentes de energía eléctrica en Colombia: las hidroeléctricas y el carbón.

La energía hidráulica es la energía producida por el movimiento del agua, las hidroeléctricas utilizan este tipo de energía para generar electricidad. Las hidroeléctricas tienen diversos beneficios y tal vez el más grande es el hecho de poder almacenar el agua en sus embalses, lo que les da capacidad de reacción y respuesta inmediata a picos elevados en la demanda. Adicionalmente, hay algunos sectores que consideran la hidráulica como un tipo de energía limpia y renovable porque no produce, o producen bajos niveles, de gases de efecto

⁵¹ EL TIEMPO. Unasur debe ceñirse a las reglas de la OEA, dice Uribe en Estados Unidos. En: EL TIEMPO. [en línea]. (18 Sep 2008). [consultado 19 Sep 2008]. Disponible en: http://www.eltiempo.com/colombia/politica/2008-09-19/unasur-debe-queedar-bajo-el-paraguas-de-la-oea-dice-uribe-en-estados-unidos_4538699-1



invernadero y por lo tanto no contribuye al calentamiento global. Sin embargo hay que anotar que la construcción de grandes hidroeléctricas también trae consigo impactos ambientales y sociales que se deben tener presentes.

El Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expide licencias ambientales para los proyectos de centrales hidroeléctricas de acuerdo al Estudio de Impacto Ambiental hecho con base en unos términos de referencia que deben considerar “la racionalización en el uso de los recursos naturales y culturales, minimizando los riesgos e impactos ambientales negativos, que pueda ocasionar el futuro proyecto y potenciando los impactos positivos”⁵² entre otros aspectos.

Sin embargo pese a estos requerimientos ambientales, las hidroeléctricas han causado varios impactos negativos en las regiones y comunidades donde se localizan. Por ejemplo, la represa de El Guavio que entró en operación a finales de 1992 y que es la central hidroeléctrica más grande de Colombia con 1,213 MW, ha causado en varias oportunidades la muerte de varios miles de peces ya que el aumento del flujo del agua y la sedimentación disminuyen el oxígeno lo que termina en la muerte de estos animales. Adicionalmente la comunidad también redamó el hecho que la temperatura de las aguas se hubiera modificado lo que hace que diferentes especies de peces hayan dejado de reproducirse. En 1996 los habitantes de la región también protestaron porque se han visto afectados por las grietas que han dejado los derrumbes desde la construcción de la represa lo que ha hecho que algunas personas tengan que salir de sus casas (El Tiempo Julio 1996)⁵³.

También hay otras hidroeléctricas que han causado estragos en la comunidad como es el caso de la hidroeléctrica ubicada en el río Sinú. En 1998 las comunidades indígenas zenú y embera katio protestaron porque la consulta para establecer los estragos sociales y ambientales se estaba haciendo de manera inapropiada por parte de la empresa Urrá. Los indígenas también reclamaron al gobierno para que les ayudara a encontrar un nuevo medio

⁵² COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 673 de 1997 y Resolución 1280 de 2006. En: Ministerio De Medio Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. [en línea]. (30 Jun 2006). [consultado 30 Sep 2008]. Disponible en: www.minambiente.gov.co

⁵³ <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-418742>



de subsistencia para reemplazar a la pesca que se vio afectada por la desviación del río Sinú (El Tiempo Agosto 1998)⁵⁴.

La otra fuente importante de generación de energía en Colombia es el carbón; las minas de carbón también tienen que tener una licencia ambiental para poder operar, pero a pesar de esto también ha habido mucho debate sobre su impacto en la comunidad y el medio ambiente. Uno de los hechos más recientes sobre protestas se dio en febrero del 2007 y la protagonizaron los habitantes de la Jagua de Ibirico en el Cesar. Sus vehementes redamos iban contra las malas condiciones de vida de su municipio pese a las regalías que deja la explotación del carbón, los pocos empleos que se brindan a la región y la contaminación ambiental entre otros aspectos.

