

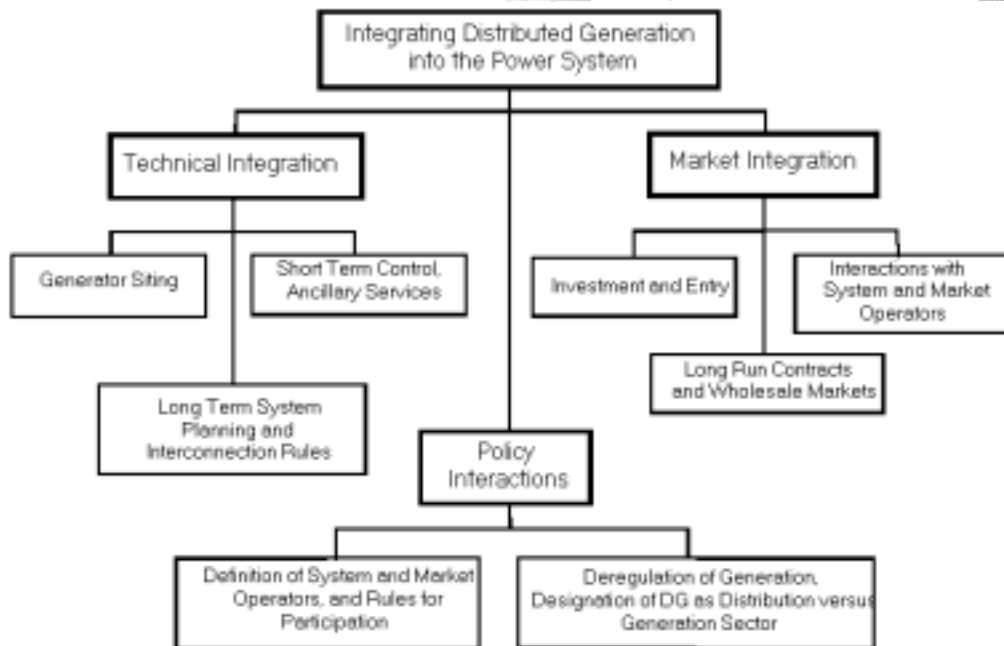
Integración de las nuevas tecnologías en el sistema energético

ESD.126

Resumen - Estudio para tesis del MIT

- § Planificación del sistema a largo plazo
 - o Integración de tecnologías no renovables y no despachables en la red de energía de Nueva Inglaterra
- § Operación de un servicio público distribuido
 - o Operaciones en sistemas a corto plazo con generadores a pequeña escala

Integración de la generación distribuida (DG)



Temas para el debate: resumen

- § Integración a largo plazo - Horizonte de planificación
 - § Terminología
 - § Evaluación de impactos de las tecnologías de energías renovables (RET)
- § Operaciones en sistemas a corto plazo
 - § Estabilidad del sistema
- § Cuestiones sobre política normativa

Integración a largo plazo: Evaluación de impactos de las RET

§ Características tecnológicas

- o Curva estadística de carga neta
- o Captura de energía - total GW/hora generados
- o Crédito de capacidad - la aportación de las RET hace innecesaria la capacidad adicional
- o Coeficiente de capacidad- capacidad disponible equivalente
- o Coste de la electricidad

5

Evaluación de impactos de las RET

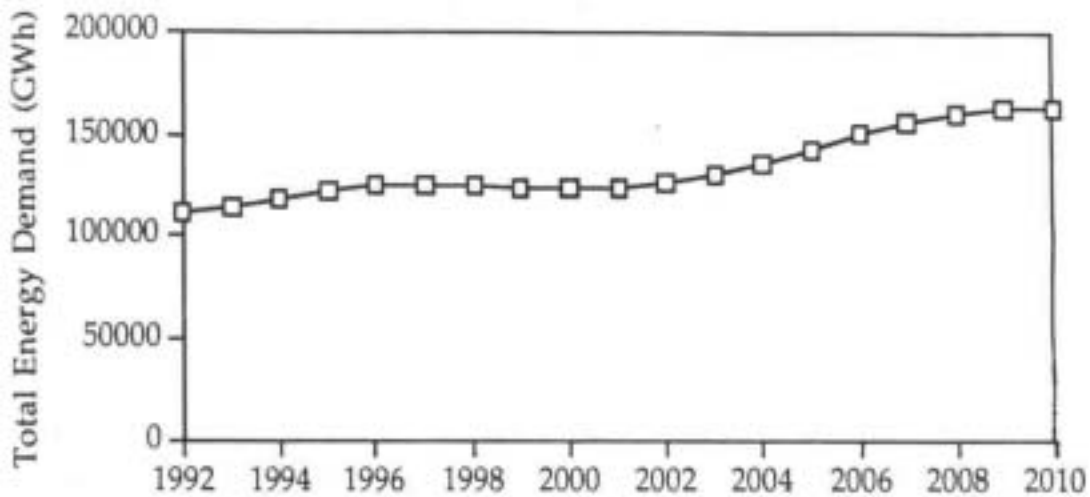
Parámetros de integración en el sistema

- o Curva estadística de carga neta
- o Sustitución de capacidad
- o Reducción de las emisiones
- o Reducción del uso de combustibles fósiles
- o Coste de la electricidad

6

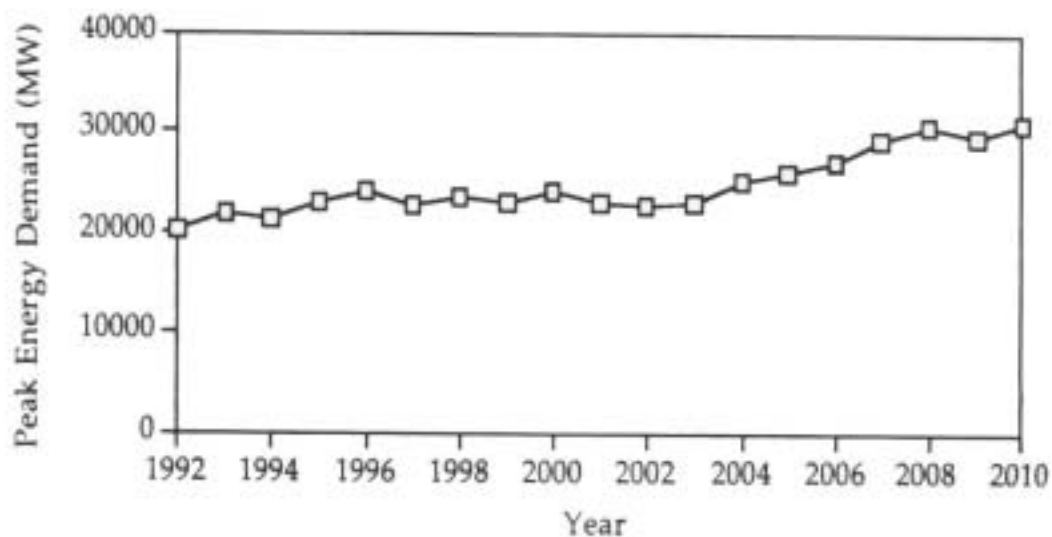
El sistema:

