



## Grupo GESE (Grupo Estudio Sobre Energía)

### ➤ Integrantes:

*Alejandro de Villaflor*

*Mariano Bonoli*

*Valeria Gogni*

*Javier Rubido*

*Carlos Stortoni*

*Diego Edwards*

*Juan Pablo Ruscio*

*Matías Marando*

### ➤ Coordinador:

*Ruben Bufanio*



# ***Introducción a la Energía Eólica***



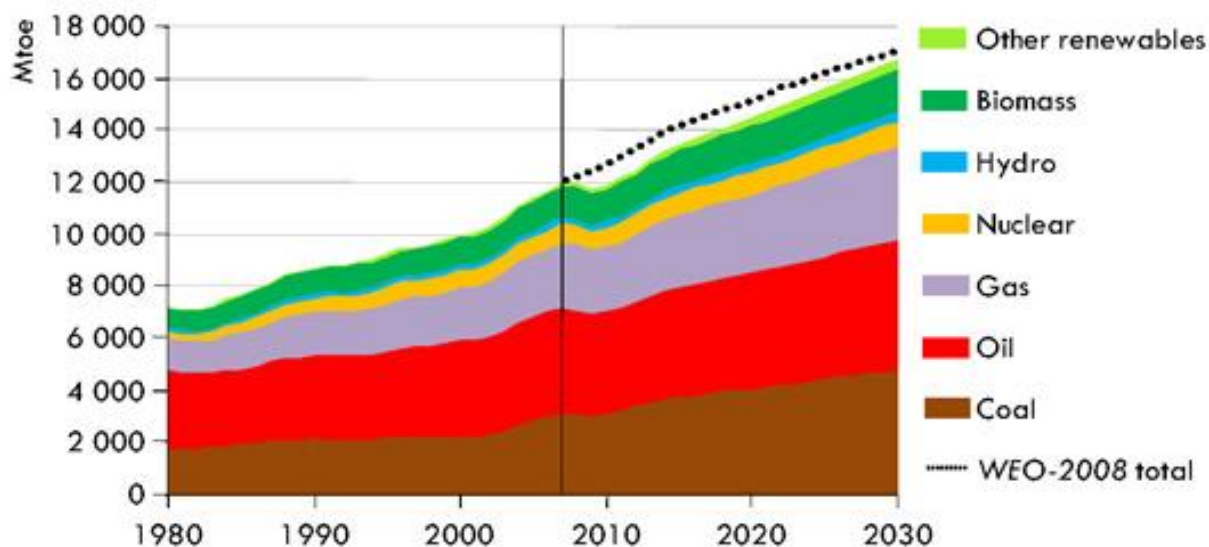
## ***Necesidad de las Energías Renovables, muchos motivos...***

- ✓ *Impacto ambiental*
- ✓ *Aumento de la demanda*
- ✓ *Recurso Combustibles fósiles finito*
- ✓ *Utilización de fuentes energéticas locales*
  - ✓ *Independencia energética*
    - ✓ *Costo competitivo*
      - ✓ *Marketing*
- ✓ *Desarrollo industrial y económico*



# Situación energética mundial

## Demanda mundial

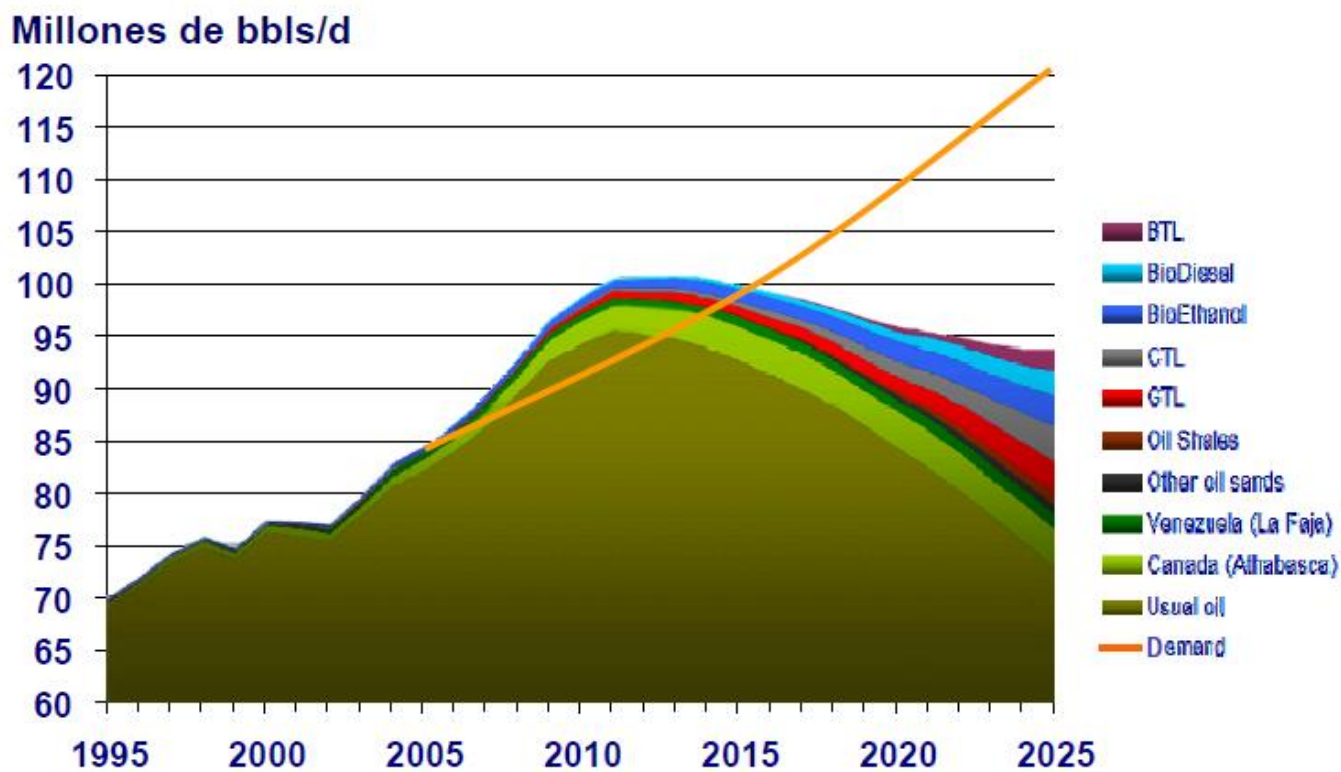


*Global demand grows by 40% between 2007 and 2030,  
with coal use rising most in absolute terms*