En los párrafos anteriores se han descrito algunos de los impactos sociales y ambientales que generan las hidroeléctricas y las minas de carbón en el país, ahora también es importante resaltar que el gobierno les está dando una solución. El Ministerio del Medio Ambiente aplicó este año un nuevo concepto llamado "integralidad" para la expedición de licencias en donde el compromiso no se reduce a no contaminar y a mitigar los impactos ambientales sino que la actividad de generación de energía o extracción de carbón debe generar beneficios para la comunidad donde opere la empresa. Esta nueva orientación de las licencias ambientales se puso en marcha en agosto pasado con el proyecto minero El Descanso en el Cesar al que se le exigió actividades de reforestación, protección de fuentes hídricas, reubicación de comunidades y aplicación del principio de solidaridad ambiental; se estima que las inversiones de la empresa en la licencia ambiental ascenderán a 1,500 millones de dólares.

3.4 Posibilidades de Financiación para la Energía Eólica en Colombia

A continuación se presentaran diferentes opciones de financiamiento que existen para el desarrollo de proyectos ambientales, aplicables a un parque eólico.

⁵⁴ <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-765501>



3.4.1 Fuentes de Financiación nacionales

- Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas (FAZNI)

<http://www.minminas.gov.co/minminas/sectores.nsf/00000000000000000000000000000000/73d22946676f90650525749400753dd2?OpenDocument>

Creado por la ley 633 de 2000 y reglamentado por el decreto 1124 de 1008. El FAZNI busca financiar proyectos de inversión en infraestructura energética para las zonas no interconectadas. El fondo se compone por recursos recolectados de los consumidores finales de energía del sistema de interconexión nacional quienes aportan un (1) peso por KW consumido.

- Banco de Comercio Exterior de Colombia (Bancoldex)

- <http://www.bancoldex.com>

Sociedad anónima de economía mixta adscrita al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Funciona como banco de segundo piso, ofreciendo productos y servicios financieros tanto a empresas relacionadas con el comercio exterior, como a las vinculadas al desarrollo empresarial.

Financia procesos de mejoramiento tecnológico, entre otras cosas. Presta en pesos y en dólares, y puede financiar hasta el 100% de un proyecto, siempre y cuando el monto no supere el valor generado durante la vigencia del proyecto.

- Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (Fonade)

- <http://www.fonade.gov.co>

Empresa industrial y de comercio del Estado. Está involucrado en la preparación, evaluación, estructuración, promoción, financiación y ejecución de proyectos. Le da prioridad a los proyectos que involucra el Plan Nacional de Desarrollo. Las condiciones financieras dependen del proyecto.



- Fondo Para la Acción Ambiental (FPAA)

- <http://www.accionambiental.org/>

Organismo no gubernamental, sin ánimo de lucro que se enfoca en financiar proyectos de carácter ambiental. El fondo nace de un acuerdo entre el gobierno de Colombia y el de Estados Unidos, en el cual crean la “iniciativa para las Américas” y en donde se destinan recursos de la “Cuenta de las Américas”, la cual es una operación de pago de deuda por naturaleza.

El fondo busca financiar proyectos que apoyen la sostenibilidad ambiental. Financia una variedad de rubros, entre ellos, maquinaria y equipo.

- Línea de Crédito Ambiental

- <http://www.lineadecreditoambiental.org>

Creado entre el Estado Suizo para Asuntos Económicos (SECO) y el Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnología Ambientales (CNPMLTA). Es una línea de crédito especializada para proyectos que brinden un impacto positivo al medio ambiente y mejoren el desarrollo sostenible del país. Su énfasis es en la prevención de contaminación.

- Fondo Nacional de Garantías

- <http://www.fng.gov.co>

Fondo creado para redistribuir las utilidades generadas por la explotación de recursos naturales no renovables. El fondo financia proyectos de saneamiento ambiental y solo pueden acceder las entidades regionales.

Se puede observar que en Colombia existen instituciones que posibilitan la financiación de un proyecto eólico. La gran mayoría de estas entidades son gubernamentales o dependen directamente del gobierno.

3.4.2 Fuentes de Financiación Internacionales



- Corporación Andina de Fomento (CAF)

- <http://www.caf.com>

Institución financiera multilateral que apoya el desarrollo sostenible de los países accionistas. La CAF la constituyen 16 países de América Latina y el Caribe, entre ellos Colombia. Actúa como banco de segundo piso.

