

**E.T.S. de Ingeniería Industrial**  
**Universidad Politécnica de Cartagena**  
Curso Académico 2014/15



**Sistemas de Energía Eléctrica**

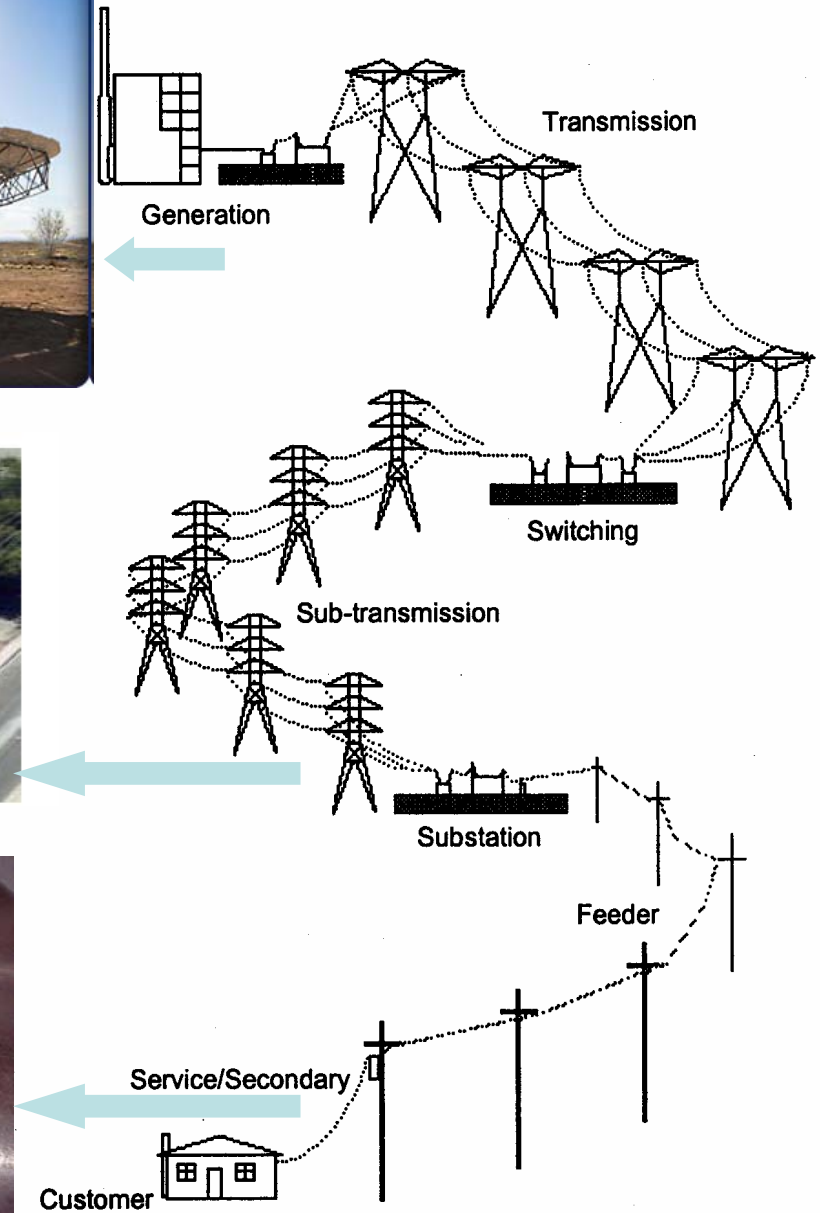
**4º Curso de Grado Ing. Eléctrico**

**Profesor: Dr. Antonio Gabaldón. Catedrático de Universidad.**

**Dpto de Ingeniería Eléctrica. E-mail: [antonio.gabaldon@upct.es](mailto:antonio.gabaldon@upct.es)**



# ● Análisis de Sistemas Eléctricos



### ● Premisas:

- Es complejo (en número de elementos) y mallado.
- Está en parte liberalizado (en mercados) y en otras regulado.
- En evolución: almacenamiento, Gen. Distribuida, DR