# Contexto energético mundial

## Peak oil mundial

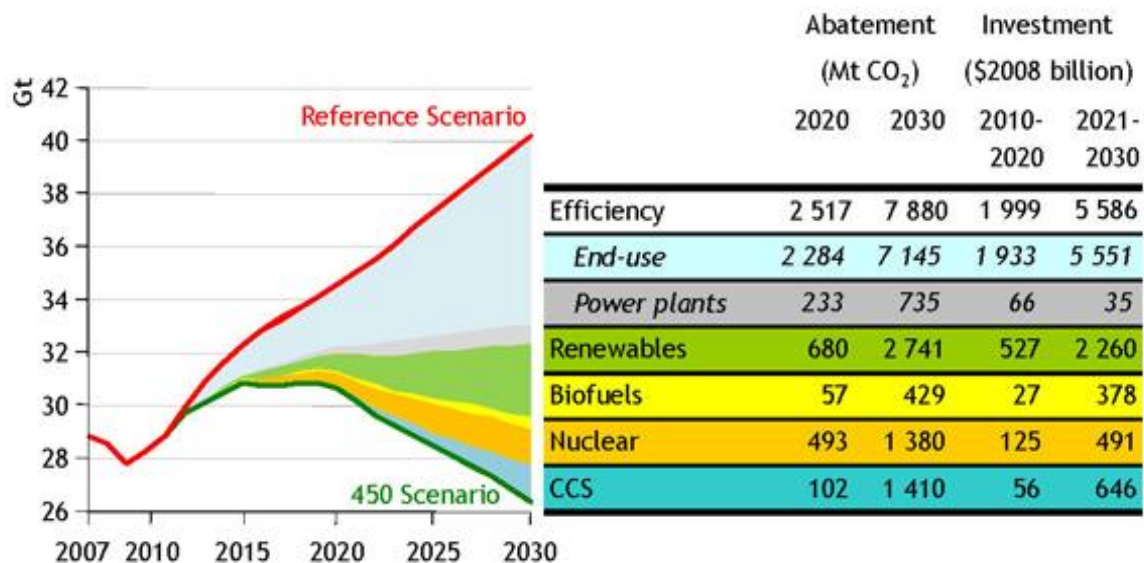


Fuente: Energy Files 2005



# Contexto energético mundial

## Escenario 450 ppm

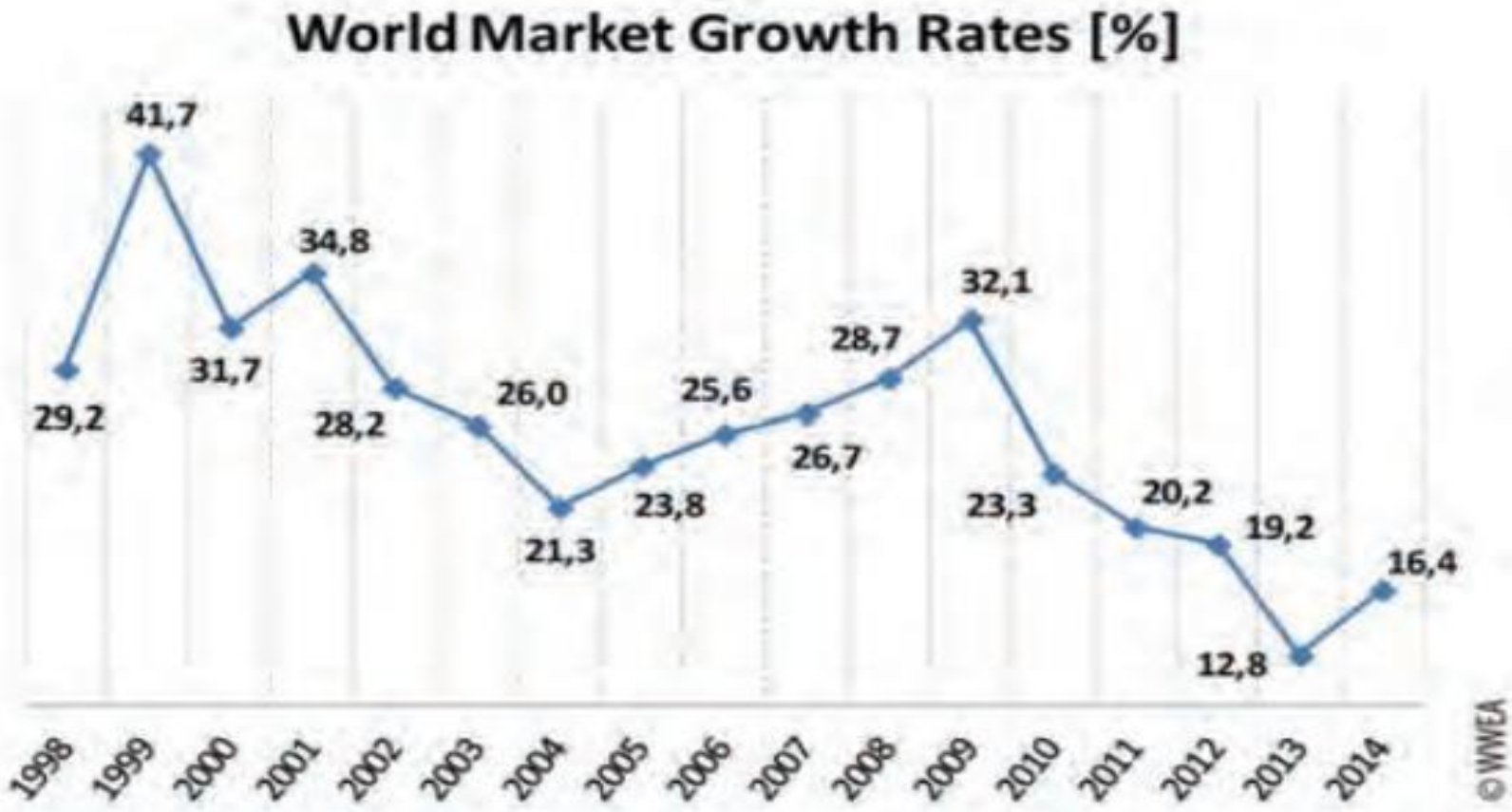


*Efficiency measures account for two-thirds of the 3.8 Gt of abatement in 2020, with renewables contributing close to one-fifth*



## Contexto energético mundial

Incremento de la capacidad instalada interanual eólica





## Contexto energético mundial

Position 2014	Country/Region	Total capacity end 2014 [MW]	Added capacity 2014 [MW]	Growth rate 2014 [%]	Installed Capacity per Capita W/person	Installed Capacity per sqkm kW/sqkm	Total capacity end 2013 [MW]	Total capacity end 2012 [MW]	Total capacity end 2011 [MW]	Total capacity end 2010 [MW]
1	China	114'763.0	23'350.0	25.7	84.7	12.0	91'324.0	75'324.0	62'364.0	44'733.0
2	United States	65'754.0	4'854.0	7.6	206.2	6.7	61'108.0	59'882.0	46'919.0	40'180.0
3	Germany	40'468.0	5'808.0	16.8	499.6	113.3	34'660.0	31'315.0	29'075.0	27'215.0
4	Spain	22'986.5	27.5	0.1	481.5	45.5	22'959.0	22'796.0	21'673.0	20'676.0
5	India *	22'465.0	2'315.1	11.5	18.2	6.8	20'150.0	18'321.0	15'880.0	13'065.8
6	United Kingdom	12'440.3	1'736.4	16.1	195.2	51.0	10'710.9	8'635.9	6'018.0	5'203.8
7	Canada	9'694.0	1'871.0	25.9	278.3	1.0	7'698.0	6'201.0	5'265.0	4'008.0
8	France	9'296.0	1'042.0	12.6	140.3	14.4	8'254.0	7'499.8	6'607.6	5'628.7
9	Italy	8'662.8	107.5	1.3	140.4	28.7	8'551.0	8'144.0	6'737.0	5'797.0
10	Brazil	5'961.6	2'495.5	72.0	29.4	0.7	3'466.1	2'507.0	1'429.0	930.0