- Fondo Especial del Banco Interamericano de Desarrollo (FOMIN)

- http://www.iadb.org/mif/envi_socguidelines1.cfm?language=Spanish

Es un fondo especial administrado por el BID. Promueve el desarrollo del sector privado en América Latina. Financia proyectos que promuevan el desarrollo sostenible y protejan el medio ambiente.

- Global Environment Facility

- <http://www.thegef.org/>

Fondo que busca promover y financiar iniciativas que busquen contrarrestar el calentamiento global y los daños de los gases efecto invernadero. Dentro de sus programas operacionales esta la adopción de energía renovable.

3.4.3 Incentivos dentro del Protocolo de Kioto⁵⁵

El protocolo de Kioto es un acuerdo multilateral que evidencia el esfuerzo mundial en contra del cambio climático. Entro en rigor en el 2005 y ha sido ratificado por 128 países; el compromiso es una reducción de la emisiones de gases efecto invernadero. En sus

⁵⁵ Para este análisis fueron utilizadas las siguientes fuentes:

http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/2962/1/images/22_sener.pdf

http://www.atinachile.cl/content/view/33486/Calentamiento_Global_Bonos_de_Carbono_que_son_y_para_que_sirven.html

<http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc28/inti8.php>



mecanismos existe la oportunidad de financiación a proyectos de energía renovable que no tengan emisión de gases efecto invernadero (GEI). Los mecanismos del protocolo de Kioto son:

- **Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)**: Los países industrializados pueden financiar proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo y recibir créditos por ello.

Los MDL son proyectos de inversión en tecnología de energías limpias y renovables, reduciendo la emisión de CO₂. El resultado de los MDL es un Certificado de Emisiones Reducidas (CER) el cual es tranzado en el mercado de bonos. Estos bonos son vendidos a países con cuota de emisión de gases, permitiendo un ingreso adicional al país generador de los bonos.

Estos proyectos están obligados a los siguientes aspectos:

- Contribuir al desarrollo sostenible del país.
- Contar con la aprobación de la Autoridad Nacional designada.
- Contribuir a reducir los GEI.
- Las reducciones de GEI deben ser reales, medibles y de largo plazo.⁵⁶

Un proyecto de energía eólica cumple todos los anteriores requisitos para poder ser considerado un mecanismo de desarrollo limpio.

- **Transacción de Emisiones**: corresponde a un régimen de transacción internacional de emisiones que permite a los países industrializados comprar y vender créditos de emisiones entre ellos mismos.⁵⁷ Este último mecanismo es más conocido como bonos de carbono.

Los bonos de carbono son los títulos que representan el derecho a emitir una tonelada de CO₂, transables y con un precio estipulado dentro del mercado. Estos títulos son el resultado

⁵⁶ http://www.atinachile.cl/content/view/33486/Calentamiento_Global_Bonos_de_Carbono_que_son_y_para_que_sirven.html

⁵⁷ http://www.atinachile.cl/content/view/33486/Calentamiento_Global_Bonos_de_Carbono_que_son_y_para_que_sirven.html



de los procesos MDL y están respaldados por los certificados de reducción de emisión. Estos bonos se compran dentro de los países que tienen metas específicas de emisión de CO₂, buscando compensar su superávit.

La energía eólica, como se vio en el caso de Jepirachi, es una tecnología que puede recibir recursos de los bonos de carbono gracias a su contribución con la reducción de emisión de GEI.



4 OPORTUNIDADES PARA COLOMBIA

4.1 Factores de éxito de España y Brasil aplicables a Colombia

En la segunda parte de este trabajo se hizo un análisis de los factores de éxito en España y Brasil para el desarrollo e implementación de la energía eólica en sus territorios. En este apartado se establecerá cuáles de esos factores están presentes en Colombia o cuáles podrían implementarse con el fin de establecer caminos para el desarrollo de esta tecnología a mediano y largo plazo.

