



Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



# **EL 57A SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA**

## **Clase 1: Introducción**

**Luis Vargas**  
**AREA DE ENERGIA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA**



Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



## EQUIPO DOCENTE

Profesor de Cátedra : Luis Vargas  
email: [lvargasd@ing.uchile.cl](mailto:lvargasd@ing.uchile.cl)  
<http://146.83.6.25/lvargas/>

Ayudantes: Pablo Medina

Cooperación:

Claudio Troncoso (Tareas)  
Daniel Olivares  
Christian Jeldres



# CONTENIDO

1. Introducción
2. Conceptos matemáticos básicos para el estudio de sistemas trifásicos
3. Las componentes de los sistemas eléctricos de potencia
4. Estudio de sistemas de potencia en estado estacionario  
regulación de tensión y control de reactivos
5. Operación económica de sistemas eléctricos de potencia
6. Fallas en sistemas eléctricos de potencia
7. Estabilidad
8. Control de frecuencia-carga
9. Calidad y seguridad de servicio



## MATERIAS NO ABORDADAS

1. Fenómenos transitorios muy rápidos - Propagación de ondas
2. Técnicas de alta tensión
3. Los circuitos resonantes
4. Proyectos eléctricos



## Aspectos Administrativos

### Sistema de Evaluación:

#### Evaluaciones

- 2 Controles (C1, C2)
- 3 Ejercicios (E1, E2, E3)
- 1 Nota Participación (Pa)
- 2 Tarea (T1, T2)
- 1 Examen (E)

#### Requisito para eximir

- $C = (C1 + C2) / 2 \geq 4.0$
- $E = (E1 + E2 + E3) / 3 \geq 4.0$
- $TT = (T1 + T2) / 2 \geq 4.0$
- $TT' = (TT + Pa) * 0.5$
- **NP**  $\geq 5.5$

#### Evaluación Final

- $NP = C * 0.6 + TT * 0.25 + E * 0.15$
- Nota Final no eximidos  
 $NF = NC * 0.6 + TT * 0.25 + E * 0.15$   
 $NC = (C1 + C2 + Ex + Ex) / 3$

### Administración y Materiales:

- Fechas Evaluaciones
- Profesor Auxiliar y Ayudantes
- Laboratorio 4<sup>to</sup> piso/MECESUP
- 1 visita a instalaciones
- Delegado de curso
- Página Web + U-Cursos
- Videos y Simulaciones
- Horario de atención, Of. 407 (9784203)  
(acordar reunión vía e-mail, secretaría)
- Ausencias profesor



# Contenido (I)

## 1. Introducción

- 1.1 Descripción del sector eléctrico: estructura básica y organización
- 1.2 Tipos de centrales generadoras de energía eléctrica
- 1.3 Equipos de transmisión
- 1.4 Sistemas eléctricos de potencia en Chile
- 1.5 Contexto internacional
- 1.6 Tendencias del desarrollo
- 1.7 Efectos fisiológicos de la electricidad
- 1.8 Literatura, Simbología, Direcciones WWW



## Contenido (II)

### **2. Conceptos matemáticos básicos para el estudio de sistemas trifásicos**

**2.1 Introducción**

**2.2 Sistemas de corriente alterna: términos y modelos**

**2.3 Sistemas equilibrados**

**2.4 Equivalentes monofásicos**

**2.5 Potencia en sistemas alternos**

**2.6 Magnitudes y cálculo en por unidad**





## Contenido (III)

### 3. Las componentes de los sistemas eléctricos de potencia

#### 3.1 Introducción

#### 3.2 Generador Sincrónico

#### 3.3 Líneas de Transmisión

#### 3.4 Transformadores

#### 3.5 Redes de Transmisión y Subestaciones





## Contenido (IV)

### 4. Estudio de sistemas de potencia en estado estacionario, regulación de tensión y control de reactivos

#### 4.1 Introducción

#### 4.2 Modelo estacionario de la red

#### 4.3 Métodos de flujo de potencia

#### 4.4 Métodos de regulación de tensión

#### 4.5 Estimadores de estado



## Contenido (V)

### 5. Operación económica de sistemas eléctricos de potencia

- 5.1 Introducción
- 5.2 Mercados competitivos
- 5.3 Despacho económico
- 5.4 Predespacho
- 5.5 Programación hidrotérmica



## Contenido (VI)

### 6. Fallas en sistemas eléctricos de potencia

6.1 Introducción

6.2 Mallas de secuencia

6.3 Impedancia de secuencia cero

6.4 Cortocircuitos

6.5 Fases abiertas



## Contenido (VII)

### 7. Estabilidad

#### 7.1 Introducción

#### 7.2 Estabilidad permanente

#### 7.3 Estabilidad transiente



## Contenido (VIII)

### 8. Control de frecuencia-carga

#### 8.1 Introducción

#### 8.2 Sistemas aislados

#### 8.3 Sistemas interconectados



## Contenido (IX)

### 9. Calidad y seguridad de servicio

#### 9.1 Introducción

#### 9.2 Indices de calidad y seguridad

#### 9.3 Incidencia en la operación y planificación



# Motivación: Desafío Multidisciplinario

## Cursos de Pregrado

SIGLA	NOMBRE
• EL57B	Taller de Proyecto en Sistemas de Potencia I
• EL57C	Taller de Diseño en Sistemas de Potencia I
• EL67A	Taller de Proyecto en Sistemas de Potencia II
• EL67B	Taller de Diseño en SEP II
• EL67E	Máquinas Eléctricas para la Industria y la Minería
• EL67H	Puesta a tierras de Instalaciones Eléctricas y Electrónicas
• EL 67I	Aplicaciones de la Energía Eléctrica en Sistemas Industriales
• EL67F	Gestión de la Distribución de Energía Eléctrica





Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



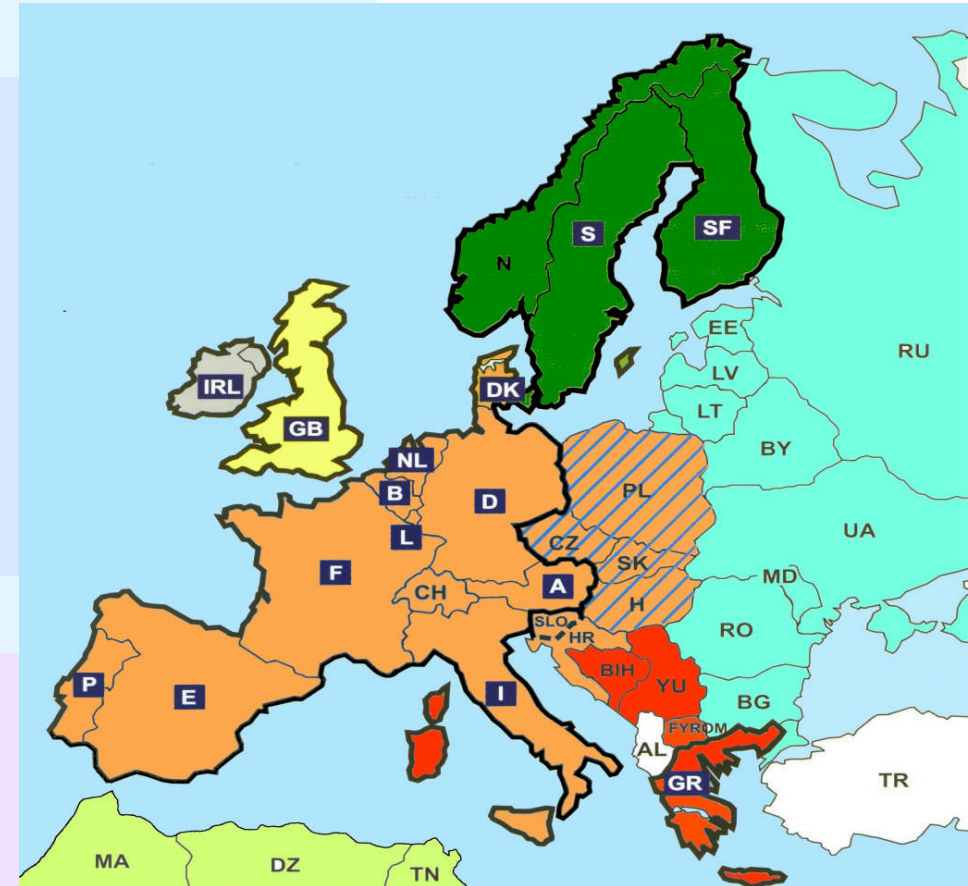
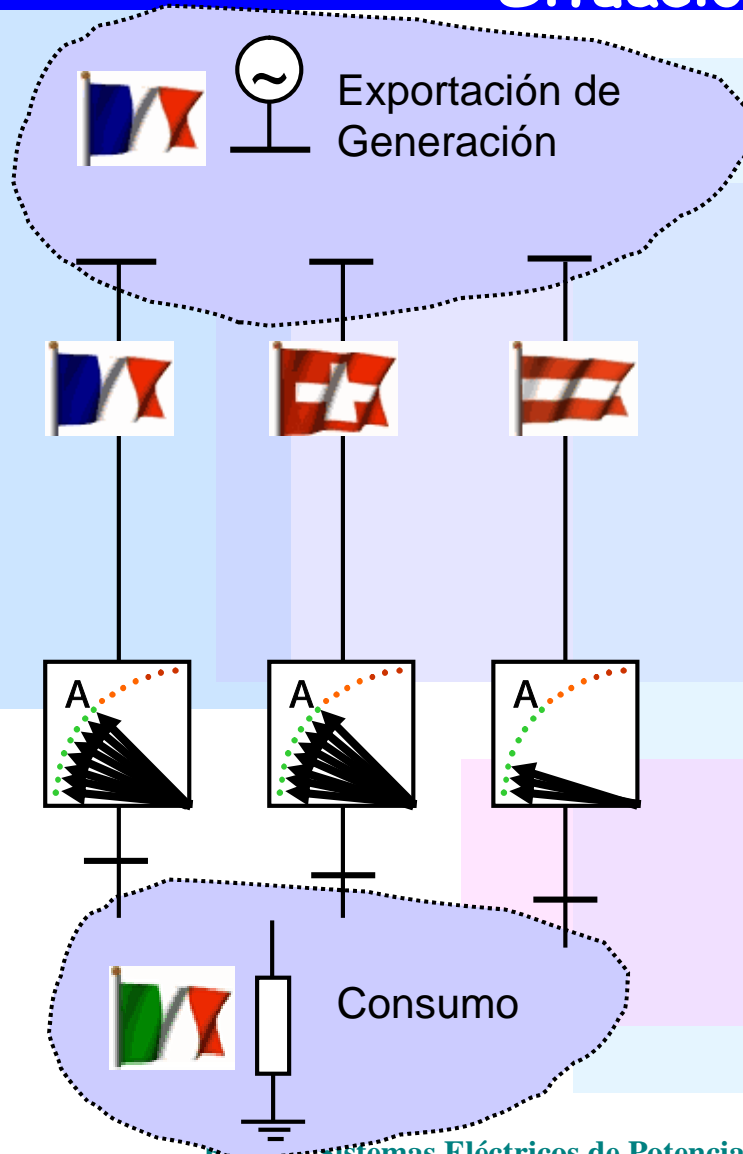
# Motivación: Desafío Multidisciplinario

## Cursos de Postgrado

SIGLA	NOMBRE
• EL 603	Tracción Eléctrica
• EL 605	Sistema Eléctricos de Potencia II
• EL 606	Protección de Instalaciones Eléctricas
• EL 607	Aplicaciones Industriales de la Energía Eléctrica
• EM718	Análisis y Operación de Sistemas Eléctricos
• EM719	Ingeniería de Alta Tensión
• EM720	Aislación de Equipos de Alta Tensión
• EM722	Electrónica de Potencia
• EM 735	Mercados Energéticos Internacionales
• EM736	Análisis Técnico Económico del Sector Eléctrico
• EM 737	Fenómenos Dinámicos en Redes Eléctricas
• EL 744	Planificación Sistemas Eléctricos de Potencia



## Motivación: Apagón en Italia, 2003 Situación de abastecimiento, Mercado

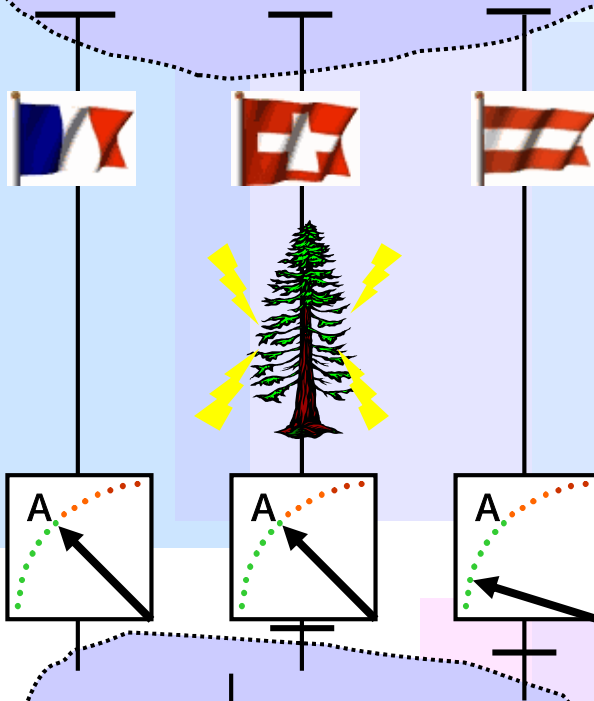




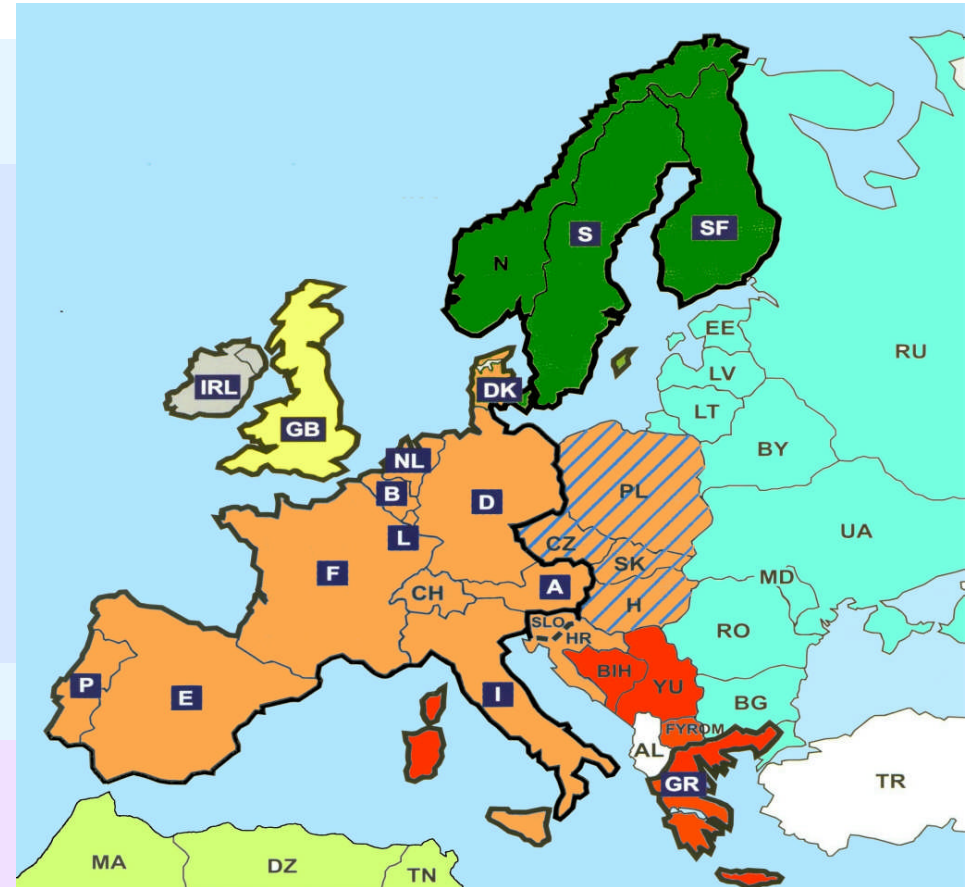
Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



