

**Valoración económica de las externalidades producidas por la generación de energía eléctrica: Los daños a la salud humana. El caso de Candiota (Brasil)**

**Jornada:**

**«VALORANDO ECONÓMICAMENTE LA RSC»**

*Cátedra Telefónica □ UNED de Responsabilidad Corporativa y Sostenibilidad*

*Jueves, 02 de Junio de 2011*

**Carlos Almiro de Magalhães Melo**

Investigador - Cátedra de RSC, Universidad de Alcalá

[calmiro@csruah.es](mailto:calmiro@csruah.es)

Director de Tesis:

**Dr. D. Diego Azqueta Oyarzun**

Catedrático de Teoría Económica

Universidad de Alcalá

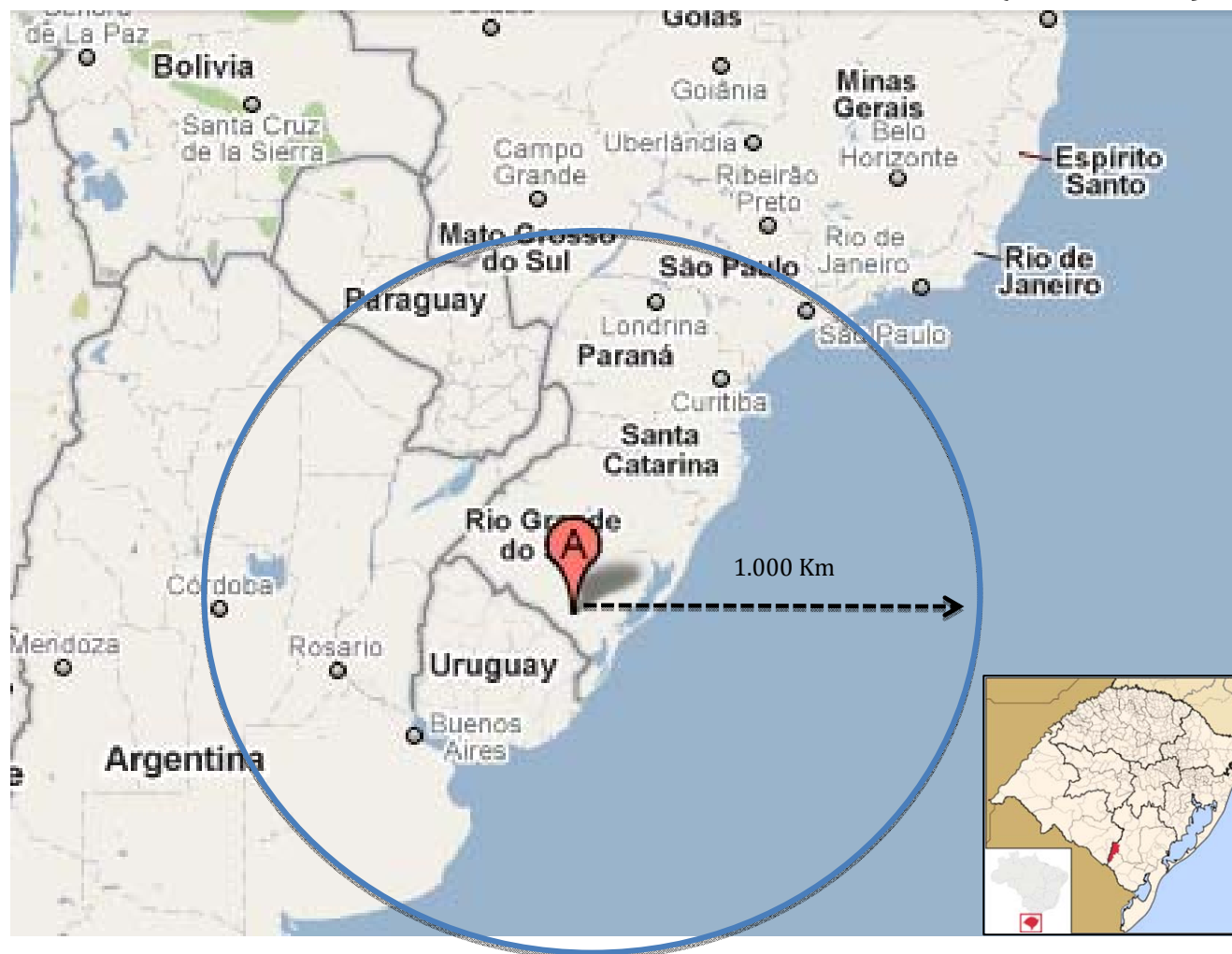
## 1. Introducción

### 1.1. Panorama energético de Brasil:

- 83% : Hidroelectricidad  
24%: Termoelectricidad
- Elevado potencial hidráulico: Solo aprovecha un 37% para fines energéticos.
- Gran parte de este potencial se encuentra en cuencas con ecosistemas muy sensibles (cuenca del amazonas y “sub-cuencas”)
- En la última década, hubo un gran despliegue de la Termoelectricidad: De los 445 autorizados por la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL), 169 (13.744 MW – 68%) son termoeléctricas.

## 2. El caso de estudio

### *Central Termoeléctrica: «Presidente Médice»» (Candiota)*



## 2. El caso de estudio

### 2.1 Características:

- ❑ Impacto: Área con un radio de 1.000 Km (Brasil, Uruguay, Argentina y Paraguay)
- ❑ Localizada en el estado de “Rio Grande do Sul”;
- ❑ Región con el yacimiento de Carbón más grande de Brasil - “Grande Candiota”: Cubre un área de 2.500 km<sup>2</sup> y produce el alrededor de 100.000 t de carbón por mes.
- ❑ Potencia actual de 446 MW: Entrada en operación de una nueva «Fase C» 350 MW (prevista para 2011)
- ❑ Carbón utilizado con bajo “grade”: Dificulta el transporte, impactos a la salud y MA;
- ❑ Altos niveles anuales de concentración a escala local (radio de 5 km).  