Demanda eléctrica en Nueva Inglaterra



7

Demanda máxima en Nueva Inglaterra



8

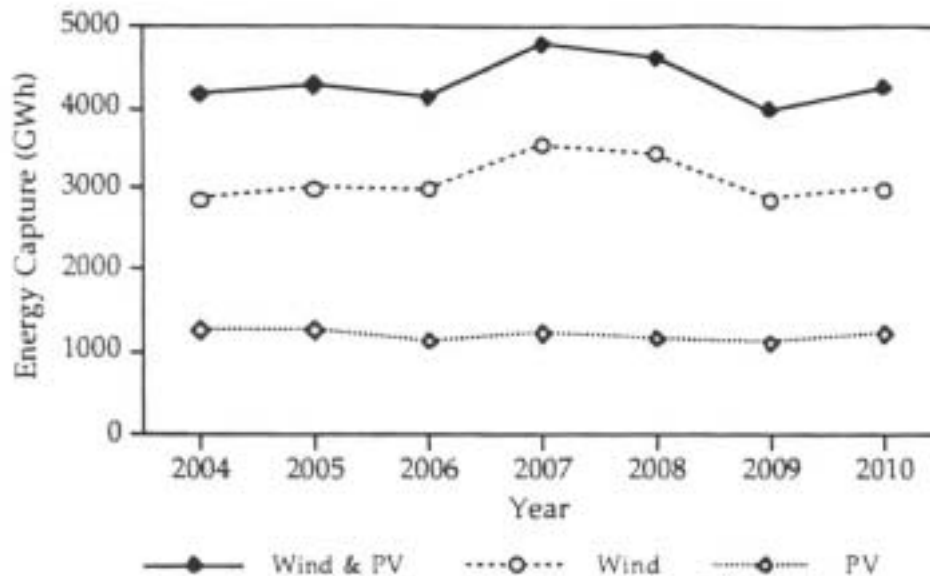
Análisis: resumen general

- š Modelo de recursos eólicos en Maine y Massachusetts
- š Modelo de recursos solares en Massachusetts
- š Modelo de aportación de los sistemas eólicos y fotovoltaicos a la red de Nueva Inglaterra
 - o 1500 MW (recursos fotovoltaicos)
 - o 1500 MW (recursos eólicos)