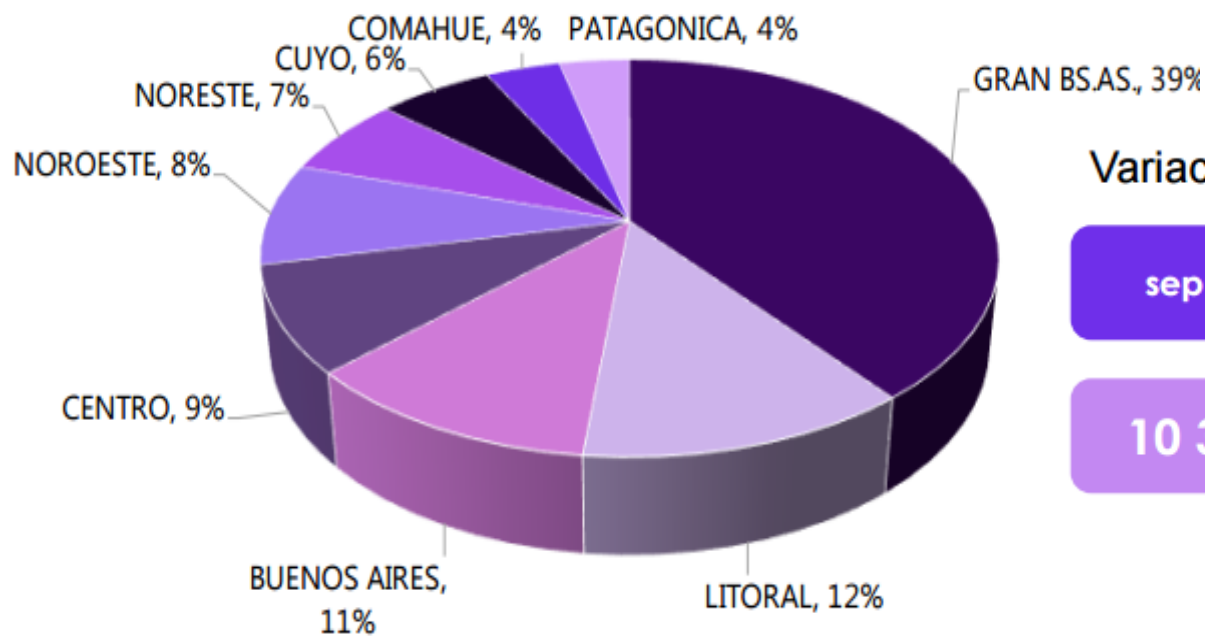
35	Uruguay	529.4	470.0	792.7	158.8	3.0	59.3	55.7	40.5	30.5
36	Ukraine	409.5	126.3	34.0	9.2	0.7	371.0	276.0	151.1	87.4
37	Croatia	347.0	45.0	14.9	77.6	6.1	302.0	180.0	131.0	89.0
38	Hungary	329.4	0.0	0.0	33.2	3.5	329.4	329.4	329.4	295.0
39	Estonia	302.7	22.7	8.1	240.6	6.7	280.0	269.0	184.0	149.0
40	Czech Republic	283.0	14.0	5.2	26.6	3.6	269.0	260.0	217.0	215.0
41	Lithuania	279.0	0.0	0.0	79.6	4.3	279.0	225.0	179.0	163.0
42	Argentina	271.0	53.0	24.8	6.3	0.1	217.1	140.9	129.2	54.0
43	Pakistan	256.0	150.0	141.5	1.3	0.3	106.0	106.0	6.0	6.0
44	Tunisia	245.0	141.0	135.6	22.4	1.5	104.0	104.0	54.0	54.0
45	Thailand	223.0	30.0	15.5	3.3	0.3	193.0	112.0	8.0	0.0
46	Philippines	216.0	183.0	554.5	2.0	0.7	33.0	33.0	33.0	33.0



# Situación Energética en la Argentina

## Demanda energía eléctrica por Región del País a Septiembre 2016

Detalle por Área de Demanda Acumulado 2016



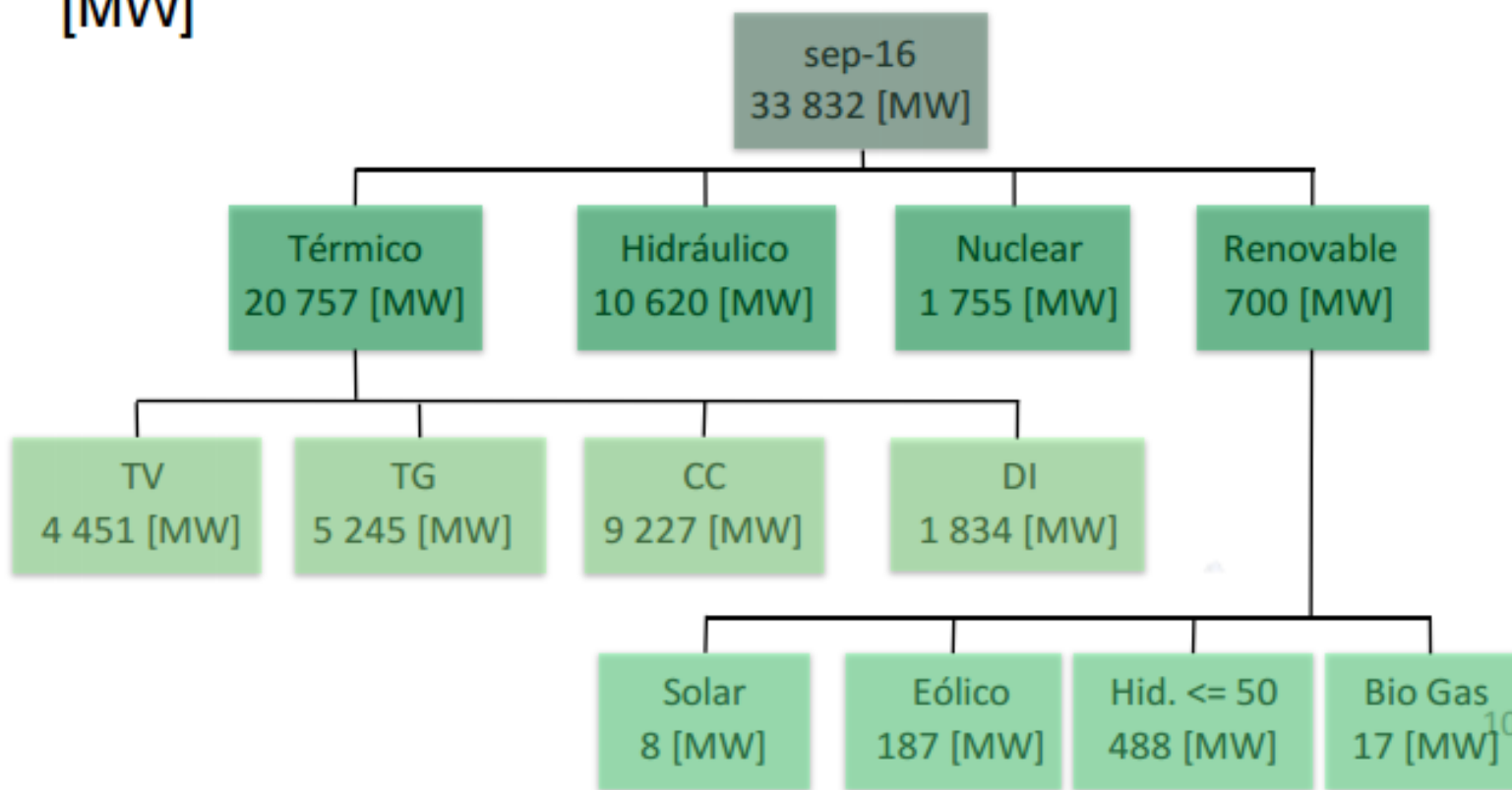
### Variación Demanda Neta [GWh]





## Situación Argentina

### Potencia Instalada Distribución por Tecnología [MW]





**Situación  
Argentina**

**Potencia  
Instalada: 33 832 [MW]**

**Potencia Máxima Bruta: 22 265 [MW]**

06/09/2016 20:25

**Potencia Máxima Hist. : 25 380 [MW]**

12/02/2016 14:35

**Demanda Total: 10 359 [GWh]**

-1.8%

Vs. Igual Mes 2015

1.8%

Año Móvil

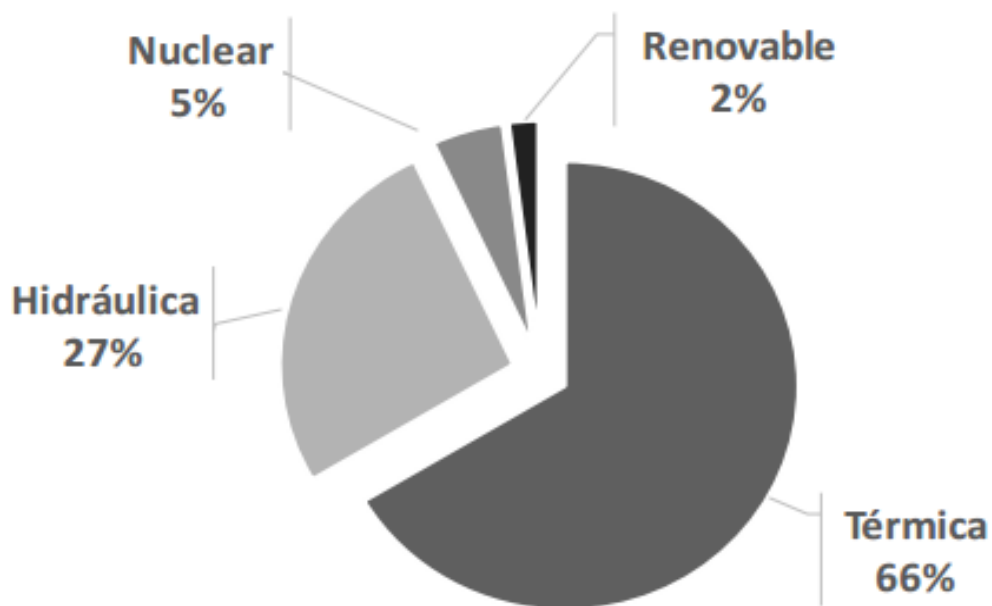
**COSTO MONÓMICO MEDIO MES: 1053.8 [\$/MWh]**