*«A 50 km de distancia, se pueden observar concentraciones significativas, principalmente aquellas relacionadas con contaminantes secundarios»*

## 2. El caso de estudio

### 2.2 Impactos socioeconómicos

- ❑ Las actividades vinculadas al carbón representan un gran aporte económico para la región;
- ❑ Aproximadamente un 54% de los residentes tienen puestos de trabajo directamente vinculados con la industria del carbón;
- ❑ No obstante, un 34% de la población no ve la contaminación como algo incómodo y sitúan el mantenimiento de los puestos de trabajo por encima de las cuestiones de salud;

*“Ha sido posible detectar a lo largo de las entrevistas que la mayoría de la comunidad percibe las actividades de minería, la central y las cementeras como una garantía de puestos de trabajo y seguridad de sueldos. De esta manera cualquier incomodidad generados por esas actividades no son considerados debido a un bien mayor: el trabajo” (Fritz, et al 2003).*

- ❑ ¿Cómo mitigar los impactos sin mermar las fuentes de ingreso producidas por la actividad? La valoración económica de las externalidades...

### 3. Metodología del estudio (inputs)

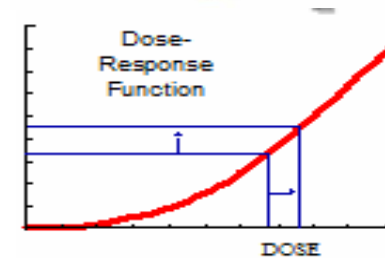
**Central**  
(Localización y tecnología empleada)  
**Emisiones**  
Ej. Kg/año



**Modelos de Dispersión atmosférica**  
**Datos meteorológicos**  
**Distribución de la población**



**Funciones Dosis Respuesta**  
(o Concentración-respuesta)



**Valoración Monetaria**  
(ej. Coste por caso de Asma)



### 3. Metodología del estudio (inputs)

#### 3.1 Características de la fuente emisora

Parameter	Value
Source Coordinates	Latitude: -31.0 degrees (S) Longitude: 53.0 degrees (E)
Location	Rural site
Stack height	150 m
Stack diameter	2 m
Exhaust flow temperature	420 K
Exhaust flow speed	20 m/s