9

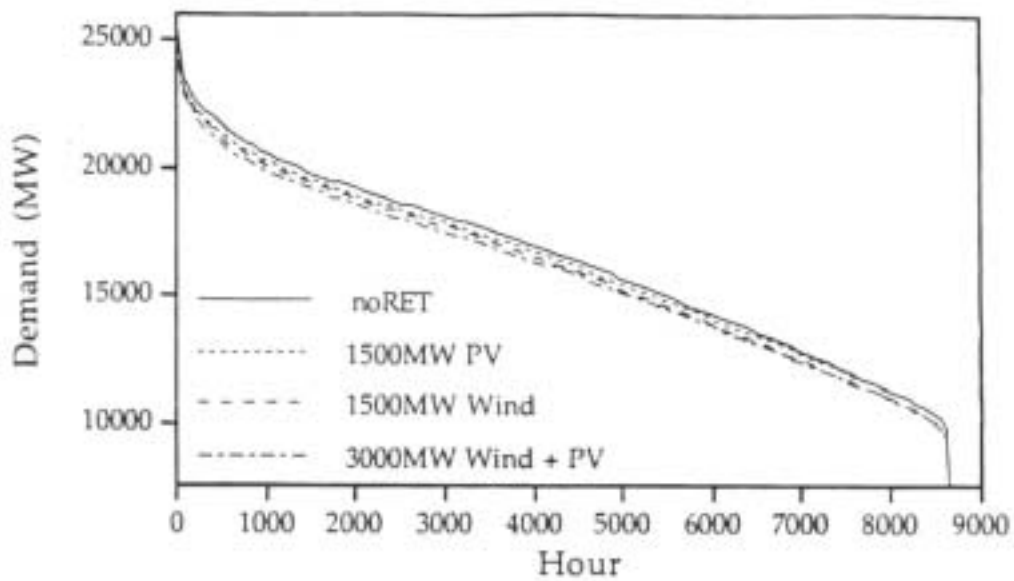
Captura de energía

Total de energía (GW/h) generada mediante recursos tecnológicos



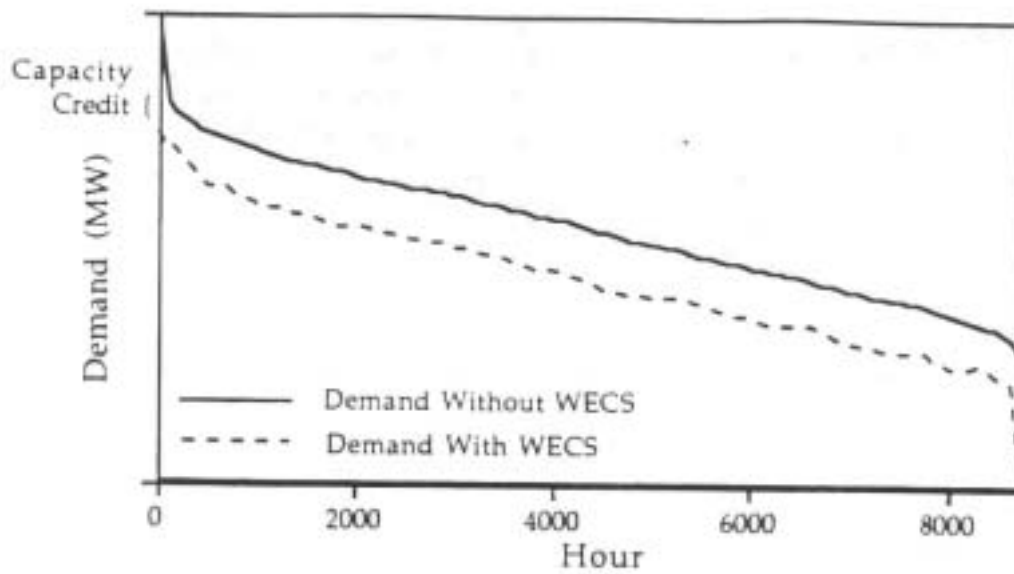
10

Curva estadística de carga neta



11

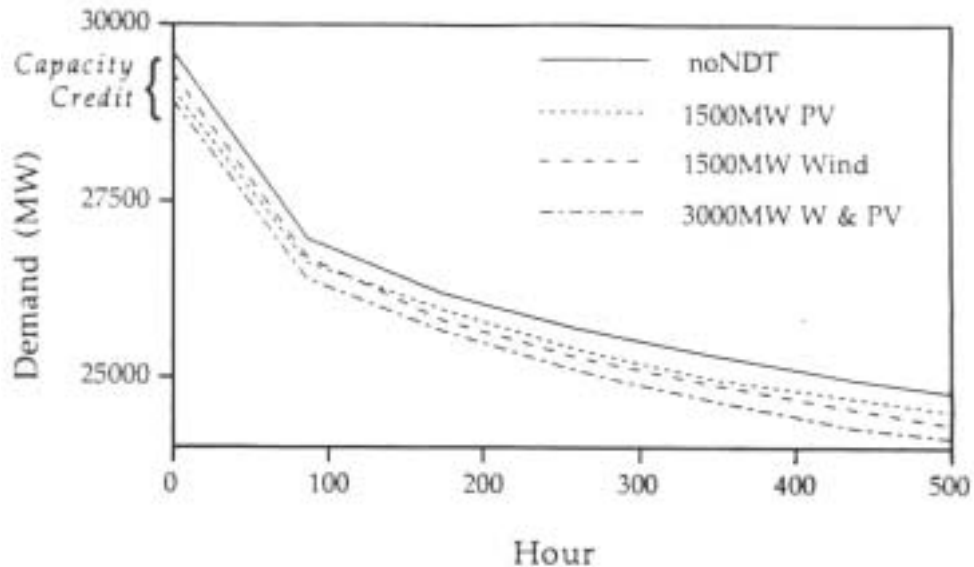
Curva estadística de carga neta



12

Crédito de capacidad (*capacity credit*)

La capacidad adicional resulta innecesaria



13

Coeficiente de capacidad

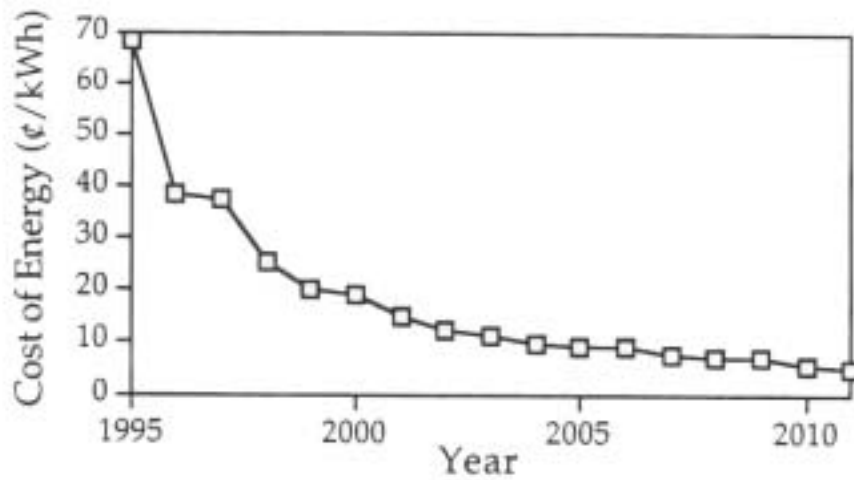
- Capacidad disponible equivalente
- Valor previsto de la producción en el momento de máxima demanda del sistema

Technology	RET Installed Capacity	RET Capacity Factor	% of Total 2011 Capacity	
			RET Installed Capacity	Equivalent RET Capacity *
Wind Power	1500 MWp	25%	5%	1.2%
Photovoltaics	1500 MWp	10%	5%	0.5%

* For example, 5% * 25% = 1.2%. Or, for wind power, 25% of 1500 MW is 375 MW, and 375 MW is 1.2% of total system capacity in 2011.