### ● Características de los diferentes niveles

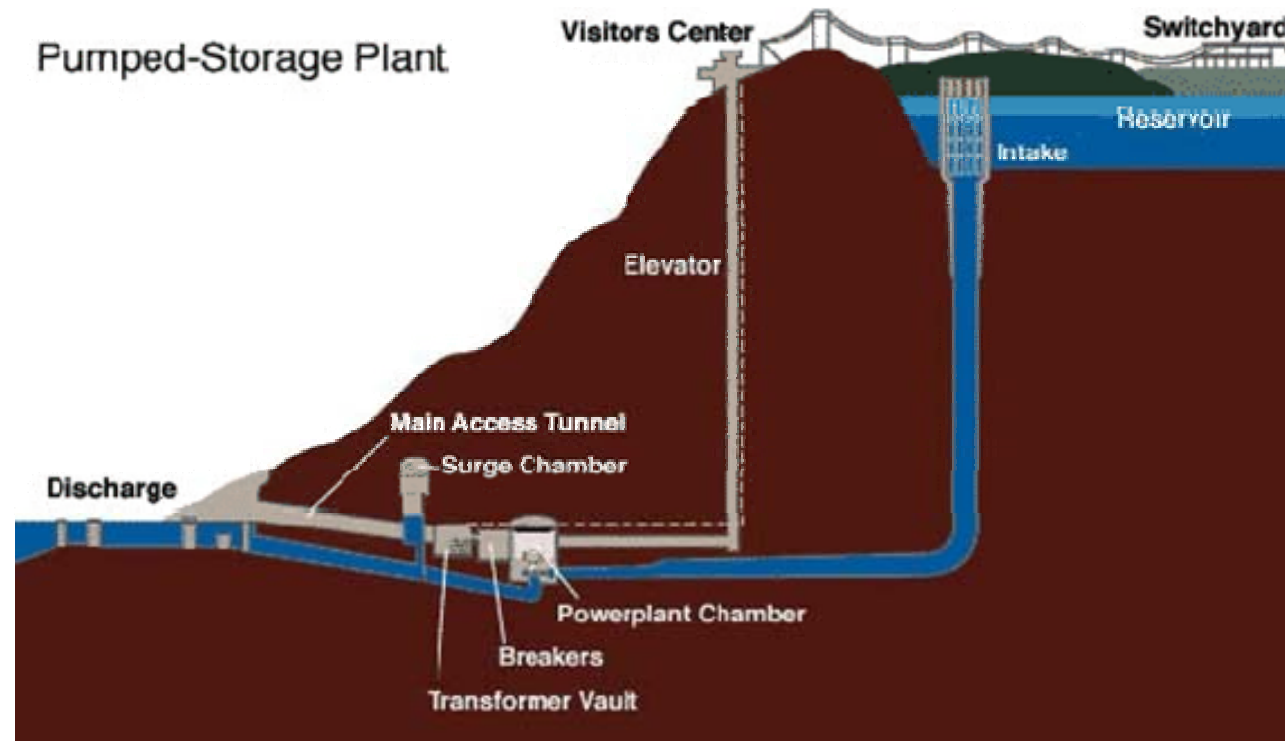
- Cada nivel suministra potencia al siguiente
- La tensión y capacidad de transporte disminuyen
- Cada nivel tiene muchos más elementos que el anterior
- La capacidad neta del nivel aumenta hacia el usuario
- La fiabilidad disminuye en el lado del cliente

Level of System	Voltage kV	Number of Units	Avg. Cap. MVA	Total Cap MVA
Transmission	345, 138	12	150	1,400
Sub-transmission	138, 69	25	65	1,525
Substations	138/23.9, 69/13.8	45	44	1,980
Feeders	23.9, 13.8	227	11	2,497
Service Trans.	.12, .24	60,000	.05	3,000
Secondary/Service	.12, .24	250,000	.014	3,500
Customer	.12	250,000	.005	1,250