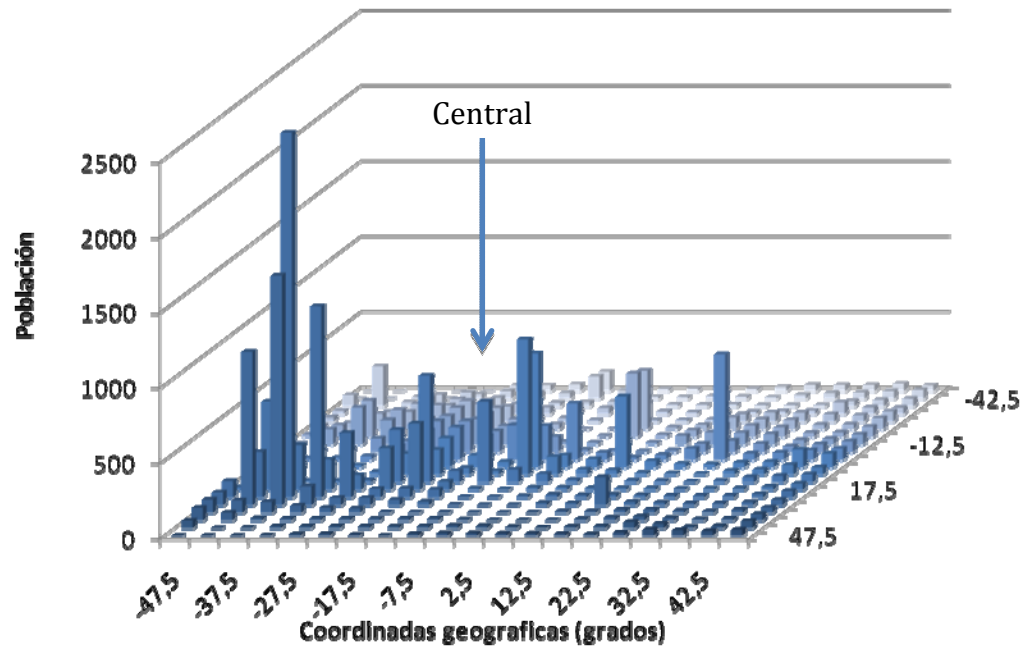
#### *Inventario de contaminantes*

Pollutant	Emissions t/yr
PM10	5.226
SO2	27.654
NO3	3.058
Total	35.937

### 3. Metodología del estudio (inputs)

#### 3.2 Distribución de la población local

**Distribución Población Local - Candiota  
(25 km<sup>2</sup>)**

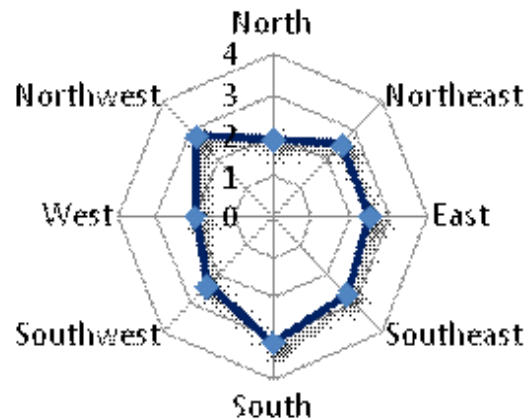




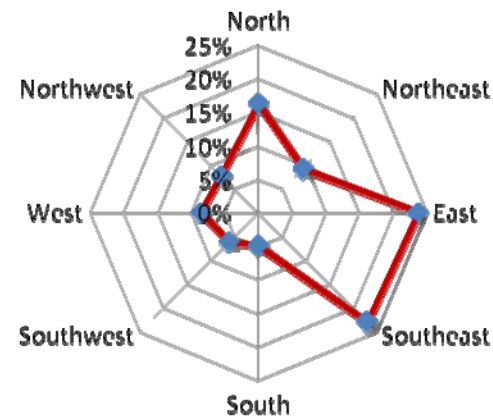
### 3. Metodología del estudio (inputs)

#### 3.3 Aspectos meteorológicos

Distribución Velocidad del viento  
(m/s)  
0° = N



Frecuencia Dirección del viento \* - %  
0° = N



Pasquill atmospheric stability classes \*\*

Parameter	Candiota (1980)
Ambient Temperature	19,5 °C
Mean wind speed (anemometer height = 40 m)	2,4 m/s
Stability Class (Pasquill A)	2%
Stability Class (Pasquill B)	8%
Stability Class (Pasquill C)	9%
Stability Class (Pasquill D)	46%
Stability Class (Pasquill E)	6%
Stability Class (Pasquill F)	29%
Mean mixing layer height	602 m