Exportación de  
Generación



Consumo



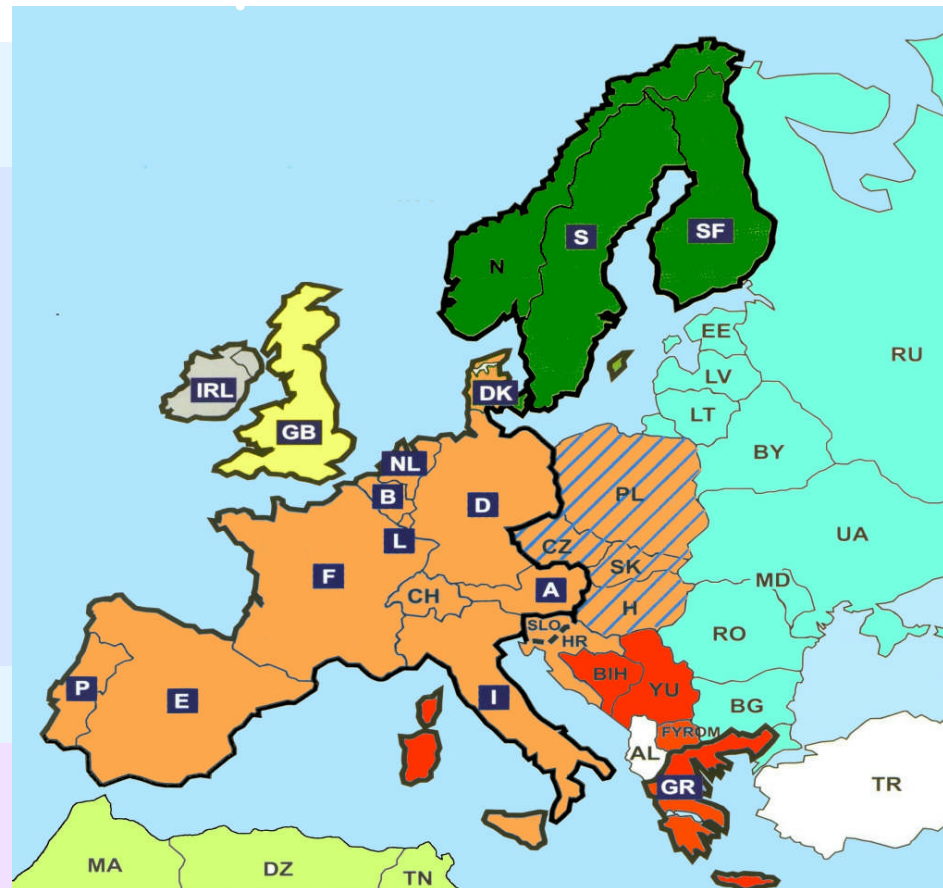
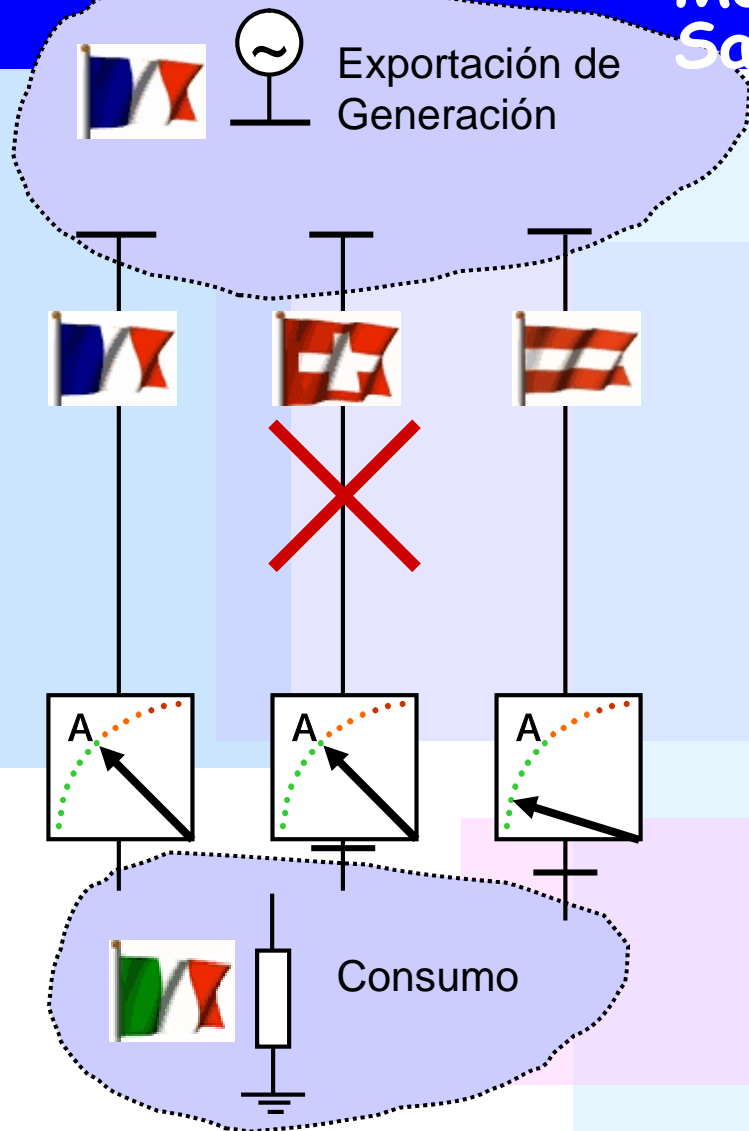
© PD Dr.-Ing. Christian Rehtanz - 18



Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



## Motivación: Apagón en Italia, 2003 Salida de operación, conexión Suiza



© PD Dr.-Ing. Christian Rehtanz - 19

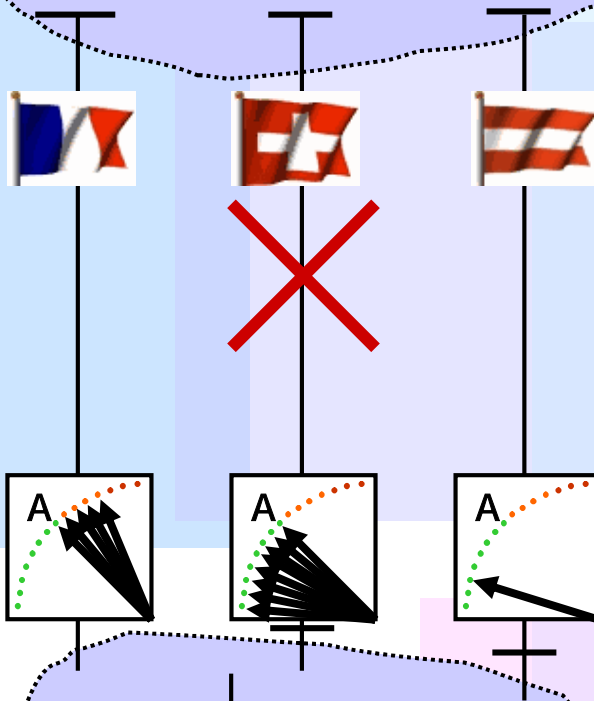




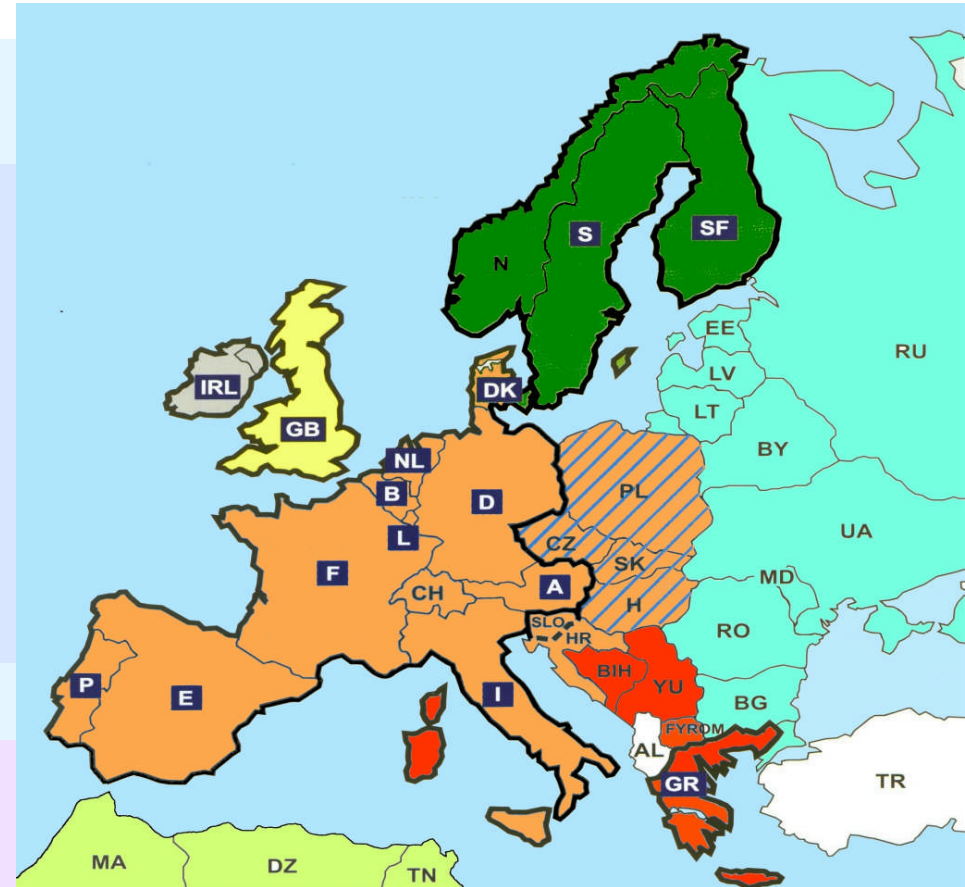
Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



Exportación de  
Generación



Consumo



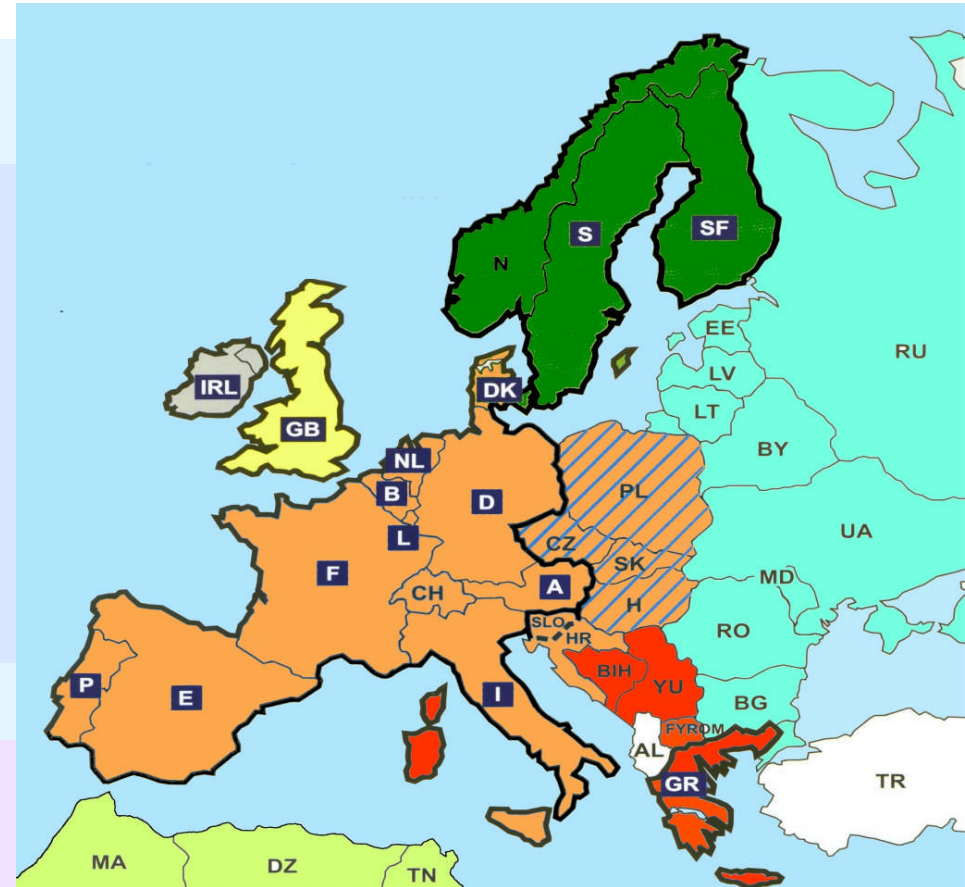
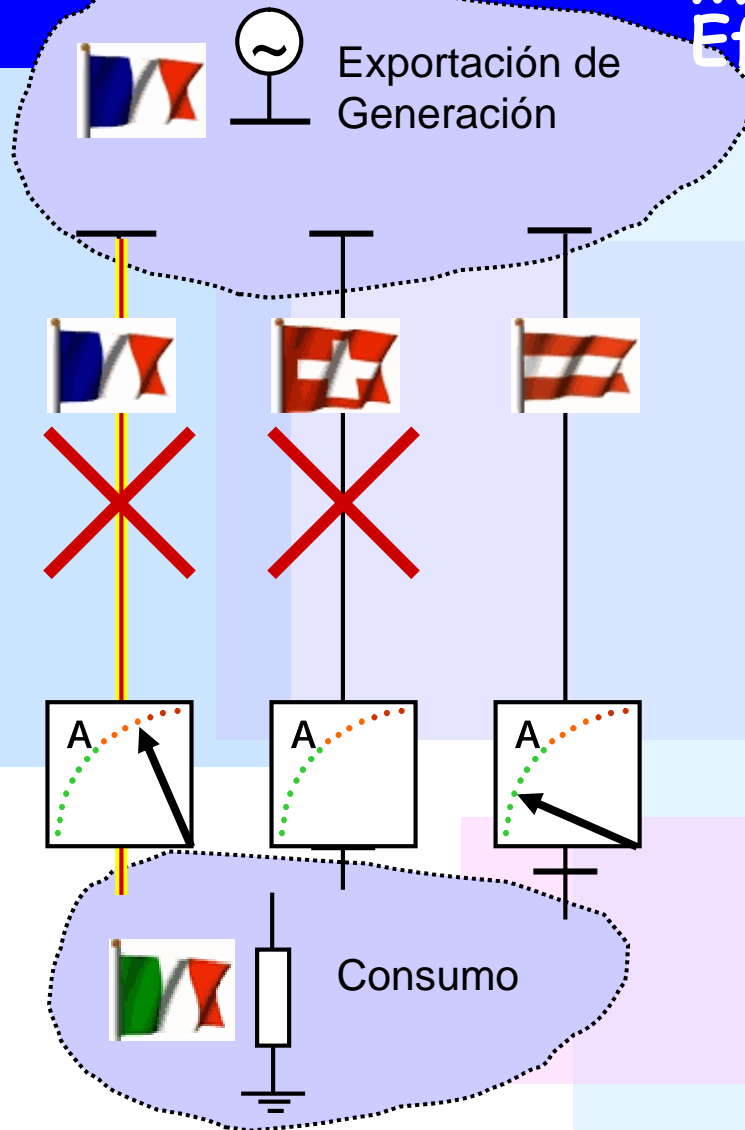
© PD Dr.-Ing. Christian Rehtanz - 20



Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



## Motivación: Apagón en Italia, 2003 Efecto en Cascada



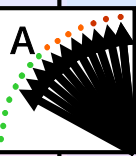
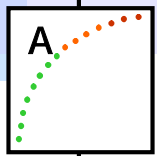
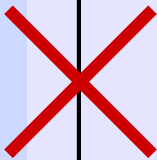
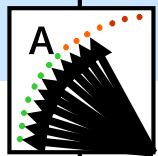
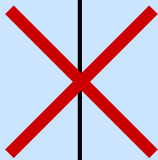
© PD Dr.-Ing. Christian Rehtanz - 21