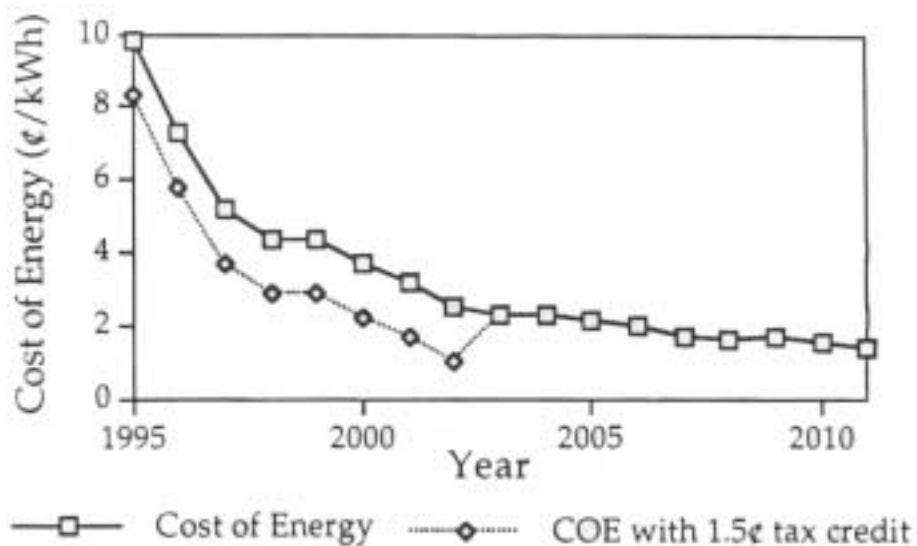
14

Coste de electricidad por generación solar



15

Coste de electricidad por generación eólica



16

Evaluación de impactos en el sistema

Análisis de relación multiatributivo basado en escenarios

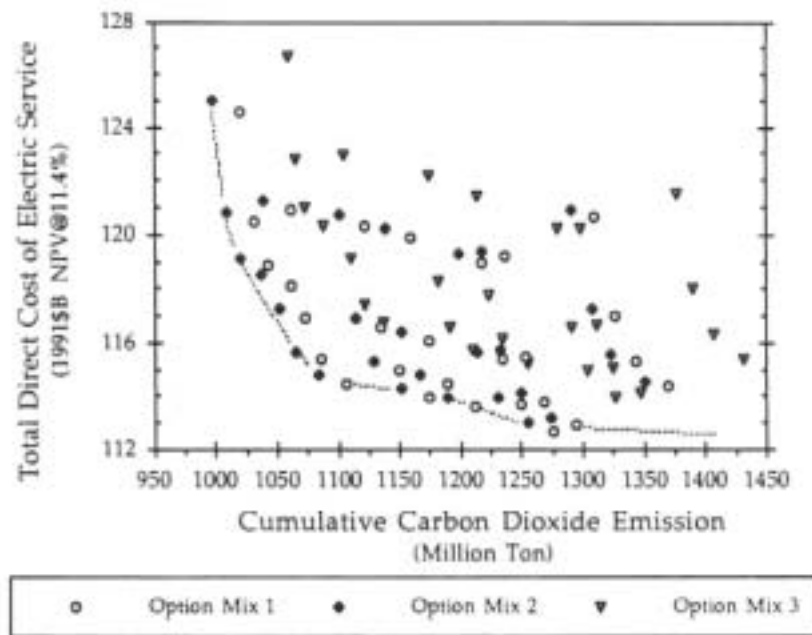
17

Posibles escenarios

<i>Supply-Side Technology Mixes</i> <ul style="list-style-type: none">• Gas/Oil• Gas/Oil and Wind• Gas/Oil and PV• Gas/Oil, Wind & PV	<i>Treatment of Existing Plant</i> <ul style="list-style-type: none">• Life Extention• 20 % Repowering• Phase I NO_x Controls• Phase II NO_x Reductions
<i>Demand Side Management</i> <ul style="list-style-type: none">• 1992 Reference Level• Double Conservation Programs• Triple Commercial and Industrial Conservation Programs	<i>Fuel Cost Uncertainties</i> <ul style="list-style-type: none">• Base/Stable Fuel Costs• Natural Gas Constraint

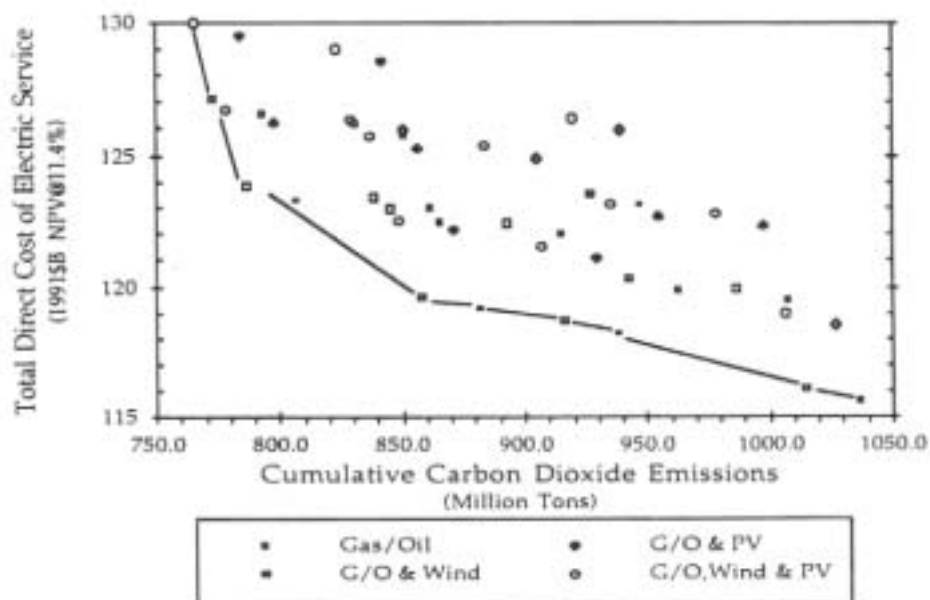
18

Curva de relación de opción múltiple (Incremento de carga media)



19

Curva de relación entre emisiones



20

Evaluación de impactos de las RET

Parámetros de integración en el sistema

- o Reducción de las emisiones
- o Sustitución de capacidad
 - A qué tipo de capacidad sustituyen las RET (teniendo en cuenta tanto las necesidades de operación a corto plazo como las de construcción a largo): alta, intermedia o básica
 - Uso de la curva estadística de carga neta
- o Reducción del uso de combustibles fósiles
- o Coste de la electricidad

21

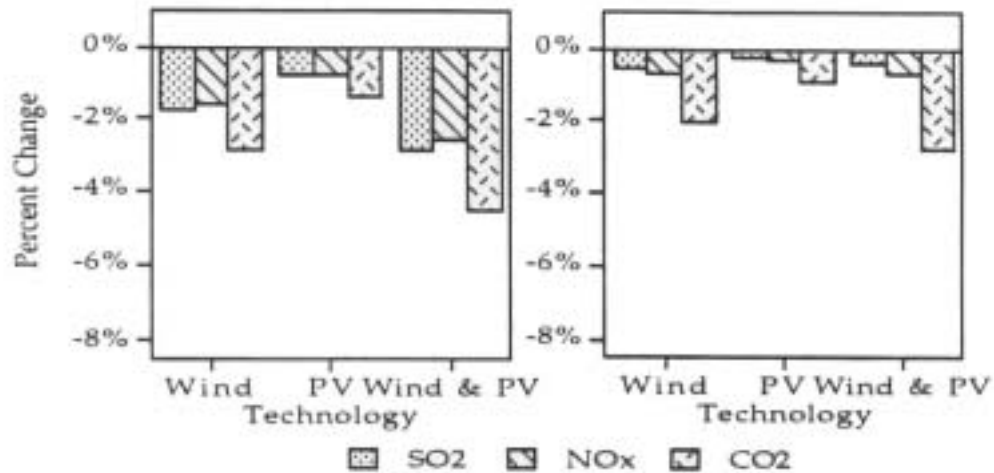
Reducción de las emisiones

- š Las ventajas que se atribuyen a las RET desde el punto de vista de la reducción de emisiones disminuyen a medida que el sistema evoluciona hacia una red global más limpia y moderna
- š La reducción de emisiones se debe tanto a la gestión/el mantenimiento de la demanda como a las nuevas alternativas de suministro

22

Reducción de emisiones: base DSM

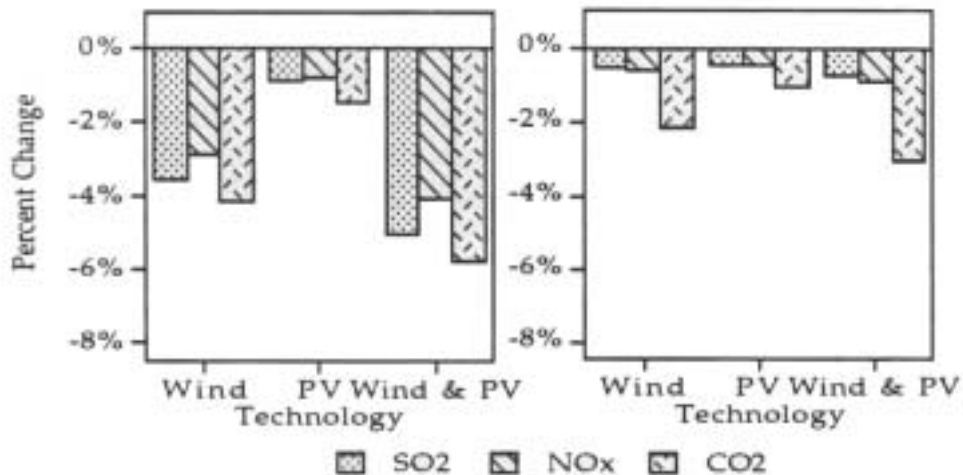
Comparación de impactos: años 2007 y 2011



