



Curso DIgSILENT Power Factory v 15.1

ESTABILIDAD EN SISTEMAS DE POTENCIA

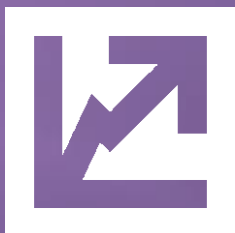


MÓDULO 2 ESTABILIDAD EN Tensión

SANTIAGO, Agosto 2014

Javier H. Vives

vives@estudios-electricos.com



www.estudios-electricos.com

EE Temática y Objetivos

Objetivos

- Describir los fenómenos involucrados
- Presentar las exigencias normativas
- Presentar las soluciones utilizadas para el control de la inestabilidad

Temas Principales

Conceptos

- Definiciones para el estudio de la estabilidad en tensión

Métodos de Análisis

- Herramientas para el estudio:

Control de la Inestabilidad

- Equipos y métodos de control existentes en los SEP: Funcionamiento y Operación



Estabilidad en Tensión

Conceptos

EE Generalidades

Definiciones

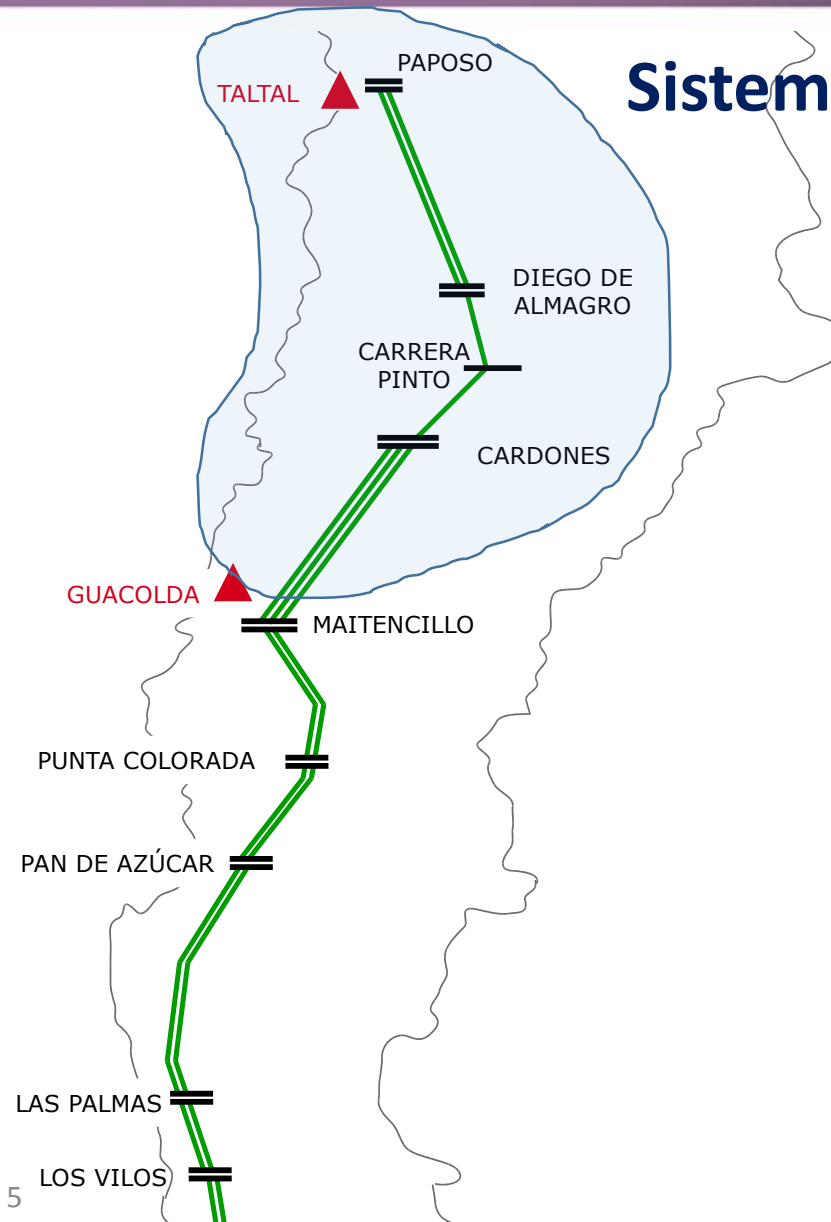
- La **estabilidad en tensión** resulta la habilidad del sistema de potencia para mantener tensiones aceptables en todas las barras del sistema bajo condiciones operativas normales y luego de ser sometido a una perturbación.
- El sistema entra en un estado de **inestabilidad en tensión** cuando una perturbación, modificación en la demanda, o cambio en las condiciones del sistema causa un progresivo e incontrolable decaimiento de la tensión.