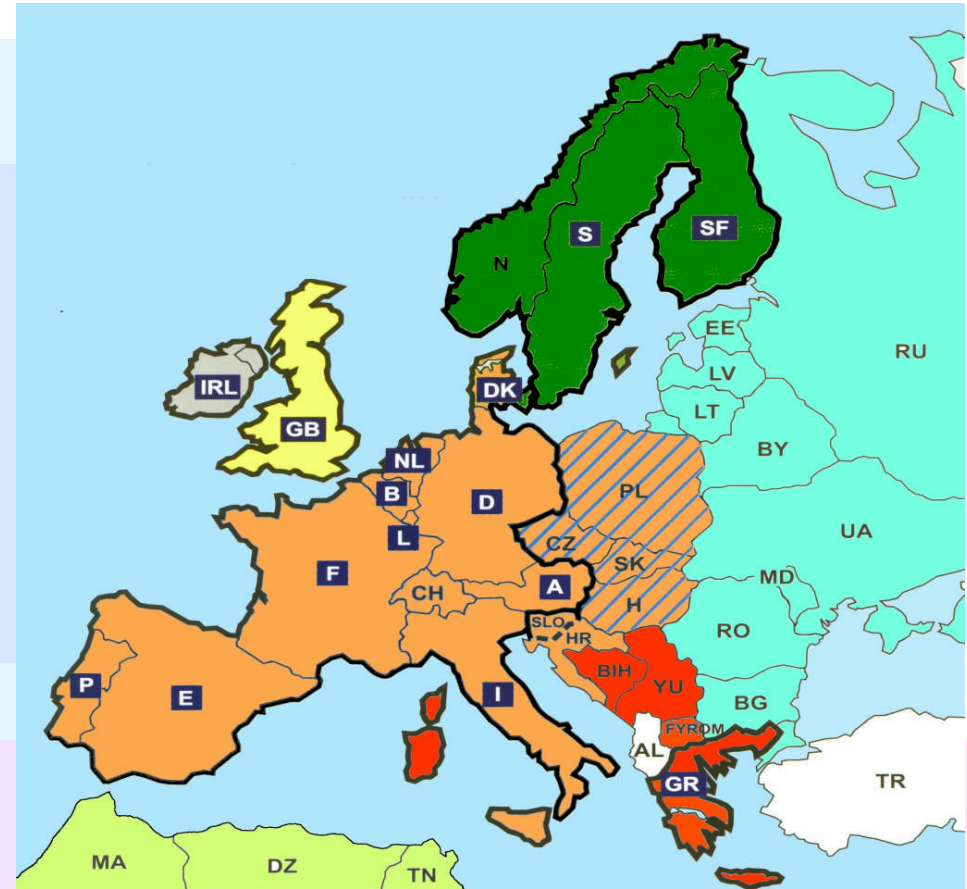
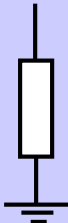
Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



Exportación de  
Generación



Consumo



© PD Dr.-Ing. Christian Rehtanz - 22

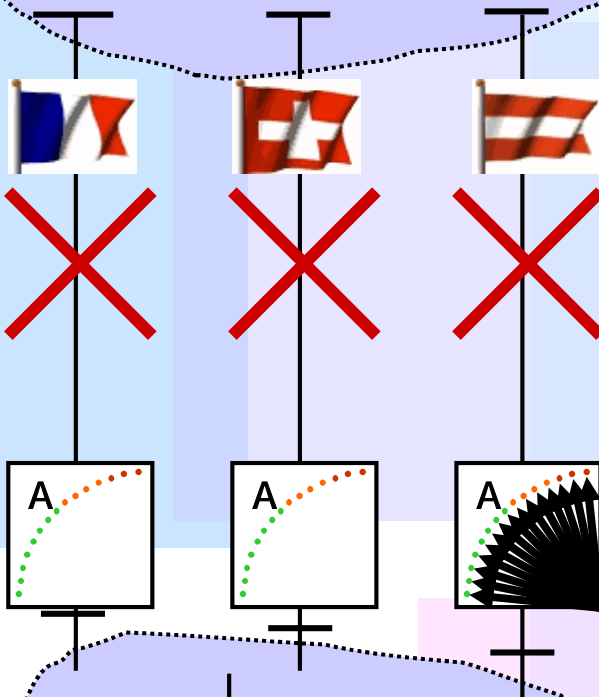




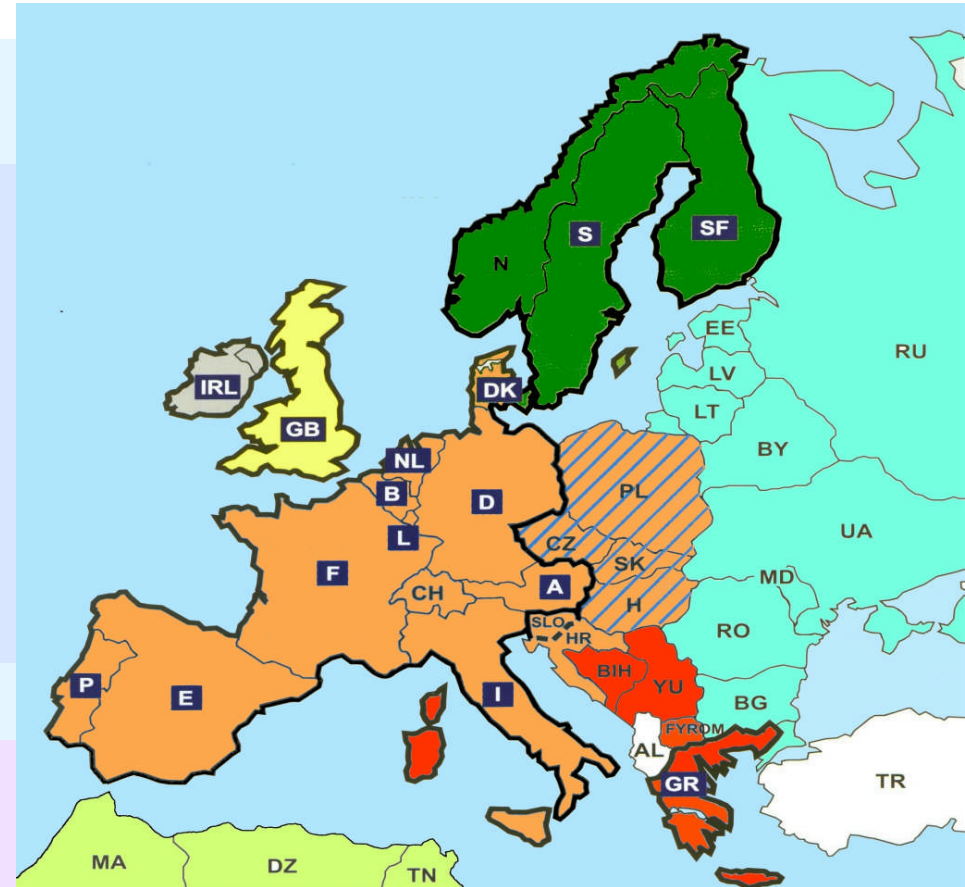
Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