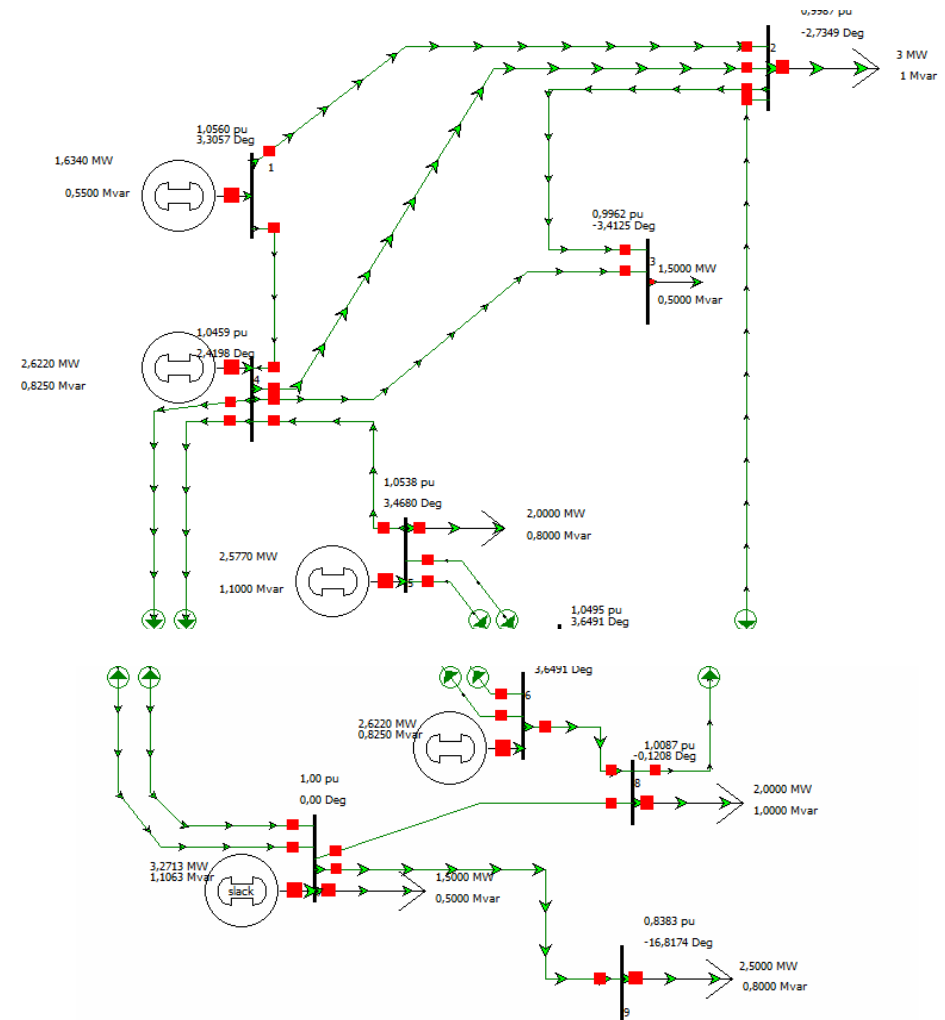
● ¿Qué se estudia en **Sistemas Eléctricos? (I)**

- El nivel de generación (costes, modelos eléctricos) y el de transformación (desde el punto de vista de control de la potencia y la tensión)



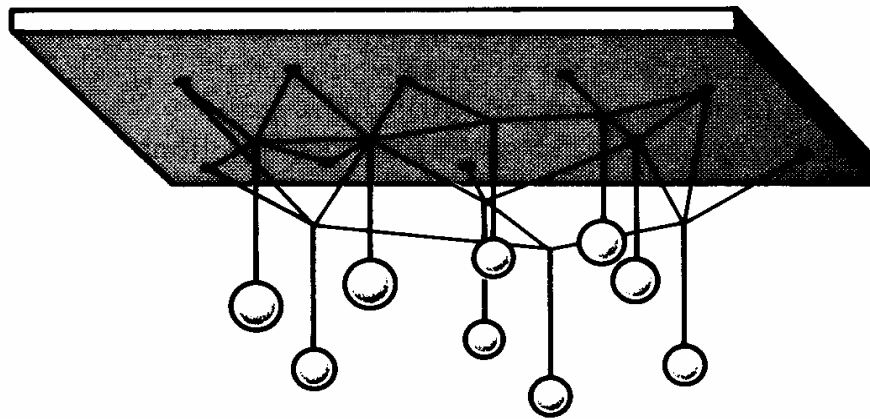
● ¿Qué se estudia en **Sistemas Eléctricos? (II)**