 El principal factor que provoca la inestabilidad resulta la insuficiencia del sistema para satisfacer la demanda de potencia reactiva.

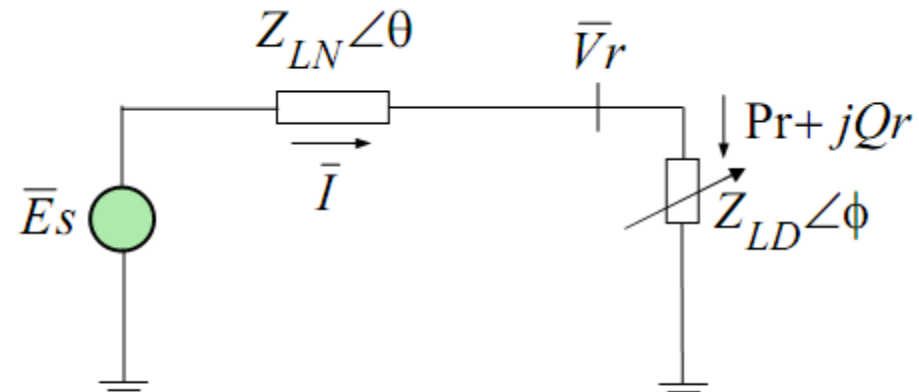
 La inestabilidad de tensión es esencialmente un fenómeno local, sin embargo sus consecuencias pueden tener un impacto global sobre el sistema.