Exportación de  
Generación



Consumo



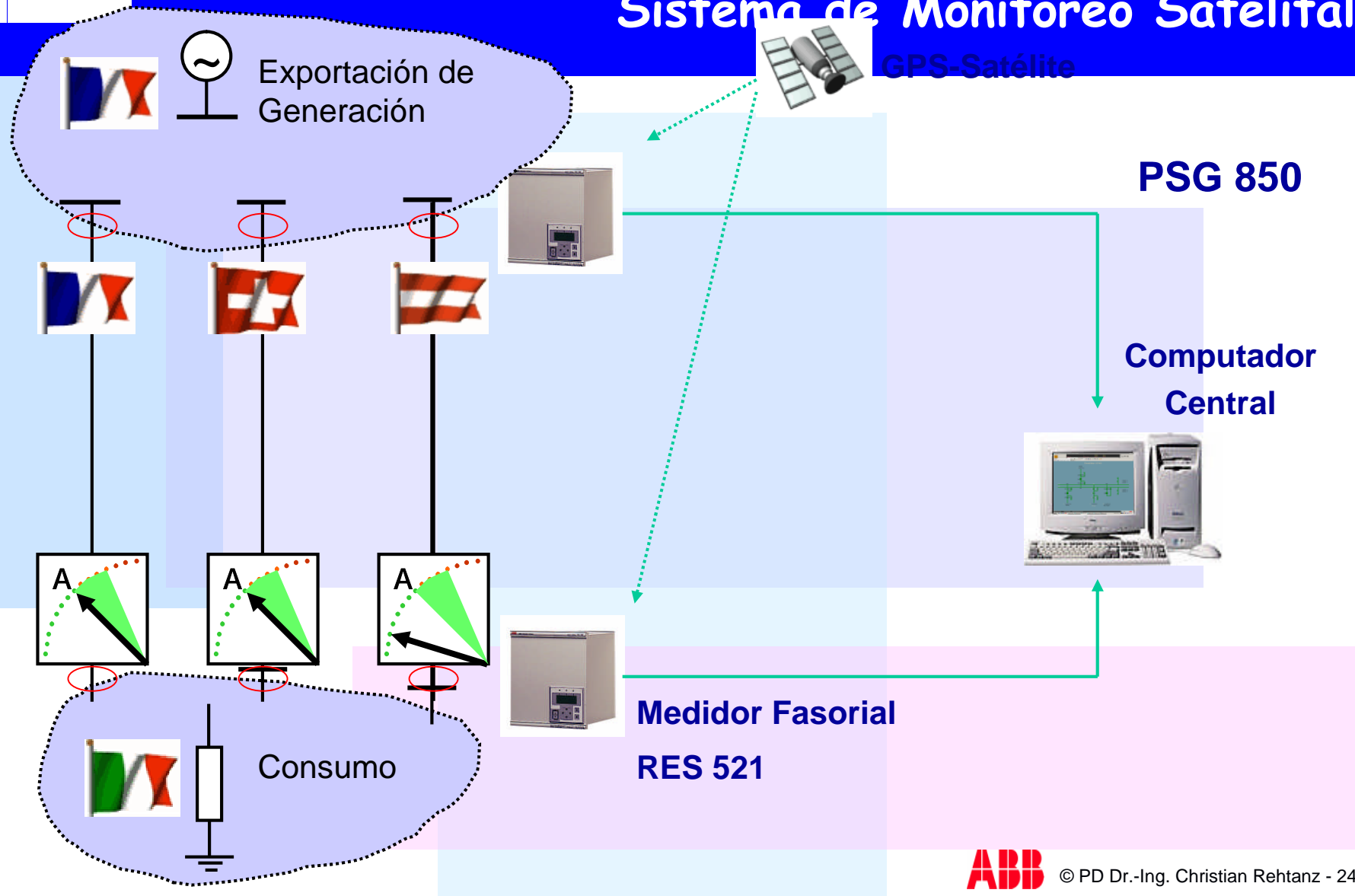
© PD Dr.-Ing. Christian Rehtanz - 23



Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



# Sistema de Monitoreo Satelital



© PD Dr.-Ing. Christian Rehtanz - 24

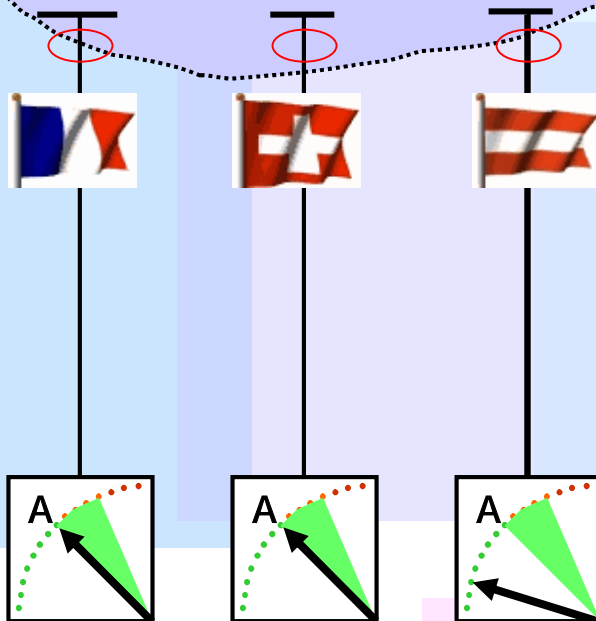


Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile

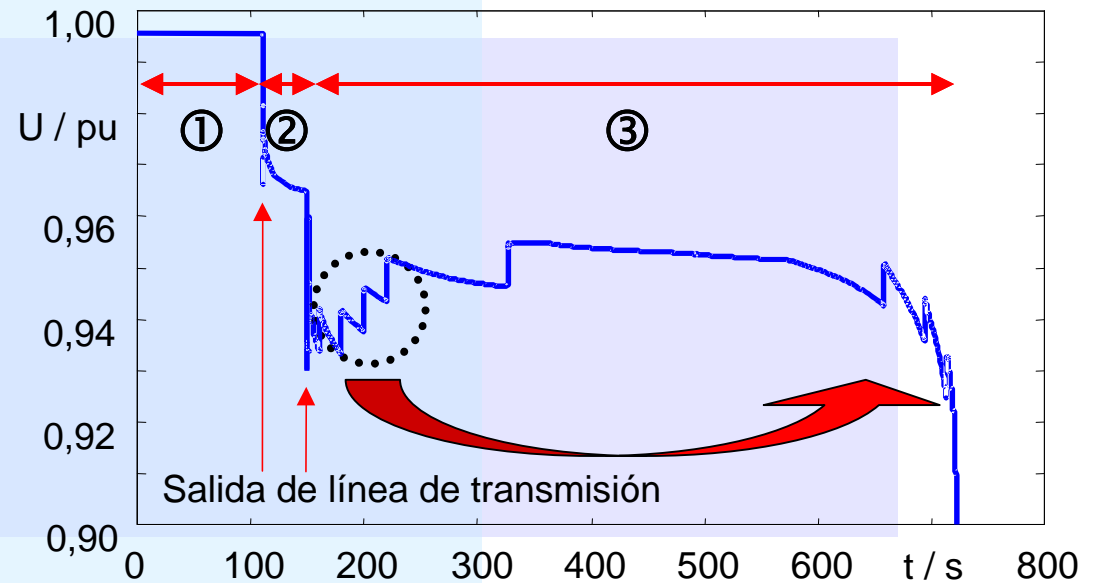


# Motivación: Apagón en Italia, 2003 Estimador de estado, ant. Ef. cascada

  Exportación de  
Generación



Consumo



$$\dot{x} = F(x, z)$$

$$\theta = G(x, z)$$



$$\theta = F_s(x_s, z)$$