23

Reducción de emisiones: conservación doble

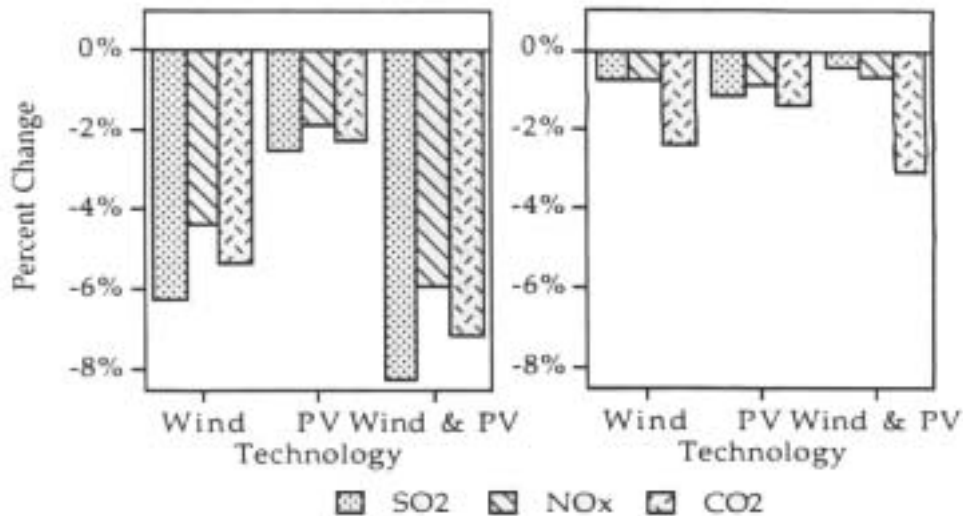
Comparación de impactos: años 2007 y 2011



24

Reducción de emisiones: conservación triple

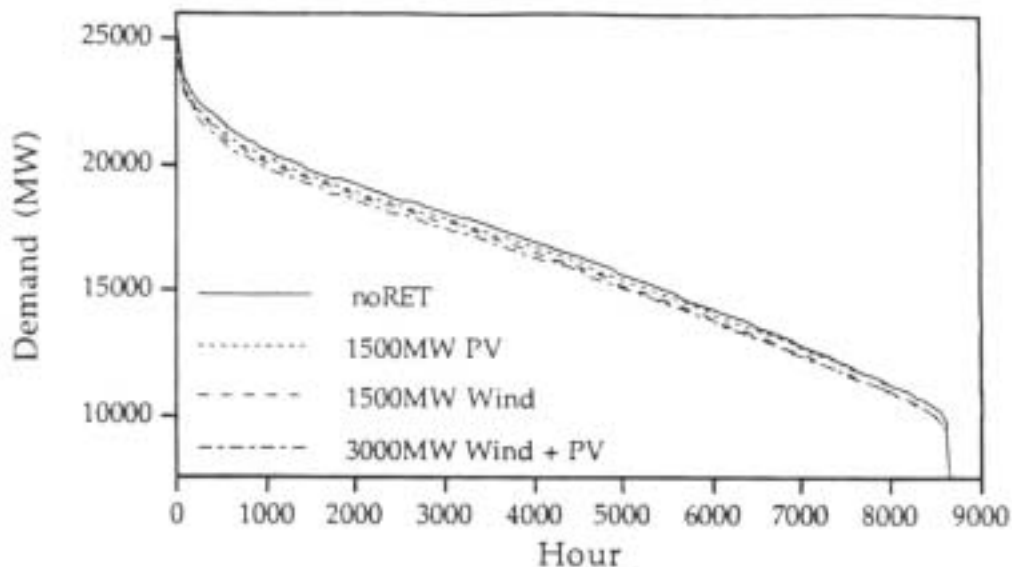
Comparación de impactos: años 2007 y 2011



25

Sustitución de capacidad: curva estadística de carga neta

Sustitución de capacidad máxima e intermedia, carga base constante



26

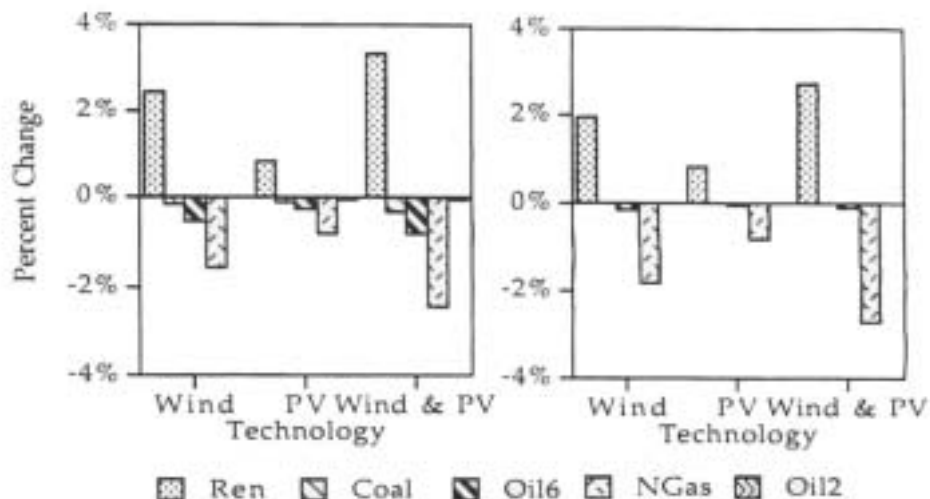
Reducción del uso de combustibles fósiles

- š El tipo de capacidad sustituida determina el alcance de la posible disminución del uso de estos combustibles
- š El uso de combustibles fósiles disminuye a medida que el sistema se hace globalmente más limpio y moderno
- š Esta disminución proviene tanto de los programas de conservación/gestión de la demanda como de la introducción de nuevas formas de suministro
- š El uso del petróleo disminuye *más* al combinar las RET y la conservación que con las RET únicamente