- Los flujos de carga: potencias P y Q en el sistema
- Control: de frecuencia y de tensiones
- Opcional
  - Almacenamiento de  $E^a$
  - Eficiencia energética



● ¿Qué se estudia en **Sistemas Eléctricos? (III)**

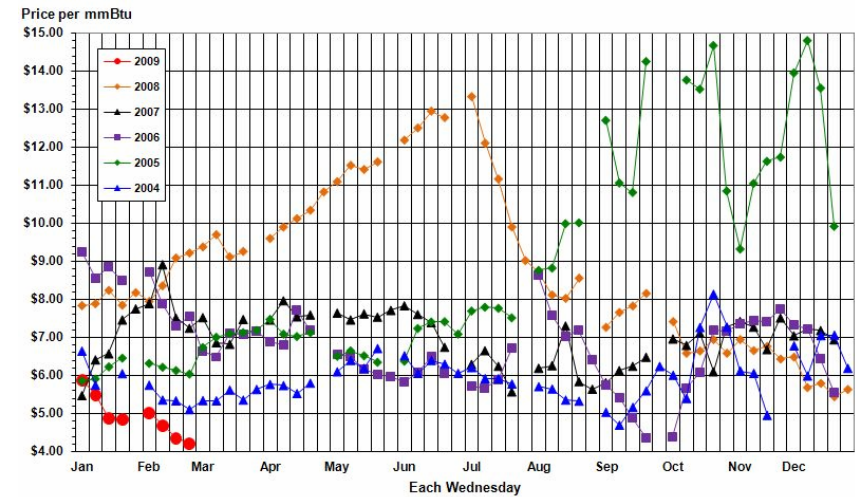
- Estudio sistemático de cortocircuitos simétricos.
- Estudio de cortocircuitos desequilibrados (asimétrico).
- Estudio de estabilidad (sistemas sencillos).



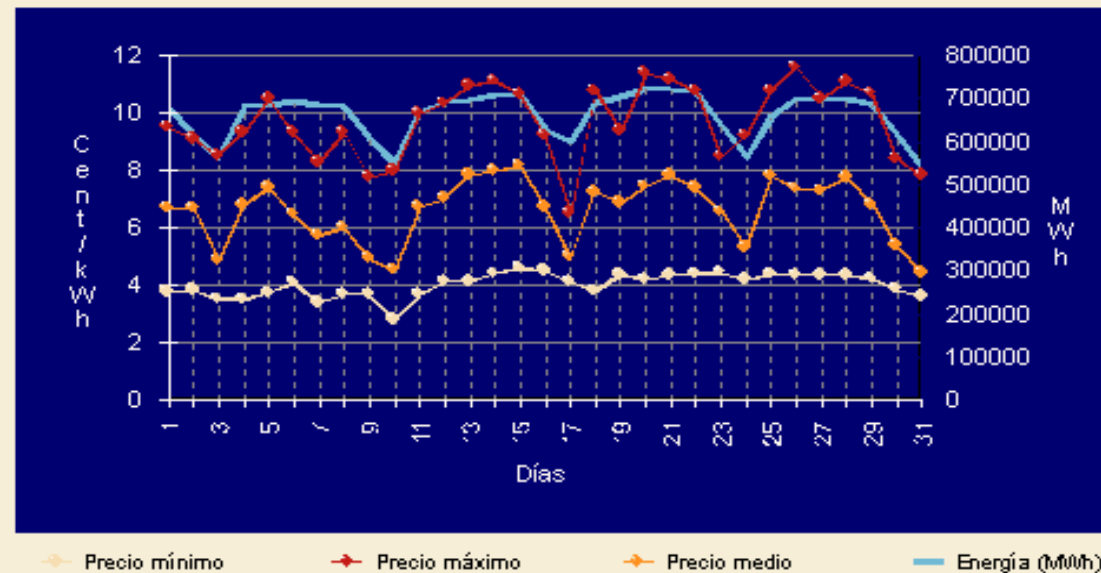
## ¿Qué se estudia en Sistemas Eléctricos? (IV)