4.1.1 Fijación de metas

En España se identificó que un factor de éxito fue la planificación y el establecimiento de metas sobre la energía eólica y otras fuentes renovables; en Colombia éste es un paso que aún no se ha dado. La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), en el PEN 2006-2025, hizo estimaciones de la demanda de energía a mediano y largo plazo. En los pronósticos la tendencia en energías renovables, como participación en la composición de la estructura energética proyectada hasta el año 2025, es decreciente: se pasa de un 13,1% a un 10,9%, es decir una disminución de 16% en su contribución. Cabe resaltar que prácticamente la única energía renovable es la biomasa y que la participación de la energía eólica es despreciable tal como lo muestra la tabla a continuación:



| FUENTE | 2006 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Petróleo | 48.9% | 44.0% | 47.0% | 43.8% | 40.4% |
| Hidráulica | 9.9% | 11.1% | 10.8% | 13.3% | 14.1% |
| Carbón | 10.3% | 12.6% | 11.6% | 12.1% | 13.1% |
| Gas natural | 17.9% | 20.0% | 19.7% | 19.7% | 21.4% |
| Viento | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 0.0% |
| Biomasa | 13.1% | 12.3% | 10.8% | 11.2% | 10.9% |

Tabla 5. Estructura Energética Primaria en Colombia 2006-2025
Fuente: UPME (2006) pág 100

Adicionalmente la UPME expone la carencia de voluntad hacia el fomento de energías renovables:

“En Colombia se ha prestado poca atención al desarrollo de políticas exitosas, dirigidas a inducir en la canasta energética el uso de fuentes no convencionales de energía y al fomento de programas de eficiencia energética que aporten al mejor aprovechamiento de los recursos disponibles”⁵⁸

Otro punto a identificar es que el actual presidente de Colombia expresó, en el marco de la Cumbre de la Unión Suramericana de Naciones (Unasur) celebrada en Brasilia en mayo de este año, que el país necesita avanzar en la producción de energías alternativas como la eólica:

“Nosotros necesitamos desarrollar mucho los biocombustibles, acelerar ese desarrollo. Necesitamos acelerar la energía eólica, la energía generada por la brisa en La Guajira”⁵⁹

Sin embargo, para que estas palabras no se queden en el aire, se debe desarrollar en el país una planeación con metas concretas sobre la capacidad instalada de tecnología eólica que

⁵⁸ UPME, Op. cit p31

⁵⁹ ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA EÓLICA. [consultado 28 Ago 2008]. Disponible en: <http://www.lawea.org/newsletter/esp/0605/noticia05.html>



deberían quedar plasmadas de manera explícita en el PEN para que éste desarrollo tecnológico sea una realidad.

4.1.3 Brasil

Para analizar la aplicabilidad se deben revisar los factores que permitieron que el proyecto PROINFA fuera un éxito:

- Contrato a largo plazo: en términos de contratos a largo plazo de compra de energía en Colombia tenemos la modalidad de las subastas de OEF. Este contrato no compra la energía emitida continuamente, sino que entrega un pago por concepto de cargo por confiabilidad. Emular los contratos utilizados en PROINFA no es viable en Colombia porque no se le puede asegurar la compra de la generación entera a un generador, ya que entra a consideración el tema de precio, del cual se mencionara a continuación.
- Precio fijo garantizado por 20 años: el factor de compra a precio garantizado no es aplicable en Colombia. Las leyes 142 y 143 de 1994 establecen al precio como único indicador de compra de energía, esto para estimular la competencia y proteger al consumidor. Garantizar un precio fijo de compra iría en contra de la legislación de energía colombiana que debe ser neutra frente a las diferentes tecnologías.
- Respaldo financiero de entidad bancaria publica nacional: Se mostró en este trabajo las diferentes instituciones que existen para el apoyo financiero de iniciativas ambientales, enfocado en las aplicables para energía eólica. Varias de esas instituciones son gubernamentales, lo que permite concluir que es aplicable un financiamiento gubernamental a una iniciativa alrededor de la energía eólica.



- **Obligación de desarrollo industria nacional:** Las limitaciones en términos de utilización de insumos nacionales es una potestad que tiene el gobierno y tiene la capacidad de decidir su uso por lo que el factor puede ser aplicable en Colombia.