**MONÓMICO MEDIO AÑO MÓVIL: 972.7 [\$/MWh]**



## ***Situación Argentina***

Gráfico que muestra la participación de cada fuente de energía en el mes actual Septiembre 2016





## Situación Argentina

### Costo de la Energía Eléctrica



Costo Medio de Generación MEM Mensual [\$/MWh]

sep-16	sep-15	Medio Año Móvil
1053.8	664.8	972.7

Precio Medio Estacional [\$/MWh]

sep-16	sep-15	Medio Año Móvil
333.3	95.3	253.2



## ***Situación en la Argentina (conclusiones)***

- ✓ Matriz energética dependiente de combustibles fósiles
- ✓ Precios volátiles
- ✓ Escasez en las reservas fósiles – necesidad de importación a elevados precios
- ✓ Necesidad de ampliación de la potencia instalada

Por lo tanto :

**Necesidad de las energías renovables**

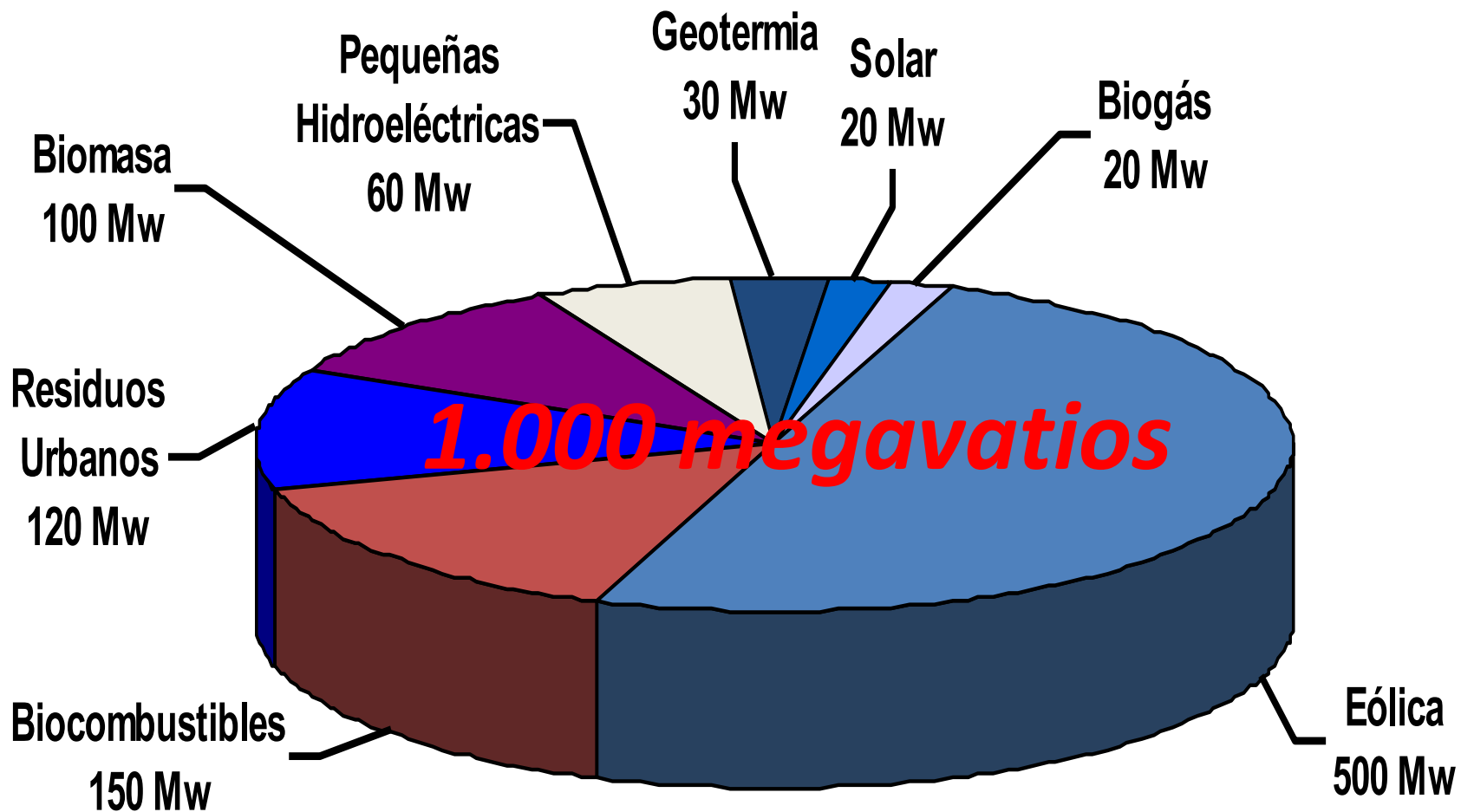
## *Situación en la Argentina*

### Energías renovables – Programa “GenRen”

- ✓ La Ley 26.190 impulsó el “Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinadas a la generación eléctrica”.
- ✓ Estableció que en el plazo de 10 años, el 8% del consumo eléctrico tiene que ser abastecido a partir de fuentes de energías renovables.
- ✓ Reglamentada a través del Decreto N° 562/09.



## Potencia a licitar – Programa GenRen







# Resultados GenRen

Total Oferentes: 21 empresas

Ofertas Presentadas: 51 proyectos

Potencia Ofertada: 1436,5 MW

(40% superior a la licitada)



## Resultados programa Genren

- ✓ 15% de las obras terminadas
- ✓ Emgasud – Genneia 180 MW asignados, 80MW operativos
  - ✓ Isolux 200 MW asignados, 50MW en ejecución
  - ✓ Impsa 155 MW asignados, 75MW en ejecución
    - ✓ Falta de financiamiento a largo plazo

# Ley 27191– (Modificaciones a la ley 26.190)

❑ Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Modificaciones

Senador M. Guinle

❖ Sancionada: 23 de Septiembre de 2015

❖ Promulgada: 15 de octubre de 2015

- Beneficios amortización acelerada y devolución anticipada del IVA
- Compensación de quebrantos
- Exención de los bienes al pago de la ganancia mínima presunta
- Deducción de la carga financiera del pasivo financiero
- Exención del impuesto sobre la distribución de los dividendos
- Certificado fiscal
- Creación del fondo fiduciario para el desarrollo de E. Renovables