- Análisis de costes de los generadores y demanda
- Introducción a los Mercados Eléctricos
  - Energía
  - Servicios Complementarios
  - Capacidad

Natural Gas Spot Prices at the Henry Hub  
2004 - 2009



Mínimo, medio y máximo del precio del mercado diario (cent/kWh) - Julio 2005 (\* Escala)



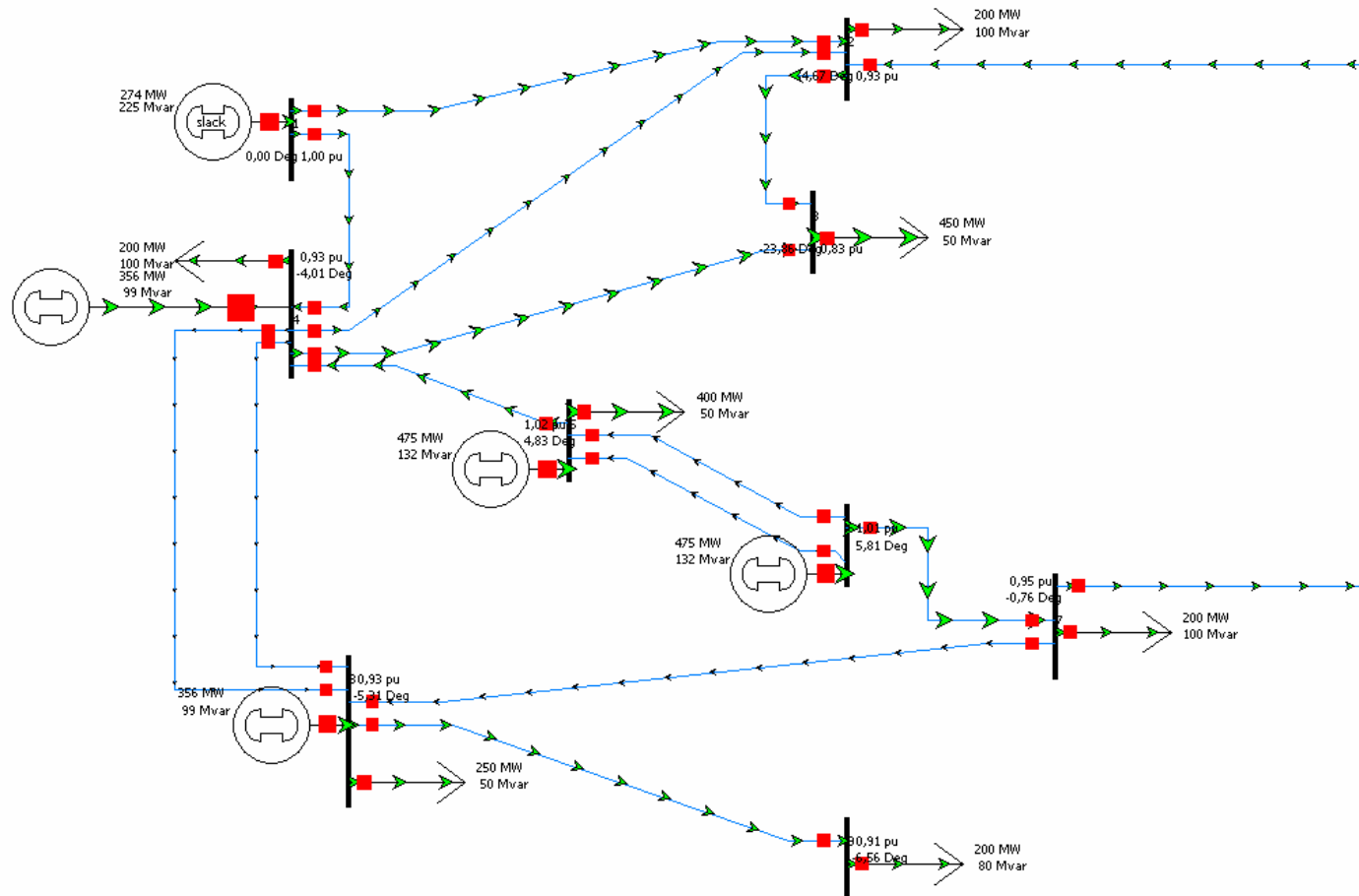
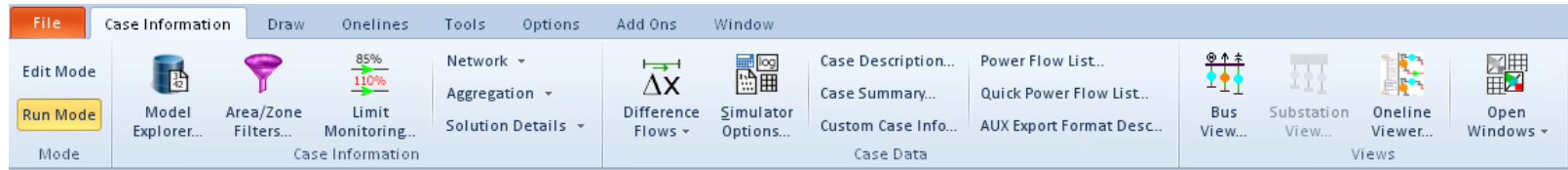
- **TEMA I. ELEMENTOS DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGÍA**
  - Lección 1. Generadores sincrónicos: permanente y transitorio
  - Lección 2. El transformador trifásico como elemento de control.
  