4.2 Oportunidades para Colombia

4.2.1 Preparar el camino: conclusiones diagnóstico nacional legislatura

Se ha dado un desarrollo vertiginoso de la energía eólica y de su tecnología lo que conlleva a que sus costos se hayan reducido considerablemente, lo que la acerca al costo de energías tradicionales. Sin embargo, en un país de recursos hídricos como Colombia, la energía eólica no ha logrado un precio competitivo frente a la energía hidráulica, como se puede apreciar en la siguiente tabla. Esta es la principal barrera, ya que la legislación ubica al precio como único referente a la hora de comprar energía. Al existir neutralidad tecnológica, la energía eólica no tiene capacidad de competencia en la bolsa de energía. Igualmente, el concepto de cargo por confiabilidad pone en desventaja a las tecnologías de generación que dependen del clima como la eólica, frente a los autónomos, en las subastas de OEF.



| COSTOS DE GENERACIÓN A GRAN ESCALA (COLOMBIA) | | |
|---|--------------------------|---------------------------|
| TECNOLOGÍA | INSTALACIÓN US\$ / kW | GENERACIÓN US\$ / MW.h |
| HIDROELÉCTRICA (Porce III) | 1500 | 38 |
| TERMO GAS C. Abierto 200 MW + Imp | 350 | 48 |
| TERMO GAS C. Comb 200 MW + Imp | 560 | 30 |
| TERMO CARBÓN (300 MW) | 1800 | 52 |
| GEOTERMIA | 1750 | 42 |
| BIOENERGÍA | 1970 | 66 |
| EÓLICA (Guajira) | 1400 | 39 a 50 |

| COSTOS DE PEQUEÑOS SISTEMAS AISLADOS | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| TECNOLOGÍA | INSTALACIÓN US\$ / kW |
| EÓLICA | 3500 |
| SOLAR | 8000 |
| MINIHIDRO | 3000 |

Tabla 6. Costo de generación por tecnología en Colombia

Fuente: COLOMBIA. EPM. Perspectivas de la energía eólica en Colombia. Gerencia Generación Energía. EPM. Medellín, 2007 **diapositiva 22**

Dejando de lado las desventajas actuales que tiene la energía eólica en materia de costos y de confiabilidad, se debe tener en cuenta el rápido progreso que ha tenido la tecnología, que ha permitido una mayor generación de energía con una reducción importante en los costos de aerogeneradores. Esto deja la esperanza que la energía eólica se convierta, en el futuro mediano, en una energía más competitiva que pueda entrar en la subasta de energía. Así mismo, los métodos de predicción del clima están progresando, lo que permitiría incluir la tecnología eólica en un sistema de generación de energía confiable, permitiéndole participar competitivamente en las subastas de OEF.

Teniendo en cuenta las razones anteriores y siendo la ley 697/2001 (URE) una ley marco, hay espacio para desarrollar ésta ley para que se prepare el camino hacia la implementación de la energía eólica. Si se prevé esto, se podría potencializar los esfuerzos energéticos una vez se den los factores necesarios para que esta tecnología sea adoptada.

La mejor estrategia para facilitar la entrada de la energía eólica es la conceptualización de un régimen de preferencias alrededor de ella, apoyándose en la ley URE, sin contradecir las leyes 142 y 143 de 1994. Estos incentivos se pueden hacer alrededor de los costos propios



que tiene la implementación de la energía, como una reducción de aranceles de los productos tecnológicos para el montaje de un parque eólico o una exención de los costos fiscales. Igualmente, el tema financiero es importante, sin embargo, este será tratado en el siguiente numeral.

Al existir un inventario de la potencialidad del recurso eólico en Colombia se puede ir previendo la conexión de estas zonas con el SIN. Por un lado se puede hacer una planeación sobre cómo lograr la interconexión de los parques eólicos que se ubiquen en estas zonas y por otro dentro del Plan de Desarrollo del gobierno se puede planear la construcción de carreteras que lleguen a estos lugares para que los parques puedan ser construidos.

En el Plan visión 2019, se presenta a Colombia como un dúster regional de energía. Dentro de este concepto, se presenta un potencial para el desarrollo de diversas formas de generación de energía, por el mismo concepto de dúster. Sin embargo, sólo se hace mención, ya que este tema da otro trabajo de investigación.

4.2.2 Financiación: Conclusiones de las posibilidades de financiación

Colombia tiene instituciones capaces de financiar un proyecto de energía eólica de gran envergadura. Igualmente, al ser un país en vía de desarrollo, tiene el potencial de recibir fondos internacionales para el desarrollo de tecnología de generación de energía de fuentes renovables.