Sistema Radial



Representación



$$\bar{I} = \frac{\bar{E}_s}{\bar{Z}_{LN} + \bar{Z}_{LD}}$$

$$\bar{Z}_{LN} = Z_{LN} \angle \theta$$

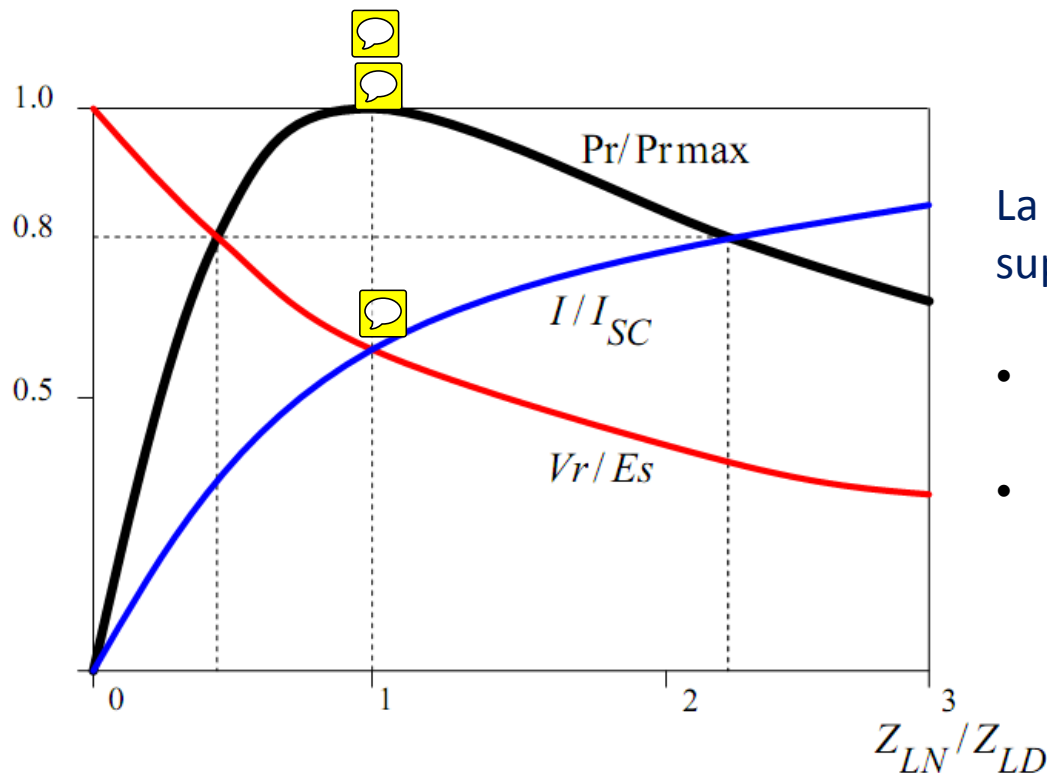
$$\bar{Z}_{LD} = Z_{LD} \angle \phi$$



Sistema Radial

$$\bar{I} = \frac{E_s}{\sqrt{(Z_{LN} \cos \theta + Z_{LD} \cos \phi)^2 + (Z_{LN} \sin \theta + Z_{LD} \sin \phi)^2}}$$

$$F = 1 + \left(\frac{Z_{LD}}{Z_{LN}} \right)^2 + 2 \left(\frac{Z_{LD}}{Z_{LN}} \right) \cos(\theta - \phi)$$



La estabilidad en estos casos estará supeditada al tipo de carga:

- Z constante $\rightarrow$ estable en un valor inferior de U
- P constante $\rightarrow$ inestable

$$Pr = Vr I \cos \phi = \frac{Z_{LD}}{F} \left(\frac{E_s}{Z_{LN}} \right)^2 \cos \phi, \text{ cuando } \cos \phi = 1 \text{ } Pr = P_{MAX}$$



Exigencias Normativas



Control de Tensión

- Conjunto de acciones destinadas a mantener la tensión de operación dentro de los niveles admisibles.



Estado Normal - Alerta

- 0,97 (0,95) y 1,03 (1,05) por unidad, para instalaciones del ST con tensión nominal igual o superior a 500 [kV].
- 0,95 (0,93) y 1,05 (1,07) por unidad, para instalaciones del ST con tensión nominal igual o superior a 200 [kV] e inferior a 500 [kV].
- 0,93 (0,90) y 1,07 (1,10) por unidad, para instalaciones del ST con tensión nominal inferior a 200 [kV]. 

 En Estado Normal, el control de las tensiones del SI dentro de la banda de regulación permitida deberá efectuarse manteniendo la potencia reactiva de las unidades generadoras dentro del Diagrama P-Q. 

 En Estado de Alerta, la potencia reactiva aportada por cada unidad generadora sincrónica deberá poder alcanzar el 100% de la capacidad máxima definida en el diagrama P-Q de cada unidad, por un tiempo no superior a 30 minutos, siempre que la tensión en los terminales de la unidad esté comprendida en los rangos admisibles. 