- **TEMA II. EL SISTEMA ELÉCTRICO EN RÉGIMEN PERMANENTE.**
  - Lección 3. El flujo de potencias o de cargas.
  - Lección 4. Soluciones computacionales del flujo de carga.
  - Lección 5. El control automático de la generación (AGC): el lazo primario de control de la frecuencia.
  - Lección 6. El control automático de la generación (AGC): el lazo secundario de control de la frecuencia.
  - Lección 7. El control de tensión el generador: lazo AVR.
  
- **TEMA III. EL SISTEMA ELÉCTRICO EN RÉGIMEN TRANSITORIO**
  - Lección 8. Cortocircuitos simétricos en sistemas de gran dimensión
  - Lección 9. Cortocircuitos asimétricos en grandes sistemas.
  - Lección 10. Análisis de estabilidad
  
- **TEMA IV. MERCADOS ELÉCTRICOS**
  - Lección 11. Costes y beneficios: el despacho económico y la gestión de la demanda.
  - Lección 12. Introducción a los Mercados Eléctricos.





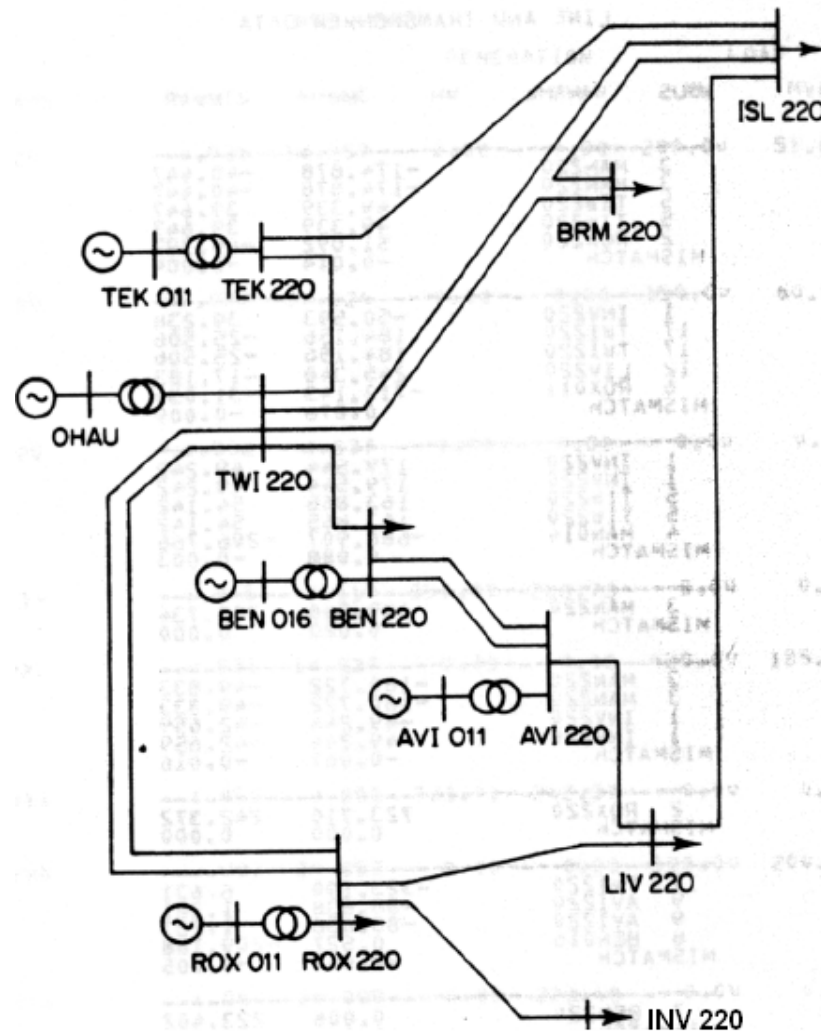
# Prácticas: básicamente con PowerWorld

## Ejemplo: trabajo alumnos 2012/13



## ● Trabajos de la asignatura

- Reg permanente: flujo de carga, despacho económico.
- Reg transitorio: cortocircuitos.
- + Otro voluntario: almacenamiento, eficiencia energética,...



#### ● **Bibliografía básica**

- BERGEN, A.R., VITTAL V. "Power Systems Analysis (second edition)". Prentice Hall, 2000.
- ELGERD, O.I. "Electric Energy Systems Theory: An Introduction". Mc Graw Hill, 1982.
- GÓMEZ EXPÓSITO A. Y OTROS. "Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica", MC Graw Hill, 2002.
- GRAINGER, STEVENSON. "Análisis de Sistemas de Potencia", Mc. Graw-Hill, 1996.
- KIRSCHEN, D.S.; STRBAC, G. Fundamentals of Power Systems Economics, Wiley, 2007