## Ley 27191– (Modificaciones a la ley 26.190)

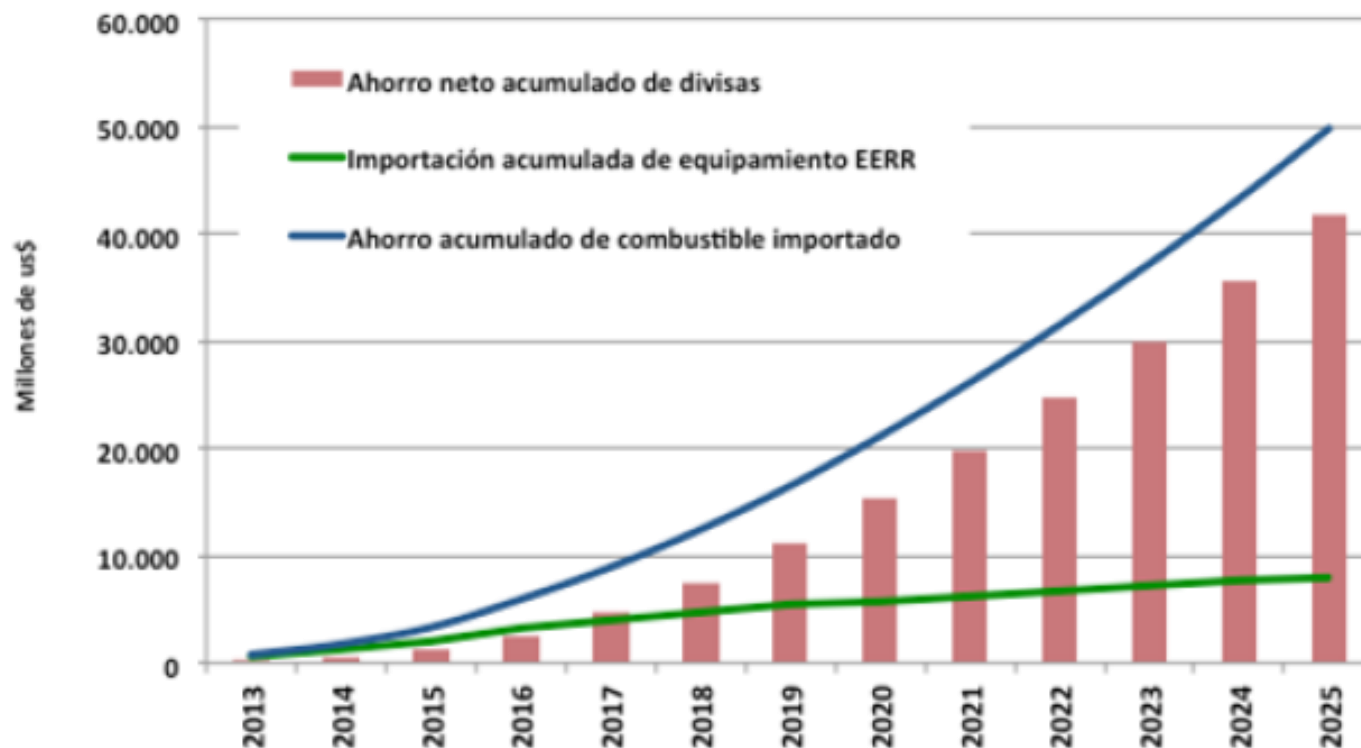
- 8% E.E.R.R. al 31/12/2017
- 20% E.E.R.R. al 31/12/2025
- Precio promedio no mayor a 113 USD / MWh
- Multas aplicables a los usuarios, a partir de los 300 kW de potencia contratada, que no cumplan con la meta de 8% de su demanda en renovables al 31/12/2017 y el 20% al 31/12/2025
- Los usuarios podrán autogenerar, contratar en forma directa a través de un distribuidos de energía, o comprarla directamente a CAMMESA.
- No exigencia respaldo de potencia



# Ley 27191– (Modificaciones a la ley 26.190)

Senador M. Guinle

La instalación progresiva de 8.900 MW de EERR hasta 2025 ahorrará 41 mil millones de us\$ en importación de combustibles



# Ley 27191– (Modificaciones a la ley 26.190)

## RenovAr

PLAN DE  
ENERGÍAS  
RENOVABLES  
ARGENTINA 2016 - 2025



TECNOLOGIA	Cantidad de Ofertas	Potencia Ofertada [MW]	Potencia Media por Oferta [MW]	Potencia a Contratar RenovAr - Ronda 1 [MW]
EOLICO	49	3468.7	70.8	600
SOLAR	58	2813.1	48.5	300
BIOMASA	5	44.5	8.9	65
BIOGAS	6	8.6	1.4	15
HIDRAULICO	5	11.4	2.3	20
<b>TOTAL</b>	<b>123</b>	<b>6346.3</b>	<b>51.6</b>	<b>1000</b>








# RenovAr “ronda 1”, adjudicaciones:

ENERGÍAS RENOVABLES EN ARGENTINA

## RenovAr - Ronda 1

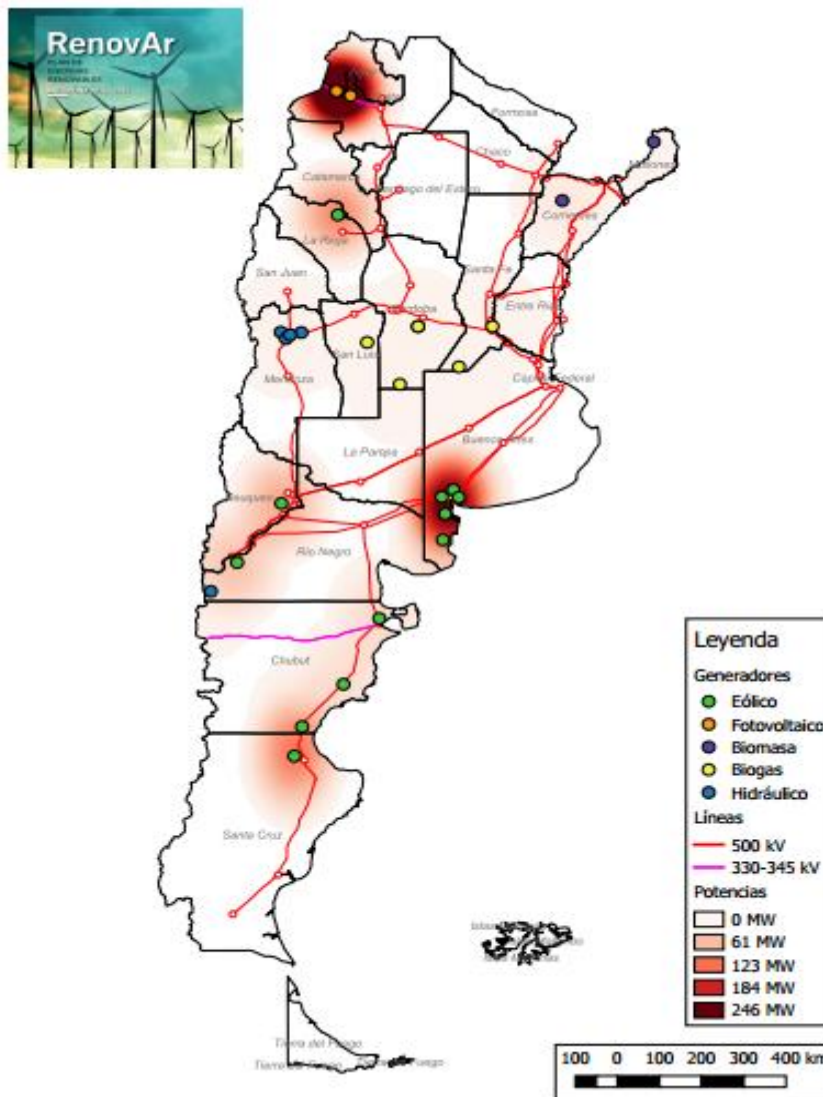
Total de Proyectos Adjudicados: **29**

Tecnología	Proyectos	MW	GWh/año	u\$s/MWh
 <b>Eólica</b>	12	708	3002	59
 <b>Solar</b>	4	400	959	60
 <b>Biogas</b>	6	9	58	154
 <b>Biomasa</b>	2	15	121	110
 <b>PAH</b> (Pequeños Aprovechamientos Hidráulicos)	5	11	65	105
<b>Totales</b>	<b>29</b>	<b>1143</b>	<b>4205</b>	<b>63</b>