$$\theta = G(x_s, z)$$



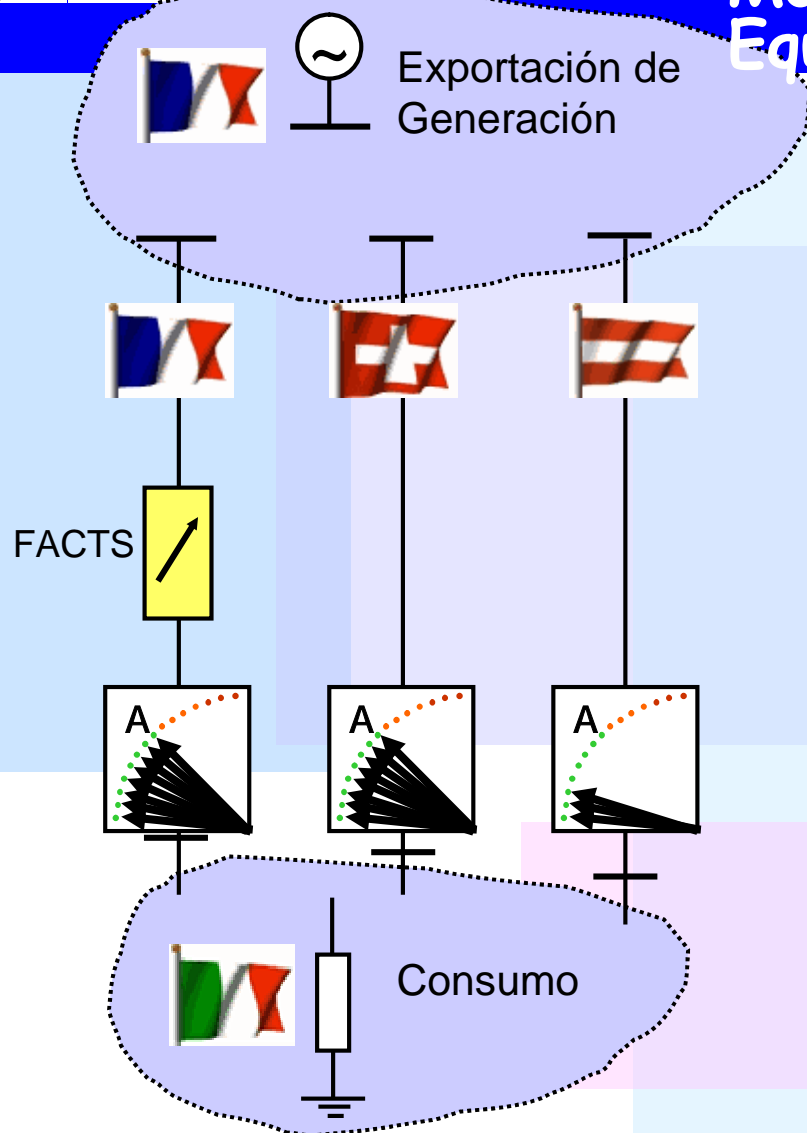
© PD Dr.-Ing. Christian Rehtanz - 25



Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



## Motivación: Apagón en Italia, 2003 Equipos FACTS

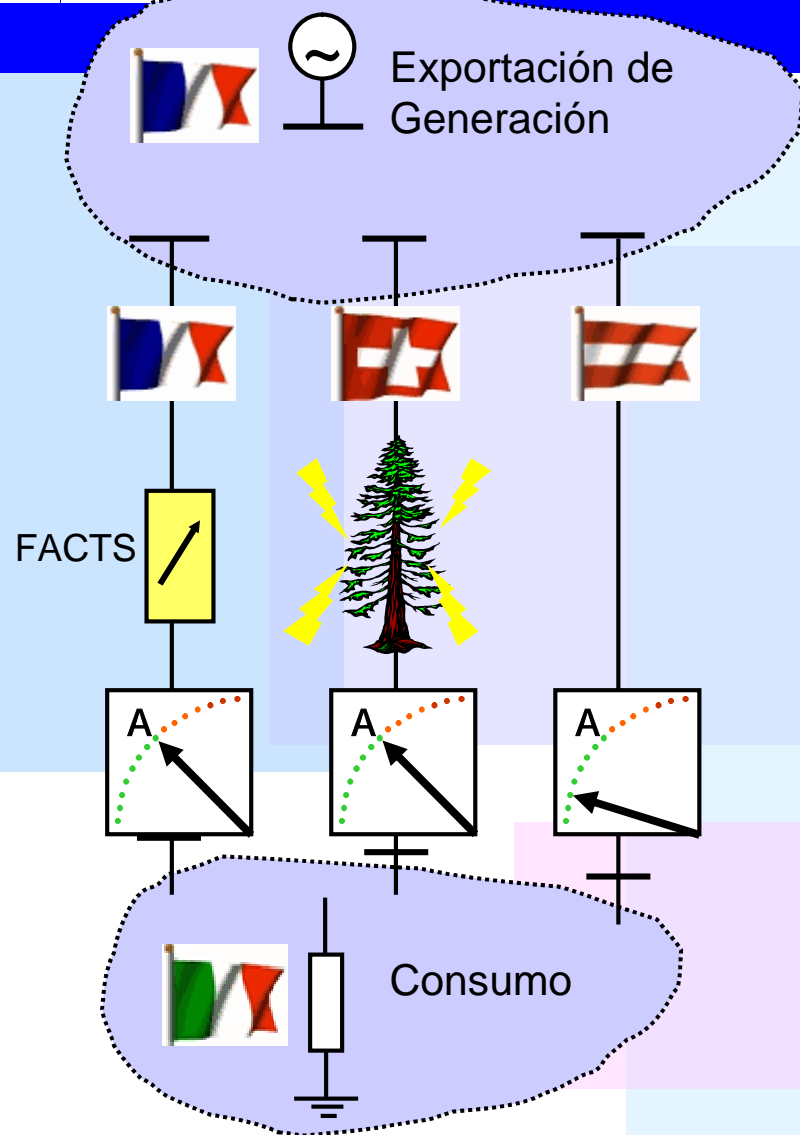


© PD Dr.-Ing. Christian Rehtanz - 26

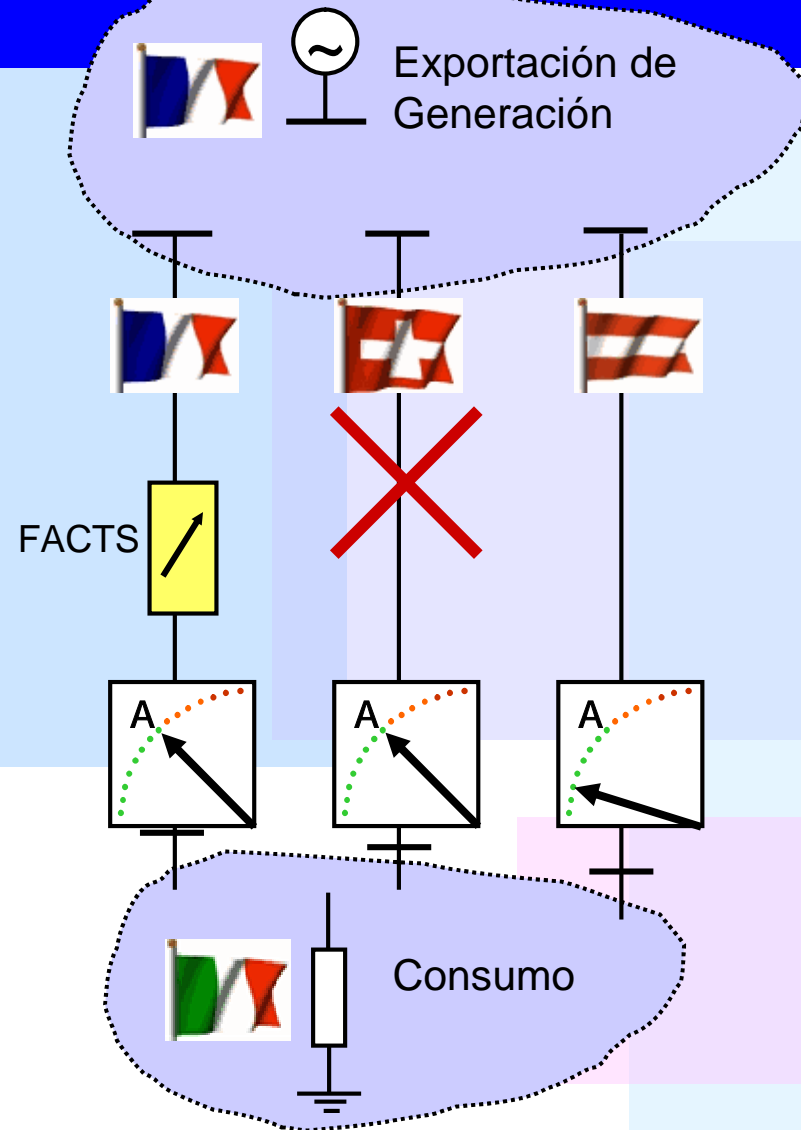


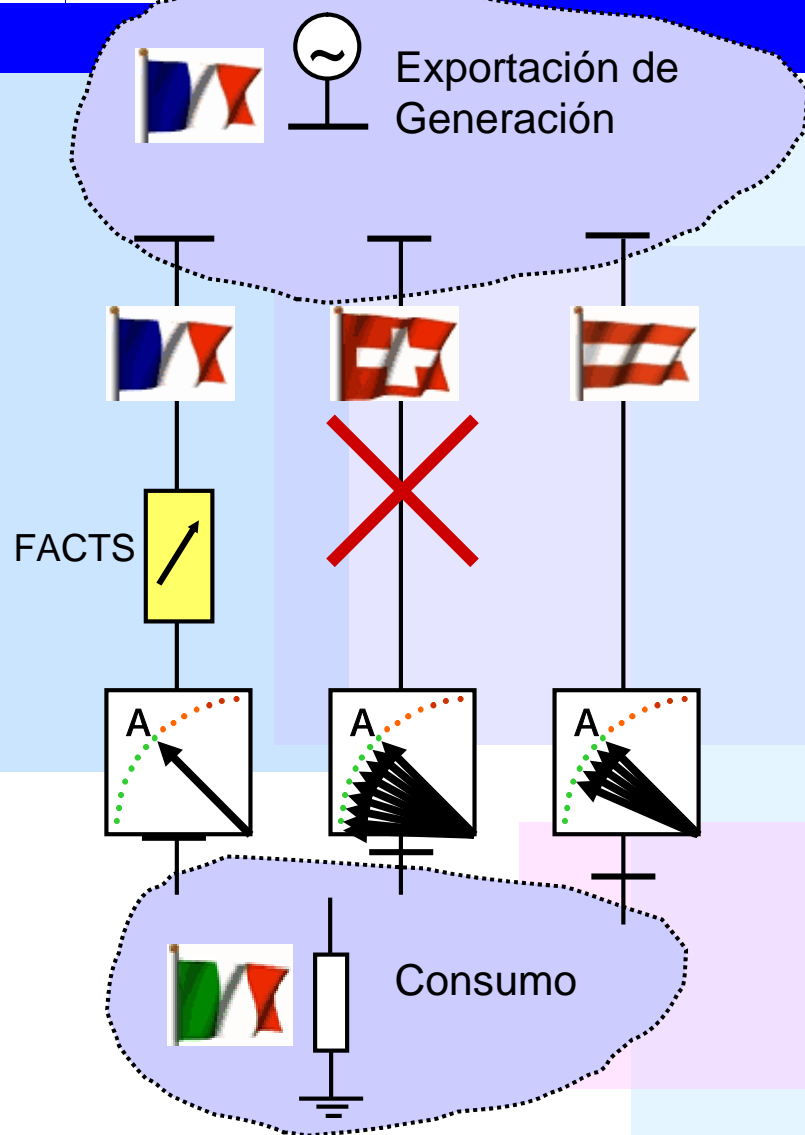


Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



© PD Dr.-Ing. Christian Rehtanz - 27

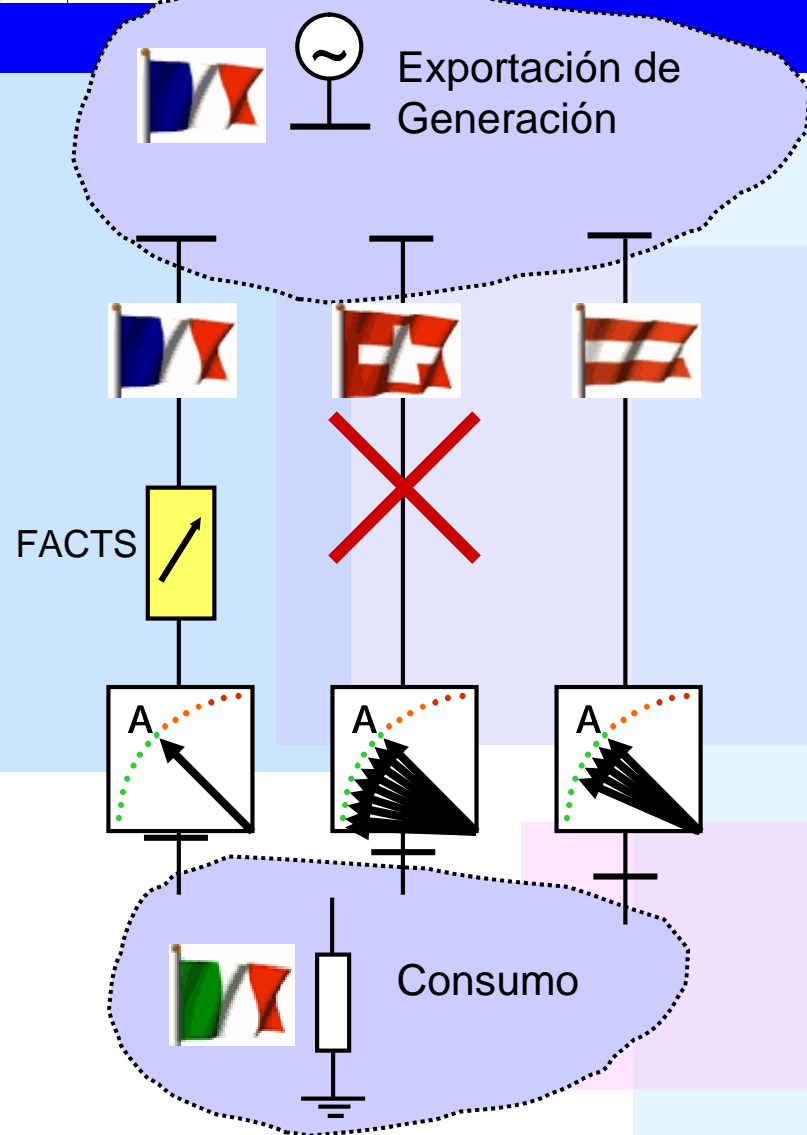








Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