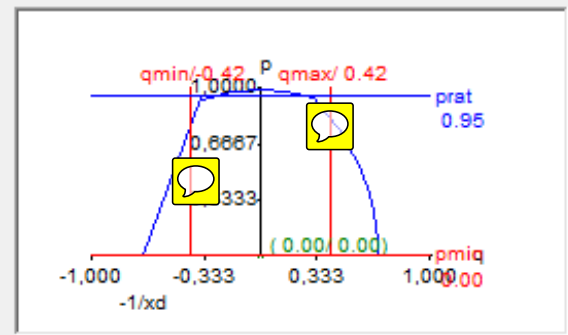
Exigencias Normativas

Curvas de Capacidad



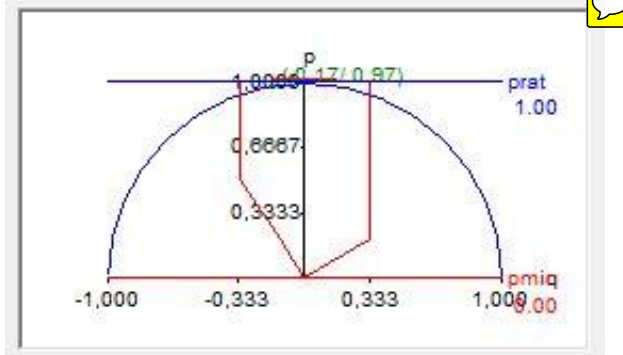
Generador Sincrónico

Capability Curve



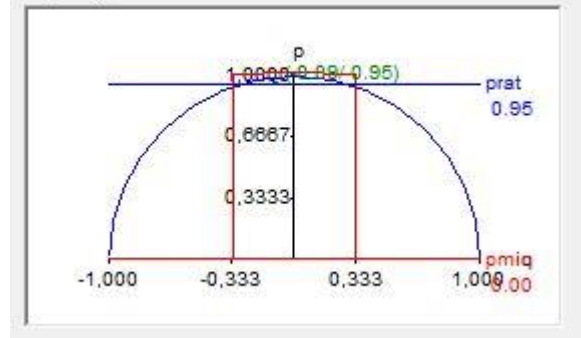
Parque Eólico

Capability Curve



Parque Solar

Capability Curve



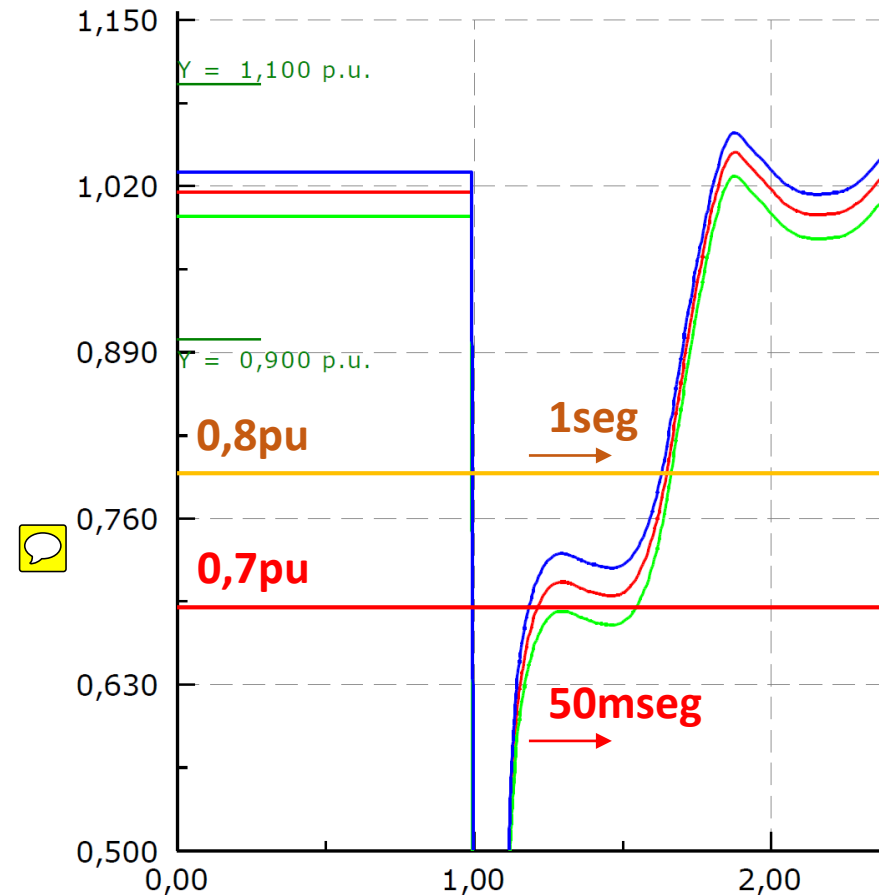


Exigencias Normativas



Recuperación Dinámica

- Encontrándose en Estado Normal al ocurrir una Contingencia hasta severidad 7, la tensión no deberá descender transitoriamente por debajo de 0,70 por unidad luego de 50 [ms] de despejada la contingencia, en ninguna barra del ST.
- La tensión tampoco podrá permanecer por debajo de 0,80 por unidad, por un tiempo superior a 1 segundo. La magnitud de la tensión en todas las barras del SI deberá converger a su valor final, ingresando dentro de una banda de tolerancia de $\pm 10\%$ en torno al mismo, en un tiempo no superior a 20 segundos, medido desde el instante de ocurrencia de la contingencia.