27

Reducción del uso de combustibles: gestión de la demanda de referencia

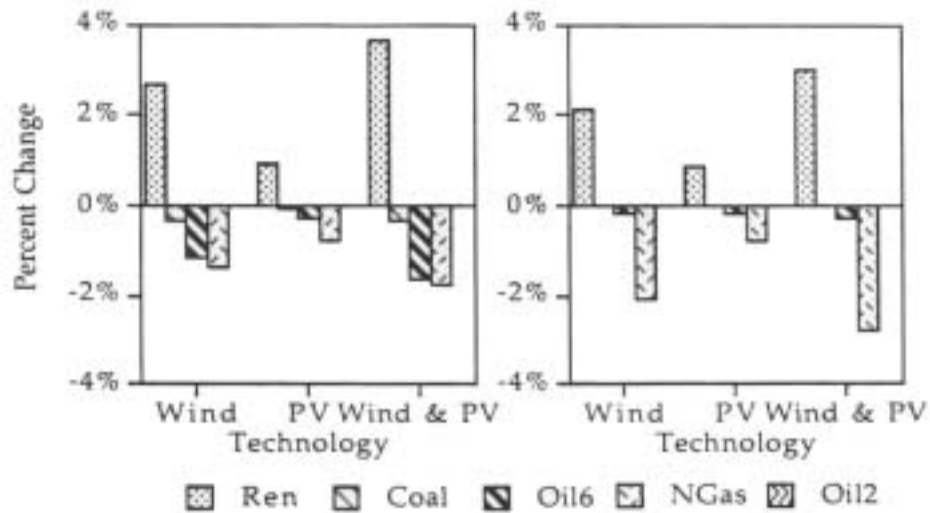
Comparación de impactos: años 2007 y 2011



28

Reducción del uso de combustibles: conservación doble

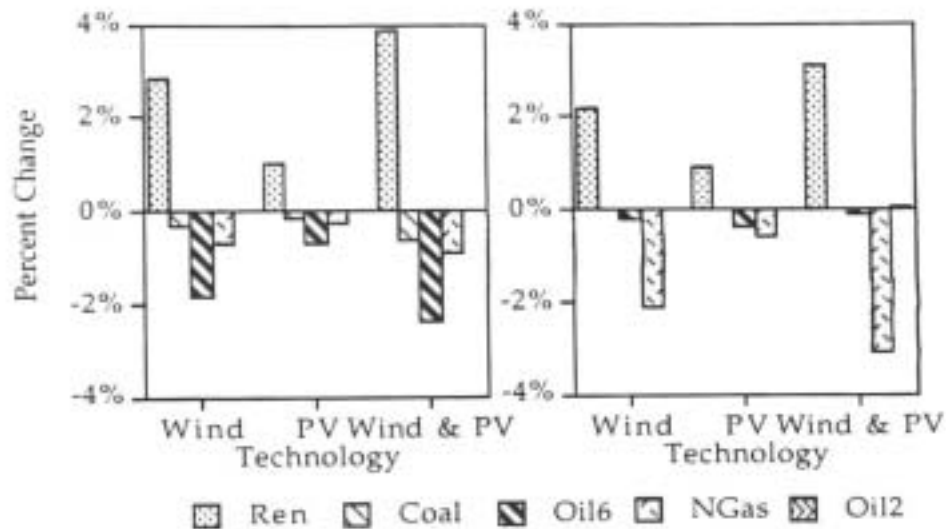
Comparación de impactos: años 2007 y 2011



29

Reducción del uso de combustibles: conservación triple

Comparación de impactos: años 2007 y 2011



30

Balance:

¿cuando cuesta todo esto?

31

Coste de la electricidad

Incremento porcentual de costes del sistema derivado de las RET

Tecnología mixta	Costes base de combustible	Costes de gas variables
Eólica	0,34%	0,15%
Fotovoltaica (PV)	2,93%	2,73%
Eólica y PV	3,28%	2,90%

32

Resumen: impactos de la integración de las energías eólica y fotovoltaica en la red de energía de Nueva Inglaterra

Parameter	Wind Power	Photovoltaics ^a
Installed Capacity	1500 MWp	1500 MWp
Average Energy Capture (% of 1992 Demand)	3000 GWh 3 %	1500 GWh 1.5 %
Average Capacity Credit	350 MW	450 MW
Average Capacity Factor	24 %	15 %
* Cost of Energy, 1995	9.8 ¢/kWh	68.4 ¢/kWh
2004	2.3 ¢/kWh	4.4 ¢/kWh
Capacity Displacement	Peak & Intermediate	
** % System Cost Increase	0.08 %	0.86 %
*** % CO2 Decrease	4.2 %	2.3 %
% SO2 Decrease	3.6 %	1.2 %
% NOx Decrease	2.9 %	1.6 %
% GWh from RET	2.7 %	0.9 %
% GWh from Oil ⁶ Decrease	1.1 %	0.3 %
% GWh from Coal Decrease	0.3 %	0.1 %

33

Resumen de planificación a largo plazo

- Diseño de modelos de RETs y evaluación de sus rendimientos de forma autónoma
- Diseño de modelos de RETs como parte de la red de energía y evaluación de impactos en términos del rendimiento del sistema

34

Generación distribuida y operaciones a corto plazo

- š ¿Por qué el sector se muestra reacio a la inclusión de la generación a pequeña escala (DG)?
- š ¿Cómo recibe el propietario la retribución por las ventajas que proporciona la instalación de DG?
- š ¿Puede la DG entrar en los mercados competitivos?

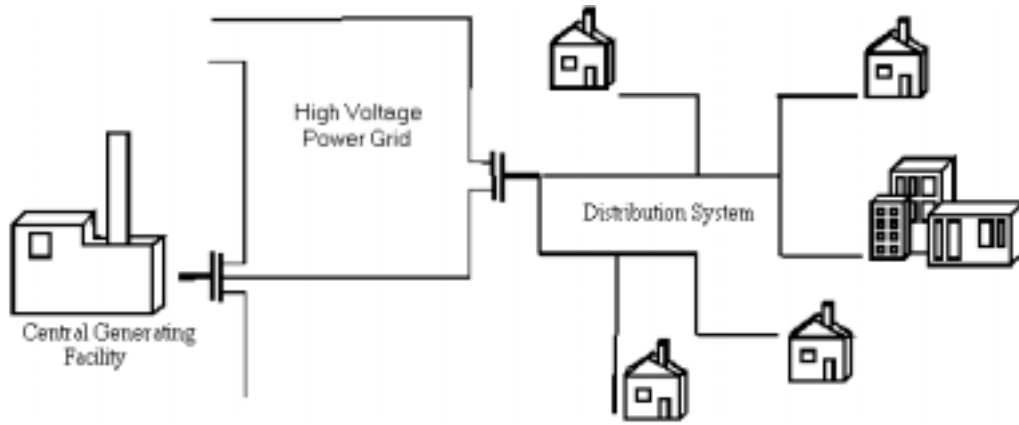
35

Operaciones a corto plazo: esquema general

- š Servicios públicos distribuidos
- š Primer problema: inestabilidad local de la red de distribución
- š Segundo problema: planificación de desequilibrios y de la respuesta (control) descentralizada en la red de transporte de energía
- š Conclusiones