3.1% del Consumo Eléctrico Nacional



# RenovAr "ronda 1", adjudicaciones:

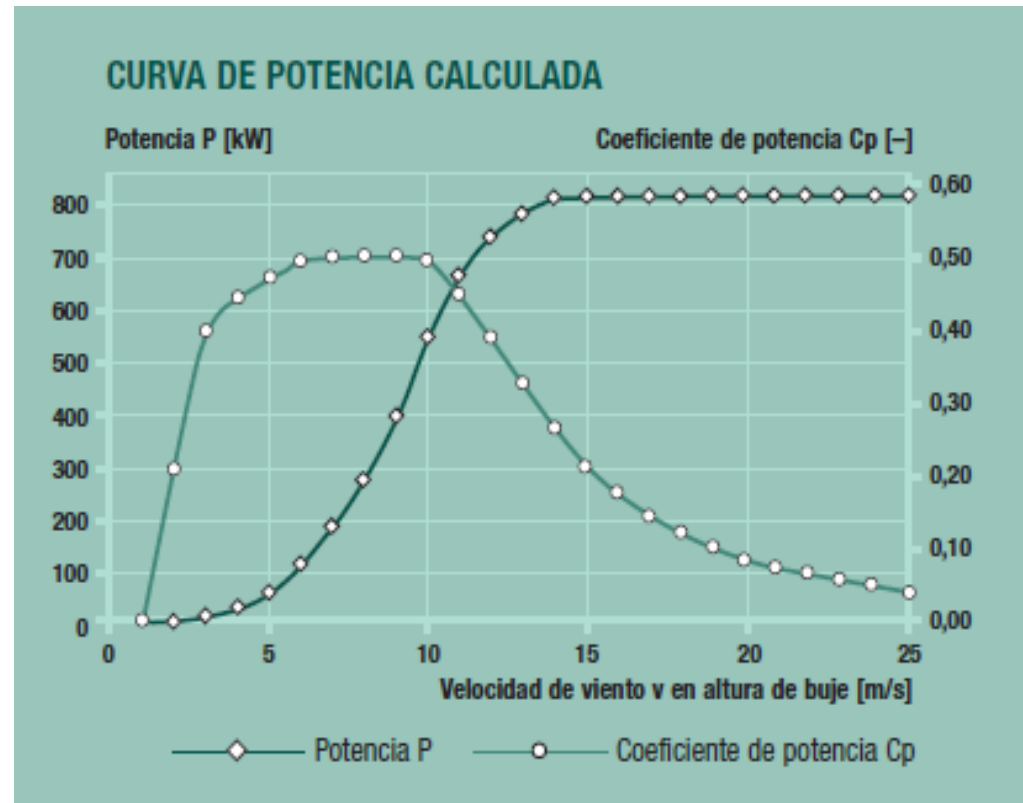




# Clasificación de las Turbinas Eólicas

Según el Control:

1. Control de Velocidad
2. Control de Potencia



# Control de Velocidad

## Velocidad fija Vs. Velocidad Variable

F.S.

No tiene en cuenta Velocidad del Viento  
Velocidad de rotor condicionada por la red, caja de reducción, diseño generador  
Equipado generalmente por generador de Inducción  
Máxima eficiencia a una sola velocidad de viento  
Sistemas simples, robustos, confiables y económicos  
Bajo control de reactivo, y control de calidad de energía

V.S.

Sistemas más complejos  
Conducen a máxima eficiencia aerodinámica  
Mantiene torque bastante cte.  
Permiten tanto GI como GS en diferentes combinaciones con E.P.  
Uso de Convertidores de Potencia para controlar velocidad  
Mayor producción de Energía y calidad

# Control de Potencia

**STALL** {  
Bajo Costo  
Control pasivo simple, con ángulo fijo  
Pérdida de potencia cuando el viento supera una determinada velocidad  
limitada eficiencia a baja velocidad

**PITCH** {  
Mayores Costos  
Control activo de posición de pala  
Buen control de potencia a altas velocidades de viento  
Buen control para arranque y parada de emergencia

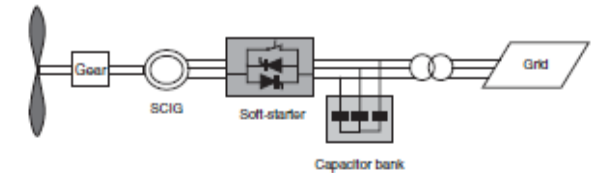
**STALL  
ACTIVO** {  
Pérdidas conducidas por pasos de pala  
A baja velocidad paso optimo como Pitch  
A altas velocidades de viento paso de pala  
Suave limitación de potencia con baja fluctuación

## Mercado Mundial según Tipo W.T.

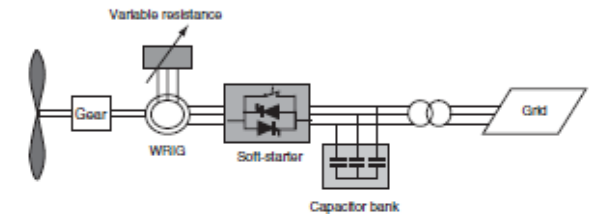
Concept <sup>a</sup>	Share (%)				
	1998	1999	2000	2001	2002
Type A	39.6	40.8	39.0	31.1	27.8
Type B	17.8	17.1	17.2	15.4	5.1
Type C	26.5	28.1	28.2	36.3	46.8
Type D	16.1	14.0	15.6	17.2	20.3
Total installed power <sup>b</sup> (MW)	2349	3788	4381	7058	7248
Percentage share of the world market (supply) <sup>b</sup>	92.4	90.1	94.7	97.6	97.5

<sup>a</sup> For definitions of concept types, see Table 4.1 and Section 4.2.3 in text.  
<sup>b</sup> For the 13 suppliers studied (Vestas, Gamesa, Enercon, NEG Micon, Bonus, Nordex, GE Wind/Enron, Ecotechnia, Suzlon, Dewind, Repower, Mitsubishi and Made).  
*Source:* Internet survey.

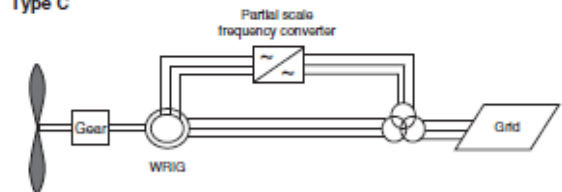
Type A



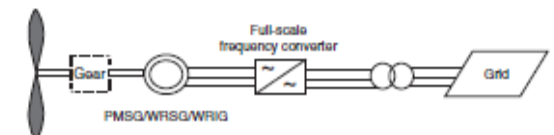
Type B



Type C



Type D



## Condicionantes de la Integración

### El viento:

- Estocástico ( variable en tiempo y espacio ).
- Turbulento , afecta la calidad de energía.
- La proporción de su impacto depende del tipo de tecnología usada.
- Turbinas de Velocidad variable menos afectadas que aquellas muy acopladas a la red.
- Pronóstico, muy importante en el balance energético de largo plazo.
- Estudios de largo plazo (20 años) indican una variación energética no mayor al 10% respecto de la media. Mejor que por ejemplo pronóstico para hidropower.
- Frentes de tormenta condicionan en granjas eólicas distribuidas en un área geográfica reducida importante cantidad de energía a despachar.