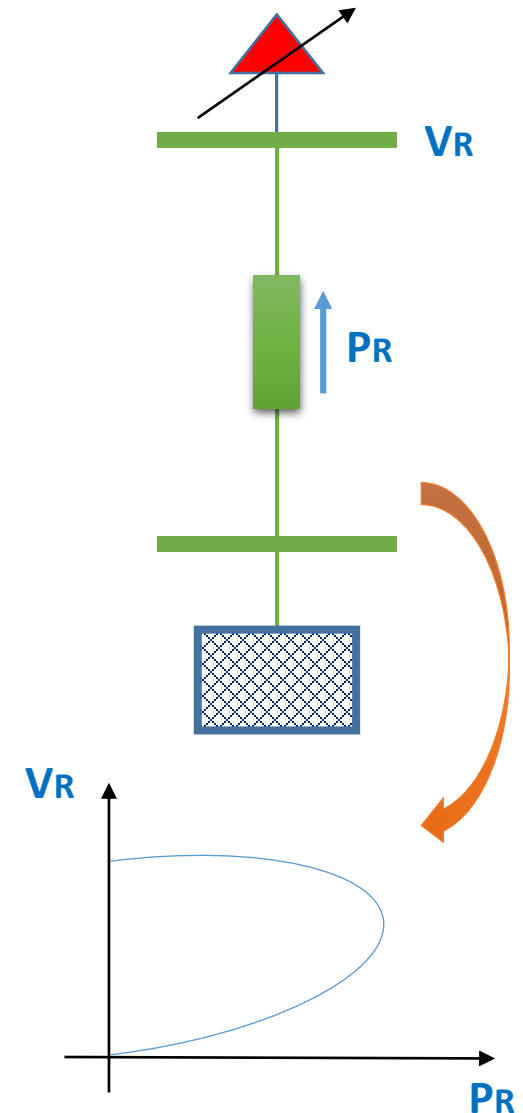


Estabilidad en Tensión

Métodos de Análisis

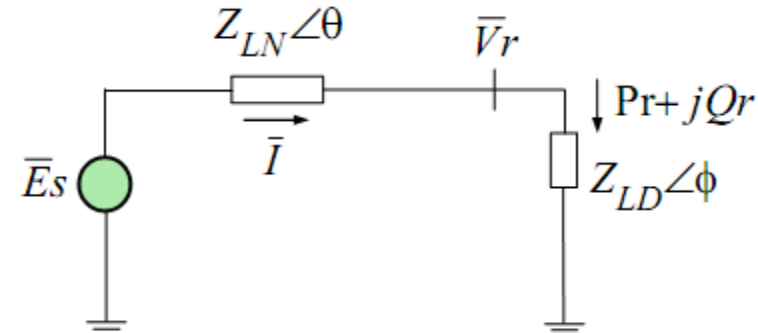
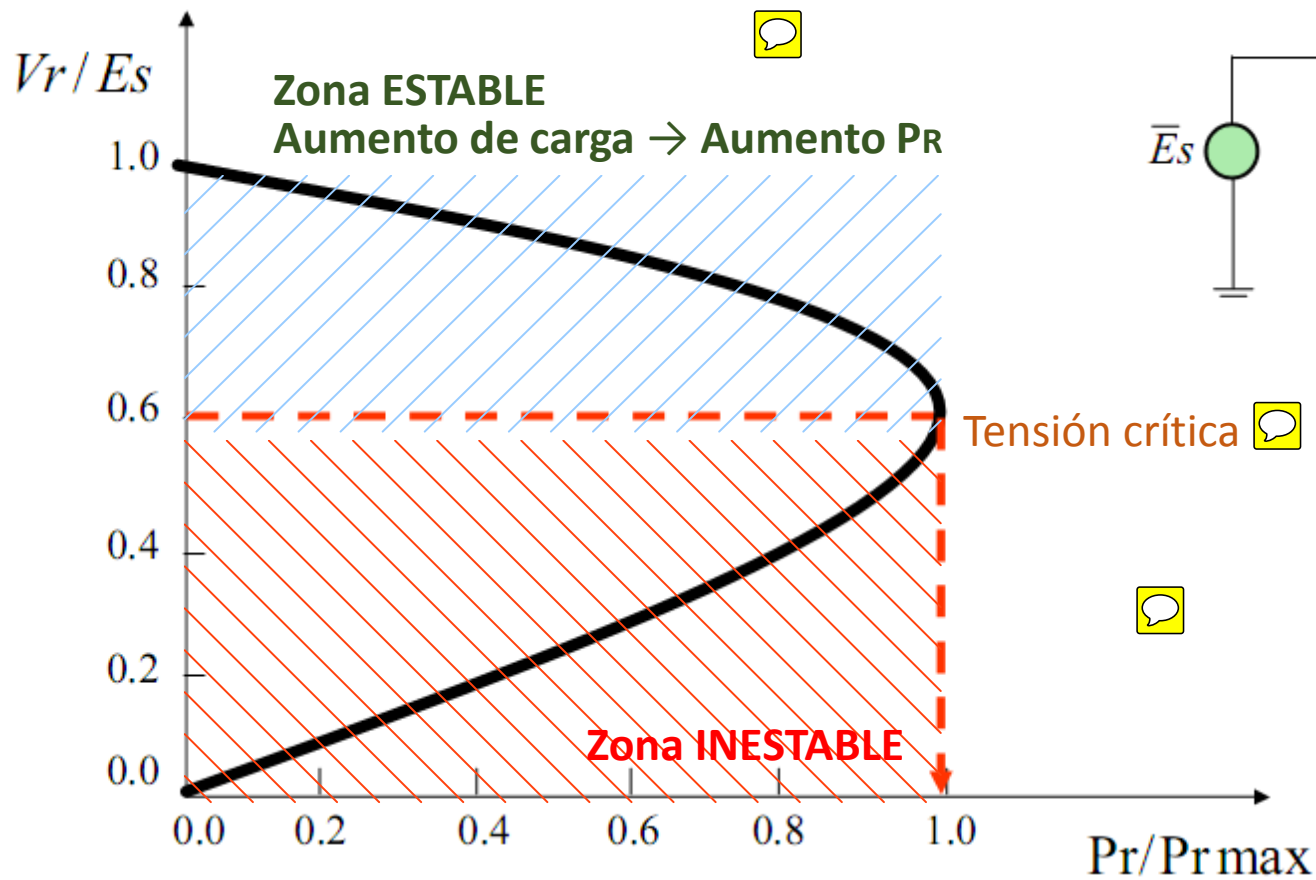
EE Curvas P-V

-  Las curvas PV relacionan la potencia transportada hacia un nodo en función de la tensión del nodo.
-  Se construyen mediante sucesivos flujos de potencia, incrementando levemente en cada uno de ellos la potencia activa de la demanda del nodo.
-  Sin embargo, a medida que la tensión se acerca al valor crítica, normalmente el método de resolución numérica del flujo “NO CONVERGE”.
-  Para analizar la inestabilidad en tensión se requiere conocer:
 - límites de sobreexcitación de generadores
 - composición de la carga
 - cambiadores de taps de transformadores