\*\* Dirección del viento: «Es la dirección desde la cuál sopla el viento, puede ser expresada en grados a partir del norte geográfico». (Fuente: Diccionario de Meteorología [www.tutiempo.net](http://www.tutiempo.net) (Consulta realizada en 31 de Mayo de 2011 a las 12:42h)

\*\* Pasquill Classes: A -> Más inestable / F -> más estable

### 3. Metodología del estudio (inputs)

#### 3.4 Funciones Dosis Respuesta

##### ERFs and unit costs for PM coarse

	ERF
<i>CHRONIC BRONCHITIS</i>	1,52E-05
INFANT MORTALITY	2,792E-07
<i>RESPIRATORY HOSPITAL ADMISSIONS</i>	9,61E-06
<i>CARDIAC HOSPITAL ADMISSIONS</i>	4,33E-06
<i>LOWER RESPIRATORY SYMPTOM DAYS - ADULTS</i>	2,94E-02
<i>BRONCHODILATOR USAGE - ADULTS</i>	3,10E-03
<i>LOWER RESPIRATORY SYMPTOM DAYS - CHILDREN</i>	3,24E-02
<i>BRONCHODILATOR USAGE - CHILDREN</i>	6,35E-04


##### ERFs and unit costs for PM fine (PM<sub>2.5</sub>)

	ERF
<i>CHRONIC MORTALITY</i>	3,37E-04
<i>INFANT MORTALITY</i>	2,79E-07
<i>CHRONIC BRONCHITIS</i>	1,52E-05
<i>WORK DAYS LOST</i>	1,49E-02
<i>minor RESTRICTED ACTIVITY DAYS</i>	3,57E-02
<i>net RESTRICTED ACTIVITY DAYS</i>	1,43E-02
<i>RESPIRATORY HOSPITAL ADMISSIONS</i>	9,61E-06
<i>CARDIAC HOSPITAL ADMISSIONS</i>	4,33E-06
<i>LOWER RESPIRATORY SYMPTOM DAYS - ADULTS</i>	2,94E-02
<i>BRONCHODILATOR USAGE - ADULTS</i>	3,10E-03
<i>LOWER RESPIRATORY SYMPTOM DAYS - CHILDREN</i>	3,24E-02
<i>BRONCHODILATOR USAGE - CHILDREN</i>	6,35E-04

### 3. Metodología del estudio (inputs)

#### 3.5 Valoración Monetaria

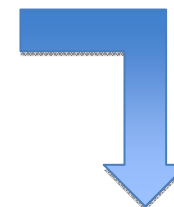
Unit cost [\$/cases]		
	Adj factor	Pop (millions)
Brazil	0,48	71,5
Argentina	0,64	25,1
Paraguay	0,21	5,9
Uruguay	0,63	3,3
ALL	0,51	105,8

$$Uy_{Brazil} = Uy_{Europe} \times \left( \frac{PPP\ GNP_{Brazil}}{PPP\ GNP_{UE-15}} \right)^{\gamma}$$


## 4.Resultados

### 4.1 Daños causados a la salud: Valoración económica (1/3)

Contaminante	Coste (\$ / Kg)
PM <sub>2.5</sub>	1,20
PM <sub>co</sub>	0,08
PM <sub>10</sub>	0,97
SO <sub>2</sub>	1,20
NO <sub>3</sub>	0,92



Pollutant	Fine	Coarse	\$/Kg	Emissions t/yr	\$/yr
<b>PM<sub>10</sub></b>	80%	20%	0,97	5.226	5.090.654,39
<b>SO<sub>2</sub></b>	100%	0	1,20	27.654	33.106.931,64
<b>NO<sub>3</sub></b>	75%	25%	0,92	3.058	2.808.194,02
<i>Total</i>				35.937	<b>41.005.780,05</b>

## 4.Resultados

### 4.1 Daños causados a la salud: Valoración económica (2/3)

Coste por Kg - PMco	ERF Slope	Uv	% Total	\$/kgPM <sub>co</sub>
<i>CHRONIC BRONCHITIS</i>	1,52E-05	101.306	48,6%	0,04
INFANT MORTALITY	2,792E-07	1.519.597	13,4%	0,01
<i>RESPIRATORY HOSPITAL ADMISSIONS</i>	9,61E-06	1.013	0,3%	0,00
<i>CARDIAC HOSPITAL ADMISSIONS</i>	4,33E-06	1.013	0,1%	0,00
<i>LOWER RESPIRATORY SYMPTOM DAYS - ADULTS</i>	2,94E-02	19	17,9%	0,01
<i>BRONCHODILATOR USAGE - ADULTS</i>	3,10E-03	0,5	0,0%	0,00
<i>LOWER RESPIRATORY SYMPTOM DAYS - CHILDREN</i>	3,24E-02	19	19,6%	0,02
<i>BRONCHODILATOR USAGE - CHILDREN</i>	6,35E-04	0,5	0,01%	0,00
				<b>0,08</b>