De todas las instituciones nacionales, se considera que el ente que por su naturaleza debe preparar un programa para la financiación de iniciativas de energía renovable es el Fondo Nacional de Garantías. Gracias a los fondos que se reciben por la explotación de hidrocarburos, este fondo dispone de la liquidez y capacidad necesaria para financiar un mega proyecto. Igualmente, ya que los fondos se reciben por la explotación de una fuente de energía que genera gases efecto invernadero, financiar iniciativas de generación limpias se convierte en un complemento perfecto que el fondo debe impulsar.



Se presenta un inconveniente, ya que al fondo solo pueden acceder las entidades regionales. Para el desarrollo de un mega proyecto de la envergadura de un parque eólico, es necesaria la unión de varias entidades regionales que apoyen esta iniciativa. Se puede presentar una barrera de carácter político, ya que serían muchos los intereses políticos individuales entre gobernadores, alcaldes y diputados entre otros, los que se pueden interponer para la realización del proyecto.

El Fondo Nacional de Garantías podría desarrollar una nueva modalidad de crédito que permitiera la financiación de proyectos específicos de generación de energía, sustentado en el concepto de autonomía energética que debe mantener el país, por la exportación de hidrocarburos (fuente del ingreso de las regalías). Sin embargo, se debería ampliar la capacidad del fondo para poder financiar organismos distintos a las entidades regionales.

Por el otro lado, si se incorpora la iniciativa de estimular la producción de energía por medios limpios y renovables dentro del plan de desarrollo, el fondo nacional de garantías tendría mayor sustento para poder financiar estas iniciativas. Así mismo, FONADE podría desarrollar una línea de convocatoria para financiar propuestas de energía limpia.

4.2.3 Desarrollo de la Industria de Tecnología

Tal como se mencionó anteriormente, dentro de los beneficios que ha traído la energía eólica a España está la creación de toda una industria y economía a su alrededor. Su liderazgo tecnológico en materia eólica traspasó las fronteras del país con la promoción y explotación de proyectos que en el corto y mediano plazo superan la actual capacidad instalada en España (15,000 MW).

Por otro lado, la revista The Economist en su reporte especial sobre el Futuro de la Energía del pasado mes de junio⁶⁰, plantea la problemática acerca de la distancia que generalmente hay entre la demanda de energía y los lugares en donde soplan los vientos. La revista

⁶⁰ THE ECONOMIST. Flights of fancy. En: The Economist. [en línea]. (19 Jun 2008). [consultado 23 Jul 2008]. Disponible en: http://www.economist.com/specialreports/displaystory.cfm?story_id=11565618



entonces establece que una de las responsabilidades contemporáneas de los ingenieros eléctricos es lograr la interconexión entre la oferta (parques eólicos) y la demanda de energía. Es por esto que el desarrollo e innovación tecnológica en términos de redes de interconexión tiene que seguir adelantándose. El anterior es tan sólo una muestra de los diferentes campos de investigación en donde se debe generar conocimiento en términos de energía eólica.

Se puede ver entonces que la tecnología eólica todavía tiene mucho potencial para seguir desarrollándose y es aquí donde Colombia tiene una oportunidad; a continuación se verá a la luz de tres marcos regulatorios específicos para el desarrollo de tecnología - URE, ambiental y tributario - cómo el país tiene las puertas abiertas para generar conocimiento en materia eólica y lograr en el largo plazo el desarrollo de una industria tecnológica.

Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE)

- La ley 697/2001, como ya se dijo, declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés nacional; su marco promueve el uso de fuentes no convencionales de energía y especifica que el gobierno nacional incentivará y promoverá a las empresas que importen o produzcan productos o tecnología relacionados con las energías no convencionales
- La Ley 633/2000 creó el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas (FAZNI) que financia proyectos de inversión en infraestructura energética en las zonas no interconectadas (ZNI). Lo interesante es que Colciencias tiene la facultad de financiar proyectos de *investigación* con los recursos del FAZNI.