#### ● **Bibliografía complementaria**

- ARRILLAGA, ARNOLD, HARKER. "Computer Modelling of Electrical Power Systems". John Wiley & Sons, 1983 (1990)
- BATTACHARYA K., BOLLEN M., DAALDER J. "Operation of Restructured Power Systems". Kluwer Academic Publ. (2001)
- EL-HAWARI, M. "Electrical Power Systems. Design and Analysis", IEEE Press, (1995)
- KOSTENKO, M.P.; PIOTROVSKI L.M. "Máquinas Eléctricas" (2 tomos), MIR, 1975
- UNGRAD, WINKLER, WISNIEWSKY. "Protection Techniques in Electrical Energy Systems". Ed: Marcel-Dekker 1995
- WOOD A.J./ WOLLENBERG B.F. "Power Generation, Operation and Control", Wiley & Sons, 1984.)



#### ● Examen escrito (50%) (\*)

- Cuestiones teóricas (3)
- Problemas (2): ejercicios prácticos de desarrollo y cálculo de un Sistema Eléctrico. Régimen transitorio (“cortos”) y régimen permanente (flujos de carga, despacho económico, ...)

#### ● Trabajos asignatura: 20% (\*)

- Individuales o en grupo (dificultad en función del número de alumnos)

#### ● Prácticas: 10% (\*)

#### ● Problemas propuestos (10%) y exposiciones (10%)

#### ● Condiciones:

- (\*) existen mínimos de calificación: 3/10 y 3,5/10
- Se guarda la calificación.

#### ● Tutorías:

- Lunes de 16 a 18h y jueves de 11 a 13h (no específicas)
- Miércoles de 18h-19h y jueves de 13 a 14h (específicas)



## ● Otras fuentes de información

- Página web: problemas, ejercicios, programas de ordenador, presentaciones. Aula virtual: avisos, calificaciones, algún material complementario.
- [www.gestiondelademanda.es](http://www.gestiondelademanda.es)
  - Página de Sistemas Eléctricos
- [www.demandresponse.eu](http://www.demandresponse.eu)
  - Contenidos en inglés: ampliación, canales de información, informes técnicos, artículos, ...