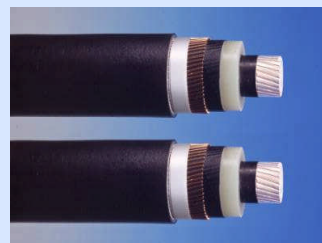
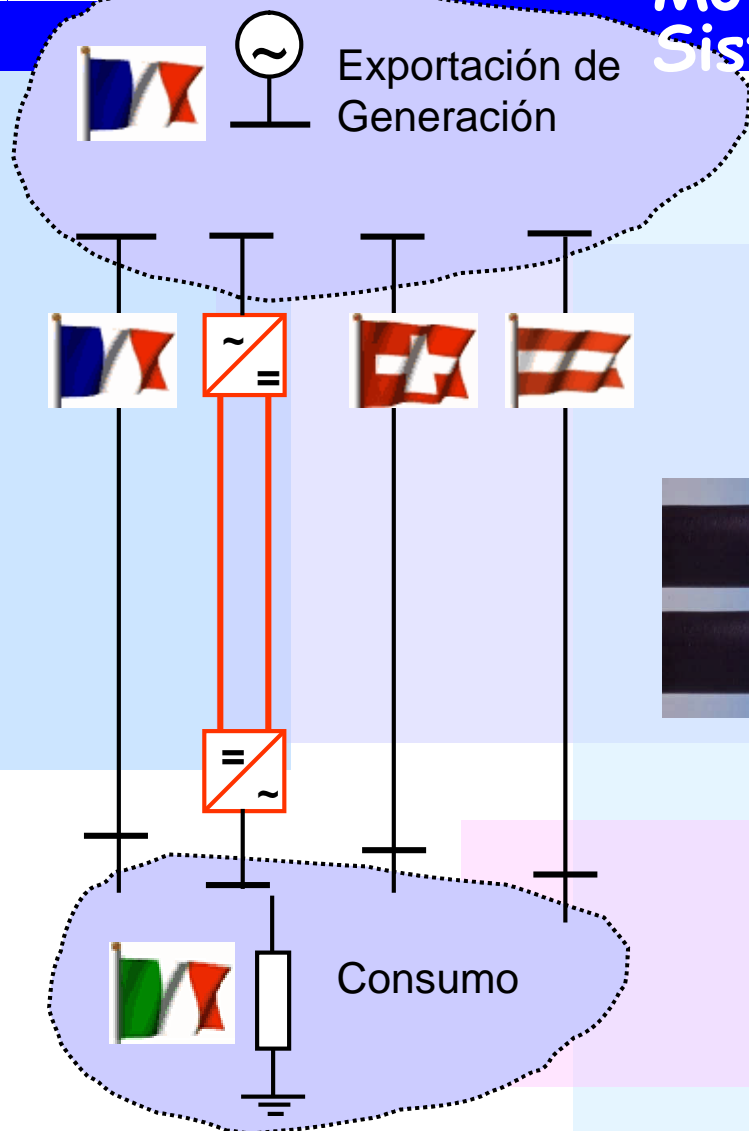
© PD Dr.-Ing. Christian Rehtanz - 30



Escuela de  
Ingeniería  
Universidad  
de Chile



## Motivación: Apagón en Italia, 2003 Sistema HCDC



Cable CC  
HVDC light



Línea aérea  
trifásica convencional



© PD Dr.-Ing. Christian Rehtanz - 31



## Motivación: Desafío Multidisciplinario

- Tecnologías en el Area de Sistemas de Potencia
- Electrónica y Electrónica de Potencia
- Mercados Eléctricos - Economía
- Aspectos Legales y Regulatorios
- Telecomunicaciones
- Relación con otras disciplinas