## 4.Resultados

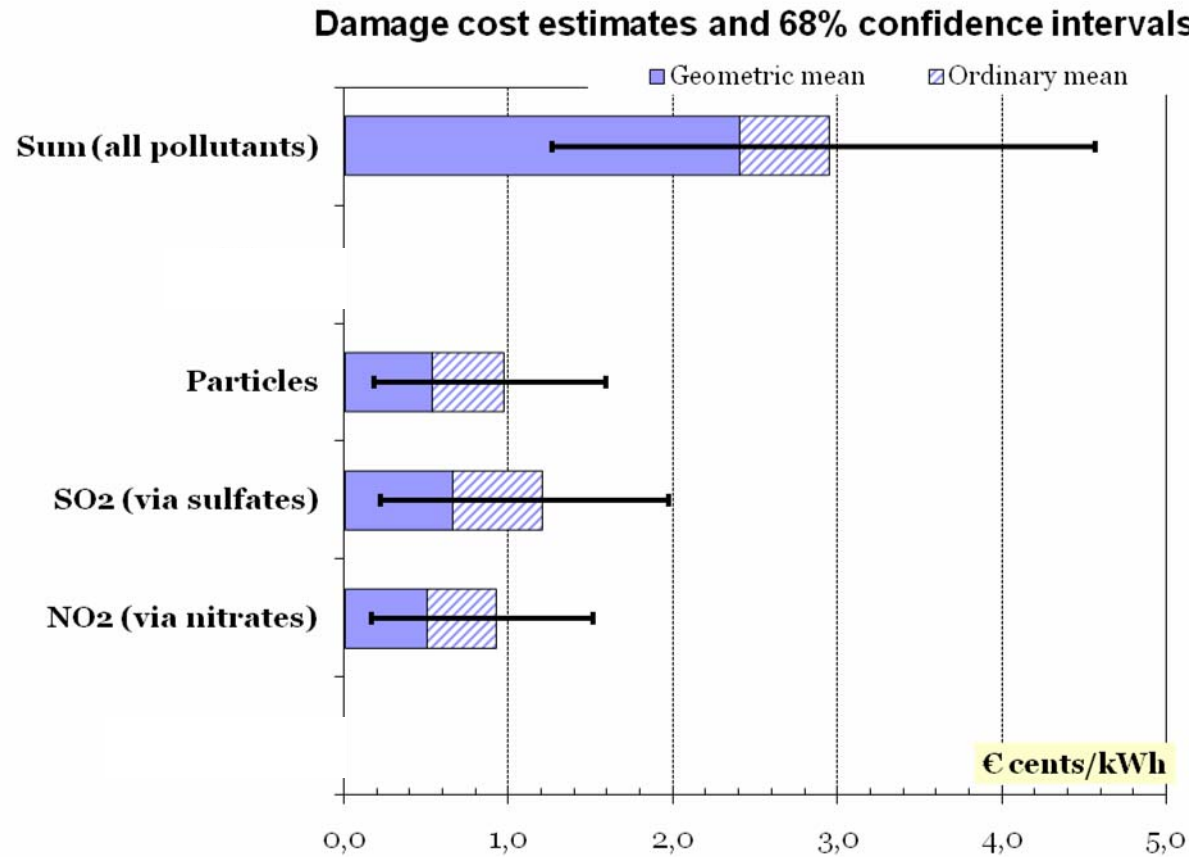
### 4.1 Daños causados a la salud: Valoración económica (3/3)