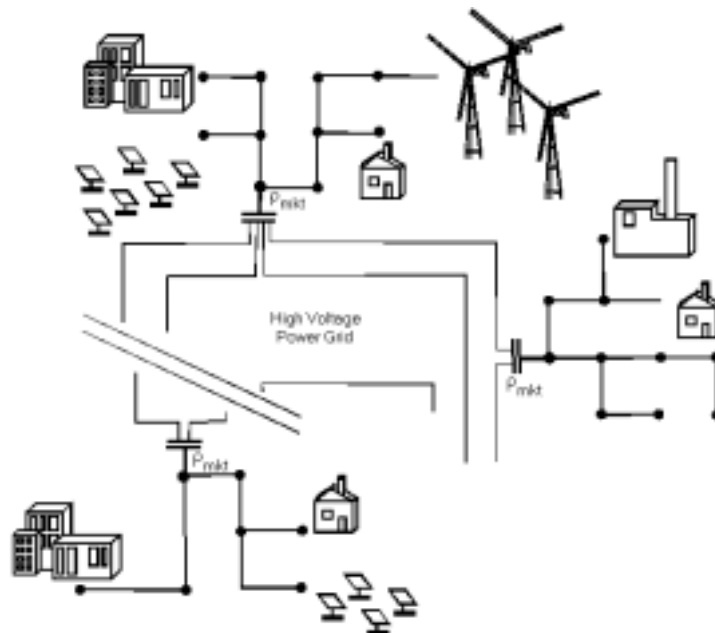
36

Estructura de distribución histórica



37

Suministro de servicios distribuido



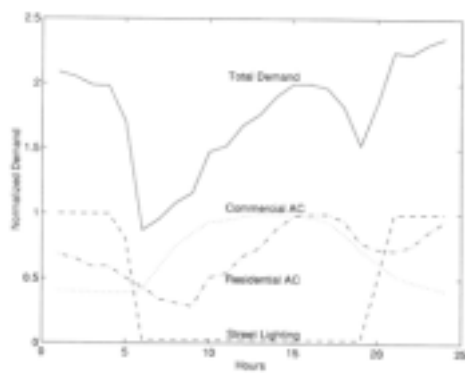
38

Sistema de explotación: problemática

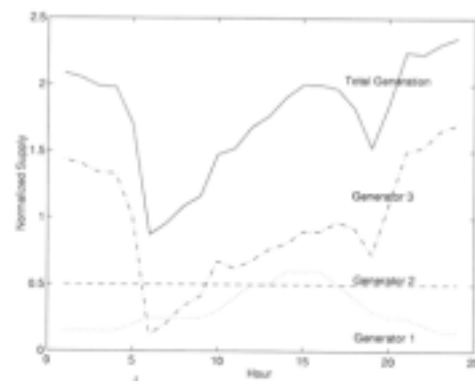
39

Planificación diaria de flujos de energía

Demanda prevista



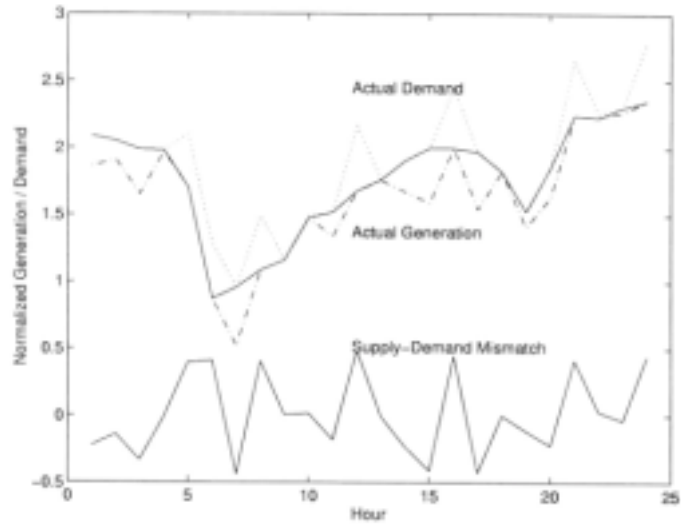
Generación planificada



40

Desviaciones diarias respecto de la planificación

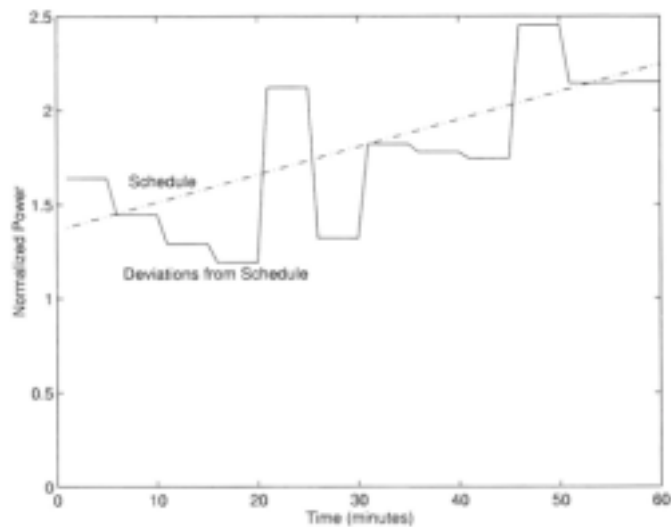
En un día



41

Desviaciones horarias respecto de la planificación

En una hora



42

Interpretación de las desviaciones

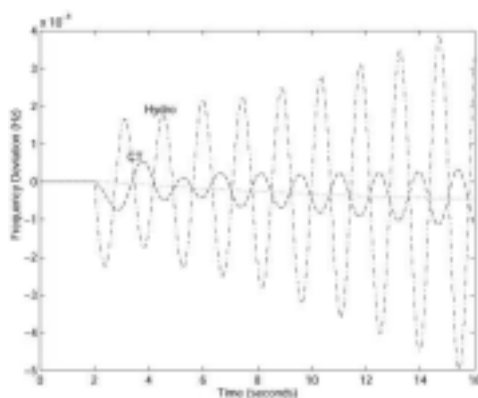
$$\text{Desequilibrio} = \frac{P_{gen} - 4 P_{carga}}{P_{gen}}$$

- Desequilibrio escaso en la red de transporte, una de las complicaciones tradicionales de la explotación del sistema
- Desequilibrio comparativamente mayor en la red de distribución, cuando la generación es distribuida