## Condiciones de la Integración

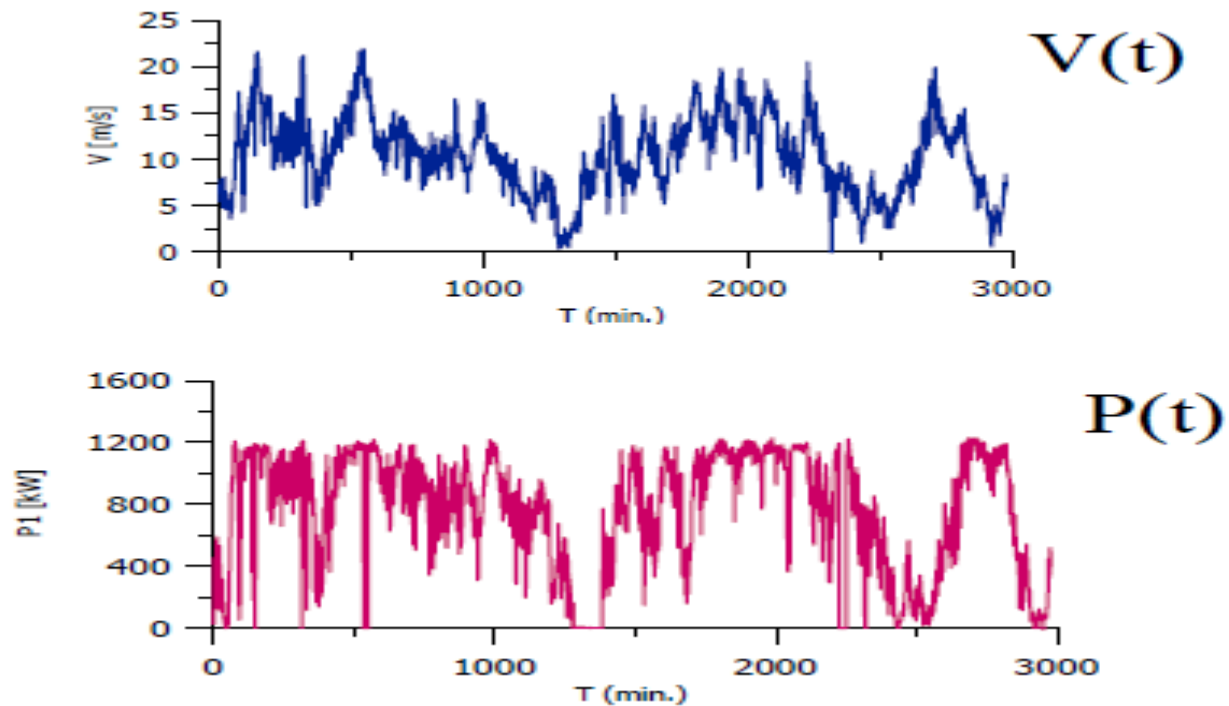
Clases de turbina eólica según IEC-61400-01:

Wind turbine class		I	II	III	S
$V_{ref}$	(m/s)	50	42,5	37,5	Values specified by the designer
A	$I_{ref}$ (-)	0,16			
B	$I_{ref}$ (-)	0,14			
C	$I_{ref}$ (-)	0,12			

$$V_{ave} = 0,2 V_{ref}$$

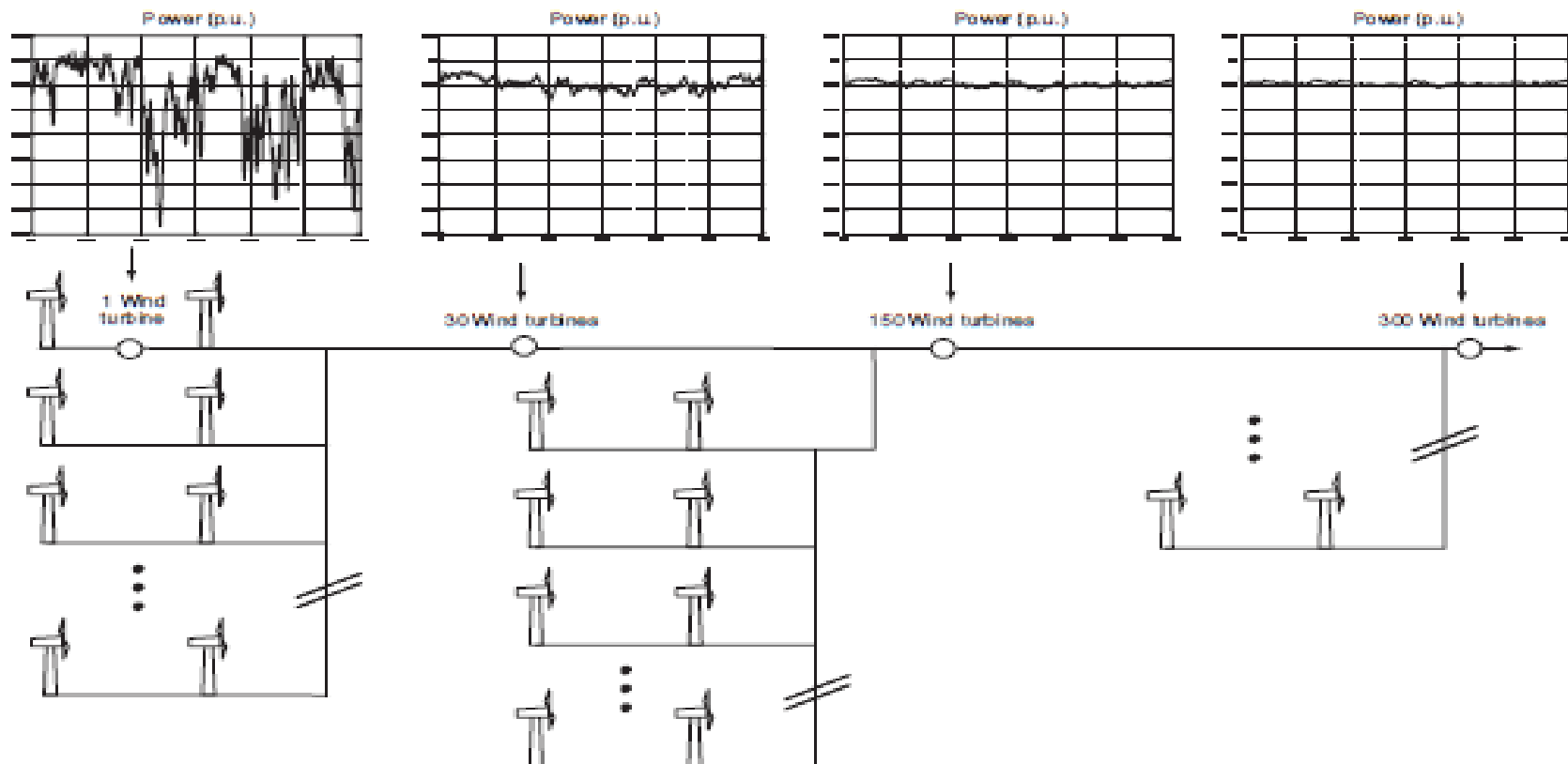
## Condiciones de la Integración

Potencia eléctrica generada por una turbina:





## Condicionantes de la Integración



Fuente: Dr. Pedro Rosas . Simulación dinámica de la influencia de la distribución geográfica y agregado de producción eólica en el sistema de energía.





## Condiciones de la Integración

### Garantía de potencia o garantía de energía???

#### Centrales Convencionales:

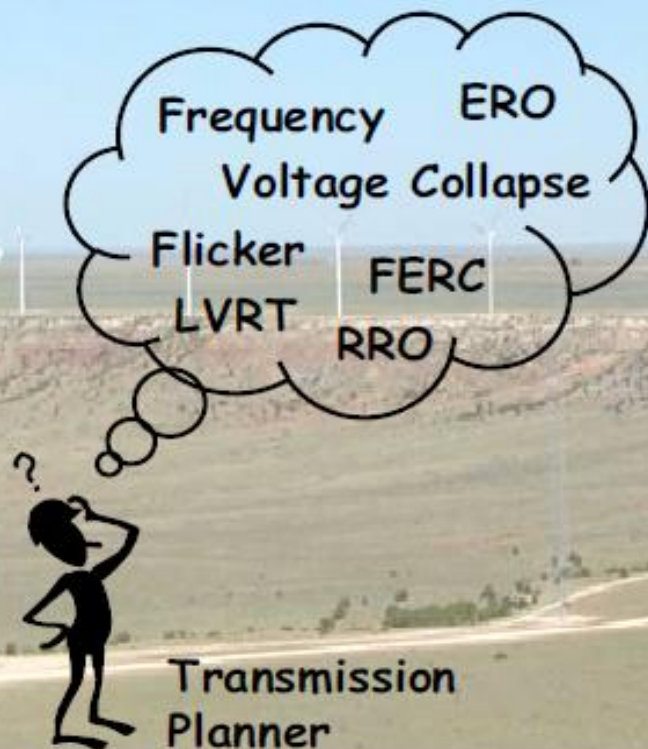
Las Centrales convencionales son retribuidas según el servicio que prestan al sistema electro productor

- Capacidad y garantía de entrega de energía
- Capacidad de entrega de potencia (condicionada por su tecnología y tiempo de respuesta a lo solicitado por el operador del sistema)

# Large-Scale Wind Power Plants

Nice! But do they play nice with the Grid?