#### Coste por Kg - PM<sub>2,5</sub>

	ERF	Uv	% Total	\$/kgPM <sub>2,5</sub>
<i>CHRONIC MORTALITY</i>	3,37E-04	20.261	49,3%	0,59
<i>INFANT MORTALITY</i>	2,79E-07	1.519.597	3,1%	0,04
<i>CHRONIC BRONCHITIS</i>	1,52E-05	101.306	11,1%	0,13
<i>WORK DAYS LOST</i>	1,49E-02	149	16,1%	0,19
<i>minor RESTRICTED ACTIVITY DAYS</i>	3,57E-02	19	5,0%	0,06
<i>net RESTRICTED ACTIVITY DAYS</i>	1,43E-02	66	6,8%	0,08
<i>RESPIRATORY HOSPITAL ADMISSIONS</i>	9,61E-06	1.013	0,1%	0,00
<i>CARDIAC HOSPITAL ADMISSIONS</i>	4,33E-06	1.013	0,03%	0,00
<i>LOWER RESPIRATORY SYMPTOM DAYS - ADULTS</i>	2,94E-02	19	4,1%	0,05
<i>BRONCHODILATOR USAGE - ADULTS</i>	3,10E-03	0,5	0,01%	0,00
<i>LOWER RESPIRATORY SYMPTOM DAYS - CHILDREN</i>	3,24E-02	19	4,5%	0,05
<i>BRONCHODILATOR USAGE - CHILDREN</i>	6,35E-04	0,5	0,002%	0,00
				<b>1,20</b>

## 4.Resultados

### 4.2 Análisis de incertidumbre



## 4.Resultados

### 4.3 Análisis de las alternativas aplicables al problema de la contaminación en Candiota (1/3)

- Posibles vías para mitigar el impacto a la salud sin mermar la actividad económica de la región;
- Uso de CCT – aplicar FBC en la central (actualmente funciona con carbón pulverizado)
- Escenario conservador : Reducción de las emisiones
  - 80% PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub>
  - 60% NO<sub>x</sub>
- Coste externo pasaría a: **US\$ 8,8 millones** frente a **US\$ 41 millones** actualmente.
- Cambio tecnológico: Coste de la inversión US\$ 64 millones= US\$ 5,1 millones** (anualizado, *vida útil 20 años + Tasa descuento un 5%*);



## 4.Resultados

### 4.3 Análisis de las alternativas aplicables al problema de la contaminación en Candiota (2/3)

❑ Conversión: «Repowering a Gas Natural»

❑ Coste externo pasaría a: **US\$ 690.670** frente a **US\$ 41 millones** actualmente.

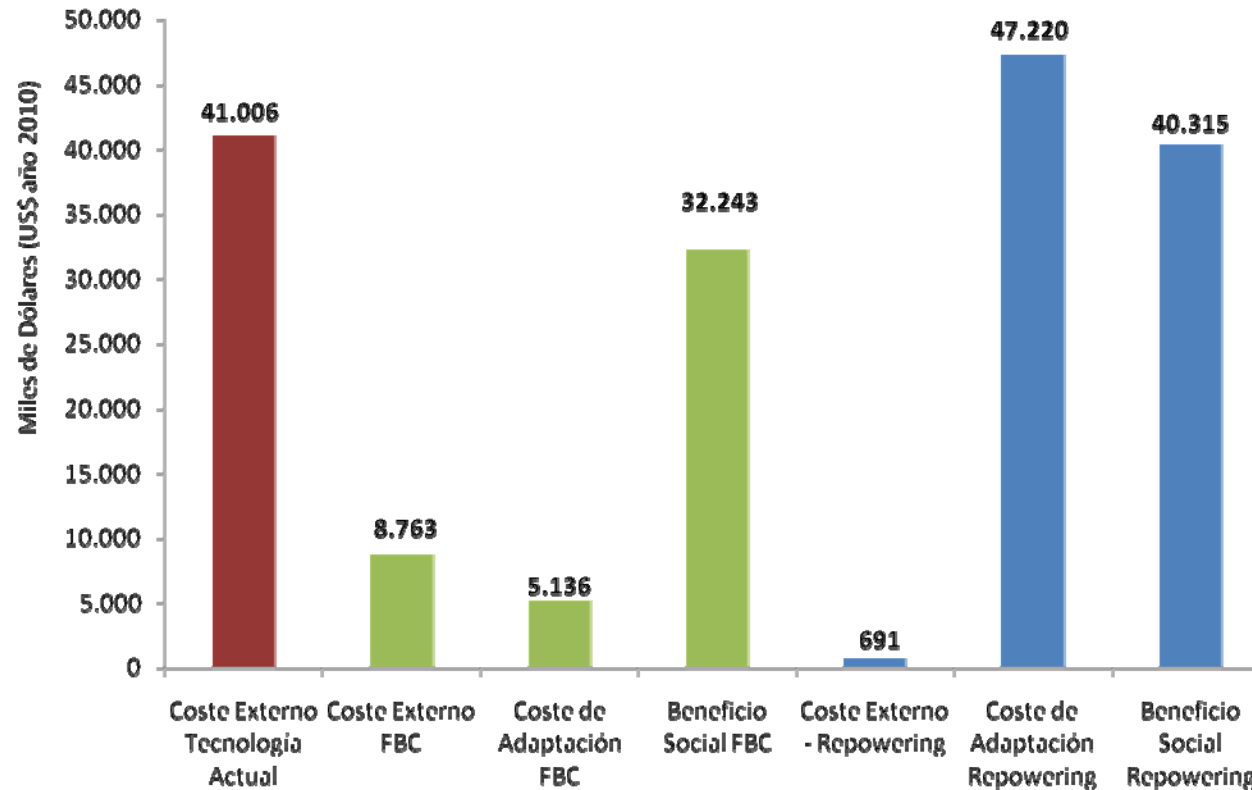
❑ **Cambio tecnológico: Coste de la inversión US\$ 334,5 millones (Repowering) + US\$ 254 millones (Gasoducto)= US\$ 26,8 millones + US\$ 20,4 = 47,2 millones (anualizado, vida útil 20 años + Tasa descuento 5%);**