Incentivos Ambientales

La ley 99 de 1993 mediante la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente define en su artículo 5 las siguientes funciones del organismo:

- “Promover la formulación de planes de reconversión industrial ligados a la *implantación de tecnologías ambientalmente sanas*” (Art. 32)



- “Promover, [...] la realización de *programas de sustitución de los recursos naturales no renovables*, para el desarrollo de tecnologías de generación de energías no contaminantes ni degradantes”

Beneficios Tributarios

La ley 383 de 1997 y la ley 488 de 1998 deducen de impuestos a las inversiones o donaciones para proyectos de investigación, desarrollo científico y tecnológico y a las donaciones a entidades que desarrollen investigación científica, tecnológica y de protección ambiental.

En conclusión de los tres marcos regulatorios citados, se puede decir que el país cuenta con herramientas regulatorias para fomentar y desarrollar conocimiento en materia de energía eólica que, como se dijo anteriormente, es un campo en el que queda mucho por investigar. Colombia tiene entonces la oportunidad de ponerse a la vanguardia y en el largo plazo estar no sólo utilizando internamente sino también exportando su conocimiento y tecnología en materia eólica tal como lo hace actualmente España.



5 CONCLUSIONES

XXXX

XXXX



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Orden Alfabético)

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA EÓLICA. www.lawea.org

COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 673 de 1997 y Resolución 1280 de 2006. En: Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. [en línea]. (30 Jun 2006). [consultado 30 Sep 2008]. Disponible en: www.minambiente.gov.co

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Plan de Expansión de Referencia: Generación, Transmisión 2008-2022. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2008.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia. Bogotá: 2006. Ministerio de Minas y Energía.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Plan Energético Nacional 2006-2025: Contexto y Estrategias. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007

COLOMBIA. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Plan Energético Nacional: Contexto y Estrategias 2006-2025. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007.

DINIVA, Valentina. Initiating a sustained diffusion of wind power: The role of public-private partnerships in Spain. En: Energy Policy. [en línea]. doi:10.1016/j.enpol.2008.06.008 (Junio 2008); [consultado 20 Ago 2008]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2W-4T1SFRC-2/2/1ae15b3a154d8fc8ddf5b1c825adfe41>

EL PAÍS. La dependencia energética de España se dispara a un récord histórico del 85%. En: EL PAÍS. [en línea]. (22 Sep 2006). [consultado 30 Sep 2008] Disponible en:



http://www.elpais.com/articulo/economia/dependencia/energetica/Espana/dispara/record/historico/85/elpporeco/20060922elpepieco_3/Tes/

EL TIEMPO. Unasur debe ceñirse a las reglas de la OEA, dice Uribe en Estados Unidos. En: EL TIEMPO. [en línea]. (18 Sep 2008). [consultado 19 Sep 2008]. Disponible en: http://www.eltiempo.com/colombia/politica/2008-09-19/unasur-debe-queda-r-bajo-el-paraguas-de-la-oea-dice-uribe-en-estados-unidos_4538699-1

GARCÍA-CEBRIÁN, Lucía. The influence of subsidies on the production process: The case of wind energy in Spain. En The Electricity Journal. [en línea]. 1040-6190/02 (Mayo 2002). [consultado 13 Ago 2008]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science?ob=ArticleURL&udi=B6VSS-45H0GPS-3&user=10&rdoc=1&fmt=&orig=search&sort=d&view=c&version=1&urlVersion=0&usefid=10&md5=ce6d2abd37b576516629bb24830057bd>

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL & GREEN PEACE INTERNATIONAL. Global Wind Energy: Outlook 2006. 2006

SENADO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Respaldo legislativo a producción de energía eólica, propone senador Jorge Ballesteros. En: SENADO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. [en línea]. (5 Sep 2008). [consultado 30 Sep 2008]. Disponible en: http://abc.camara.gov.co/prontus_senado/site/artic/20080905/pags/20080905143254.html

THE ECONOMIST. Flights of fancy. En: The Economist. [en línea]. (19 Jun 2008). [consultado 23 Jul 2008]. Disponible en: http://www.economist.com/specialreports/displaysory.cfm?story_id=11565618

THE EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION. Pure Power: Wind Energy Scenarios up to 2030. 2008



WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION (WWEA). Press Release: Wind turbines generate more than 1 % of the global electricity. Bonn: 2008



ANEXOS