We can't assume... We plan!



Everybody Else

## Requerimiento de calidad de energía

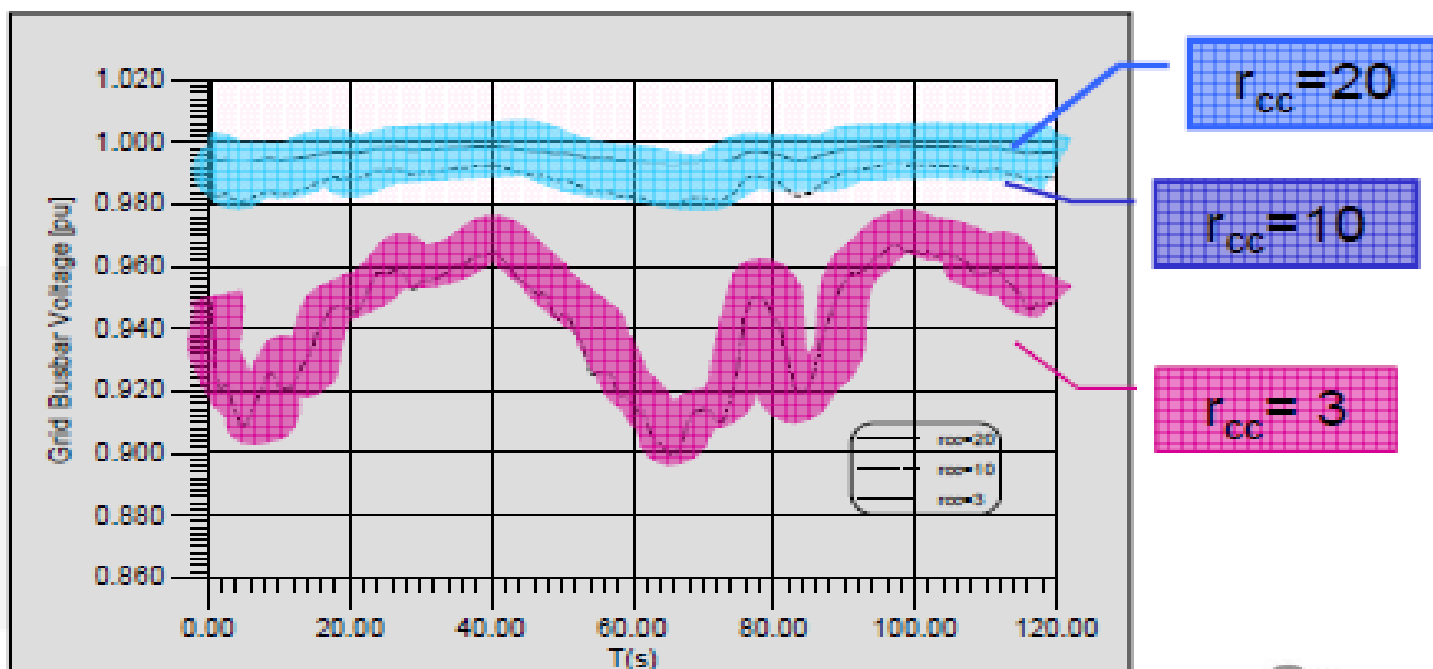
**IEC-61400-21 (focalizada en la calidad de la energía eólica, perfil de tensión)**

- Evaluación según su amplitud y forma**
  - **Amplitud de tensión en régimen permanente**
  - **Emisión de Flicker**
  - **Contenido Armónico**



## Requerimiento de calidad de energía

### Relación de Corto Circuito Rcc:



# Sistemas Híbridos

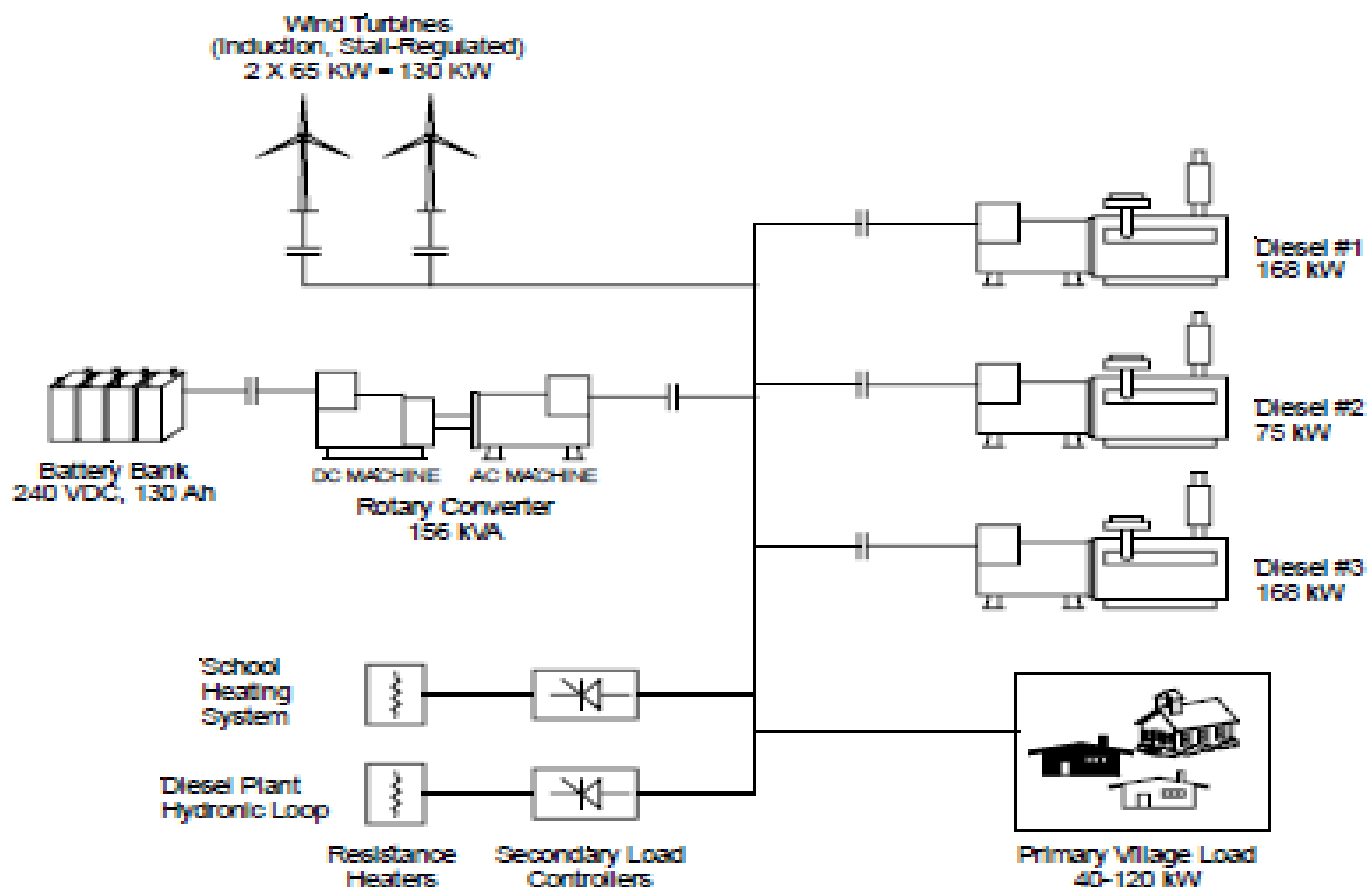
## Híbrido Power System

**Sistema de generación de electricidad autónomo que combina generación convencional con renovable**



## Sistemas Híbridos

### Ejemplo de sistema





**Muchas gracias por su atención**