Coste externo resultante - Cambio Tecnología - Repowering GN				
Pollutant	Emission rate (kg/MWh)	Emissions t/yr	\$/Kg	\$/yr
PM <sub>10</sub>	0,0	0,0		
SO <sub>2</sub>	0,05	45,0	1,20	53.897
NO <sub>3</sub>	0,77	693,3	0,92	636.772
<i>Total</i>				690.670

## 4.Resultados

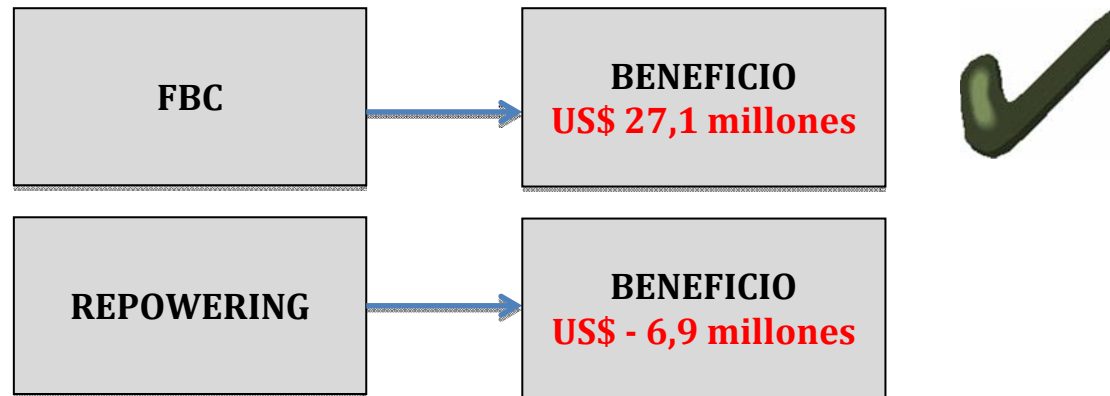
### 4.3 Análisis de las alternativas aplicables al problema de la contaminación en Candiota (3/3)

Comparativa Costes Externos «vs» Inversión necesaria para mitigar los daños a la salud humana



## 5. Conclusiones

- ❑ El eventual cambio tecnológico (FBC) sería más «*coste eficiente*» bajo el punto de vista social



- ❑ El cambio tecnológico a FBC podría ser más viable dado el coste asociado, facilidad y beneficio que supone, sin mermar la actividad económica de la zona;
- ❑ Necesidad de incorporar distintas variables estratégicas (externalidades sociales y ambientales) en la planificación energética de AL;

# ¡Muchas Gracias!

[calmiro@csruah.es](mailto:calmiro@csruah.es)

**Carlos Almiro de Magalhães Melo**  
Cátedra de Responsabilidad Social Corporativa – Universidad de Alcalá