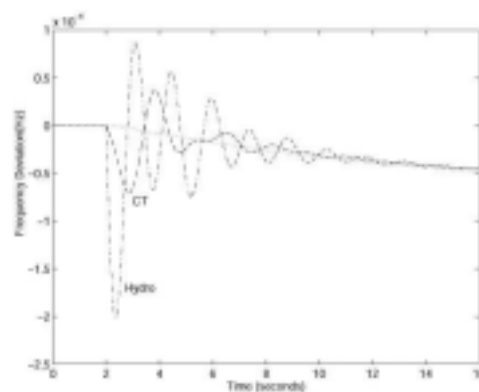
43

Dinámica de la red de distribución

Frecuencia inestable



Frecuencia estable



44

Los dos problemas del control del sistema

§ Inestabilidad de la red de distribución

- o *Problema*: inestabilidad causada por desviaciones locales, de frecuencia rápida y de tensión

§ Red de transporte y funcionamiento del mercado

- o *Problema*: el control de desequilibrios energéticos y de cambios de frecuencia del sistema ha estado tradicionalmente centralizado
- o Hoy en día, los operadores independientes de DG prefieren gestionar estas cuestiones de forma autónoma

45

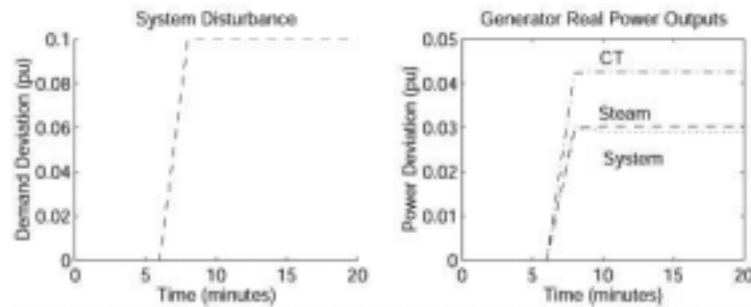
Control basado en el precio

- § A los generadores les interesa funcionar según la fórmula coste marginal = ingresos marginales ($MC = MR$)
- § El indicador de control basado en el precio informa mutuamente a los generadores individuales y a los del sistema
 - o El precio del sistema indica MR (los ingresos marginales)
 - o Los generadores fijan la producción para que $MC = MR$
- § La respuesta al indicador del precio se puede automatizar
- § Los generadores operan con independencia del control central

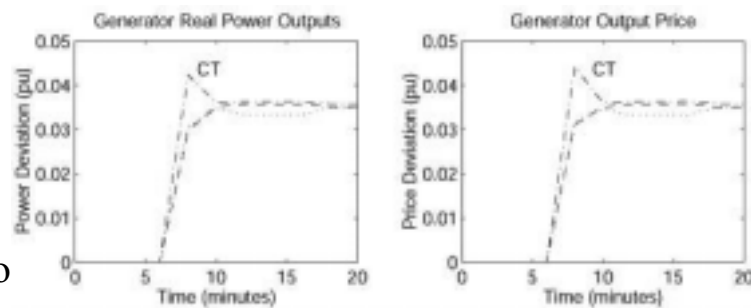
46

Sistema de energía y dinámica del mercado

Perturbación del sistema y respuesta inicial del generador



Reacción del DG (en producción y coste marginal) a la indicación del control basado en el precio



47

Resumen: operaciones a corto plazo

- § RETs y NDTs forman parte del concepto de generación distribuida/suministro distribuido
- § La inclusión de DG afecta a la estabilidad
- § El control basado en el precio favorece la evolución hacia un suministro distribuido, al facilitar la plena integración de los generadores distribuidos en el sistema de energía y en los mercados competitivos

48

Integración de DG en el sistema de energía

§ Aspectos técnicos de la integración de las RETs y el DG

o Planificación a largo plazo

- Ventajas: modular, baja emisión, pocos residuos
- Inconvenientes: en sistemas no despachables es preciso un marco de planificación diferente

o Operaciones a corto plazo

- No encajan en las estructuras institucionales existentes o emergentes (explotación del sistema, reglas del mercado)

49

Integración de DG en el sistema de energía

§ Aspectos financieros

o ¿Qué productos le son pagados a los DG?

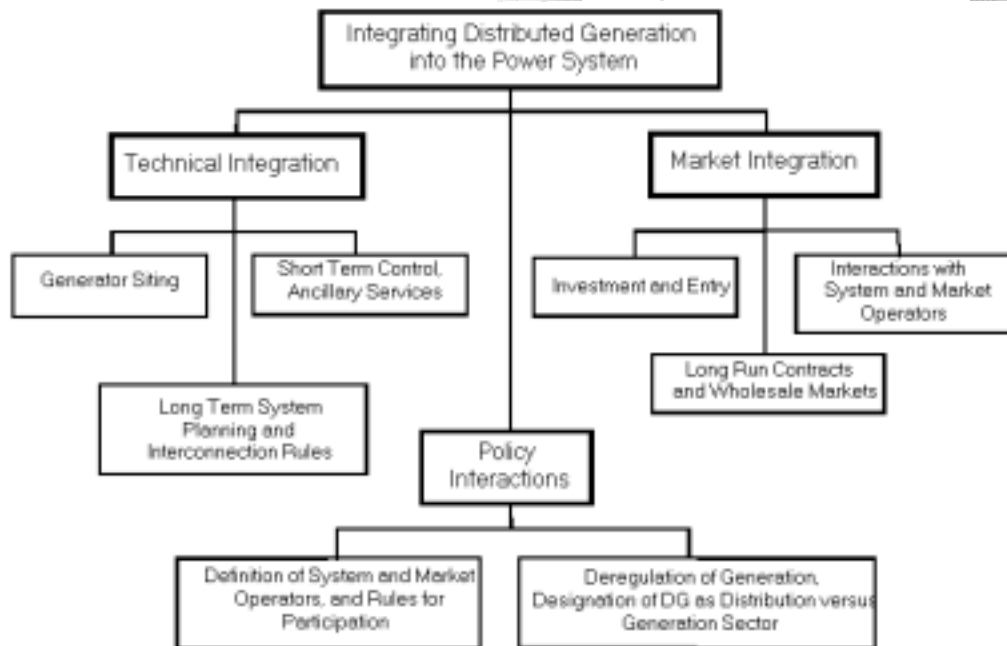
- Energía
- Servicios auxiliares
- Nuevo producto 'de fiabilidad'

o ¿Se les penaliza por condiciones de explotación menos usuales (ubicación)?

o ¿Cómo se paga a los DG autónomos (en ausencia de un sistema de facturación)?

50

Integración de DG en el sistema de energía



51

Cuestiones normativas finales

§ ¿Qué papel desempeña la administración en el desarrollo tecnológico?

o ¿Debería existir una normativa federal que promoviera el desarrollo y la utilización de tecnologías de energías renovables?

o ¿Cómo se deberían emplear los fondos de I+D?

- alternativas renovables frente a las convencionales
- plantas generadoras distribuidas y a pequeña escala frente a plantas centralizadas

52