Curvas P-V

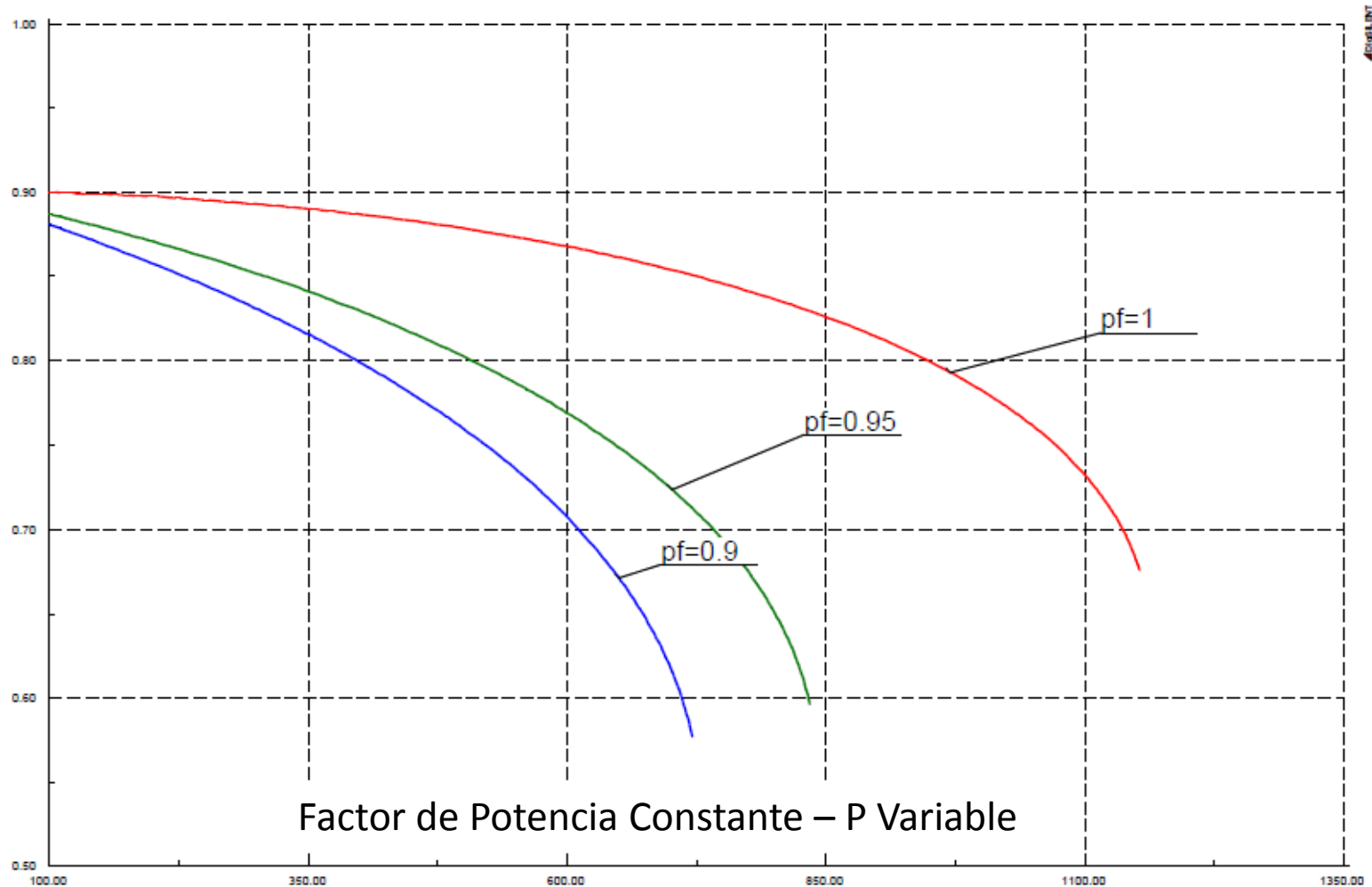


$P_{\max}$ es la potencia máxima transportada para $\cos \phi = 1$



Curvas P-V

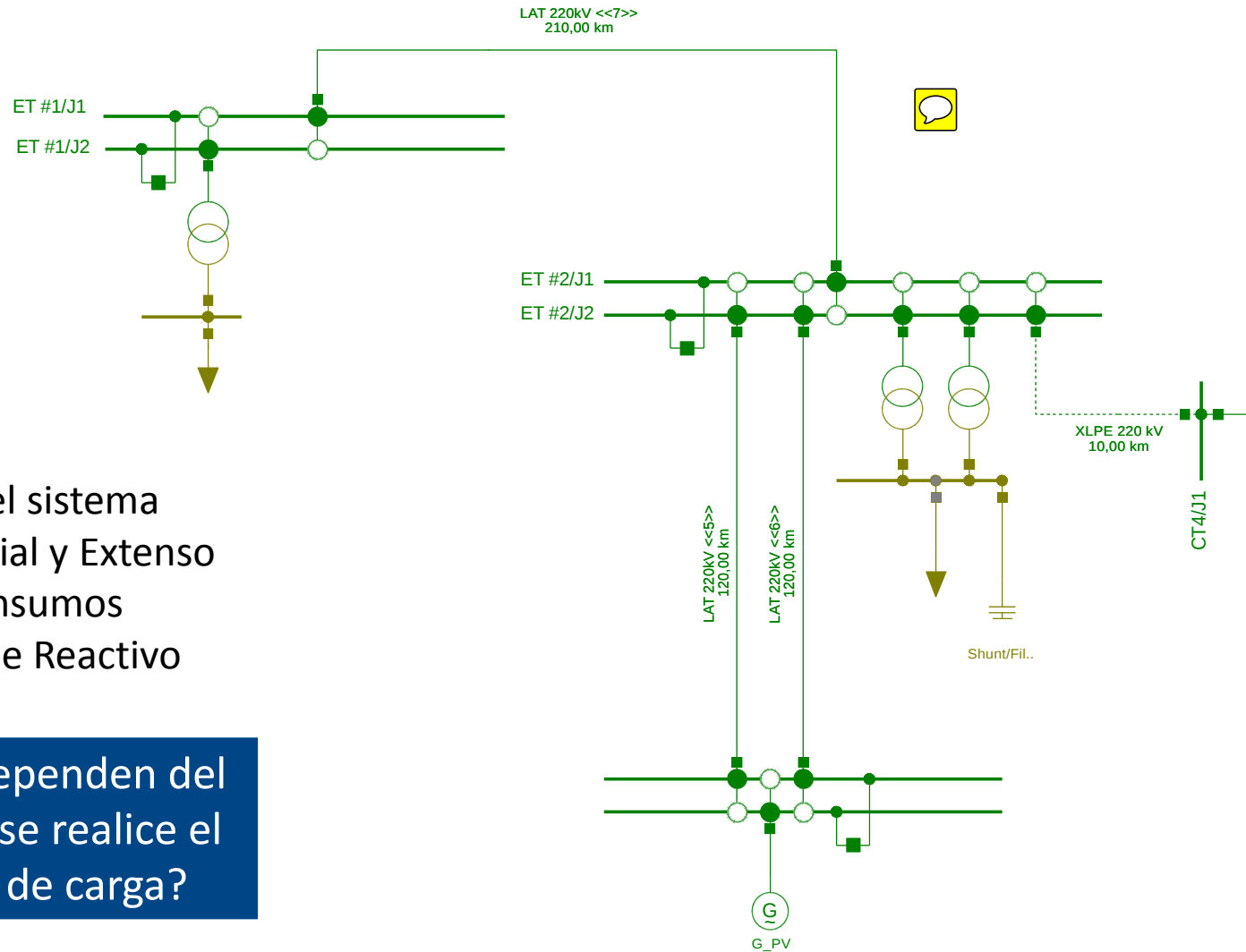
Influencia del Factor de Potencia





Curvas P-V

Caso de Estudio



Características del sistema

- Sistema Radial y Extenso
- Grandes Consumos
- Sin Aporte de Reactivo

¿Las curvas dependen del punto donde se realice el incremento de carga?



Curvas P-V

Existe una rutina para su creación

- Scripts
 - Coordination Wizard
 - Previous Versions
 - Subroutines
 - Cable Sizing
 - CalcRelayImpedances
 - ContingencyZsweep
 - Contribution to Reliability Indices
 - Efficiency ratio calculation
 - FaultReport
 - Harmonic Contingency Analysis
 - HermanBeta
 - Impedance Loci
 - Loss-Sensitivities
 - PV Curves
 - QV Curves
 - RadialFeedersReport
 - Region Boundary
 - RunRelForStudyCases

Tensión ET #1 220kV en función de la potencia de la carga

→ **ROJO**: Incremento de la carga en ET #1, la carga en ET #2 es constante.

→ **VERDE**: Incremento de las cargas manteniendo la relación de potencia entre ellas.

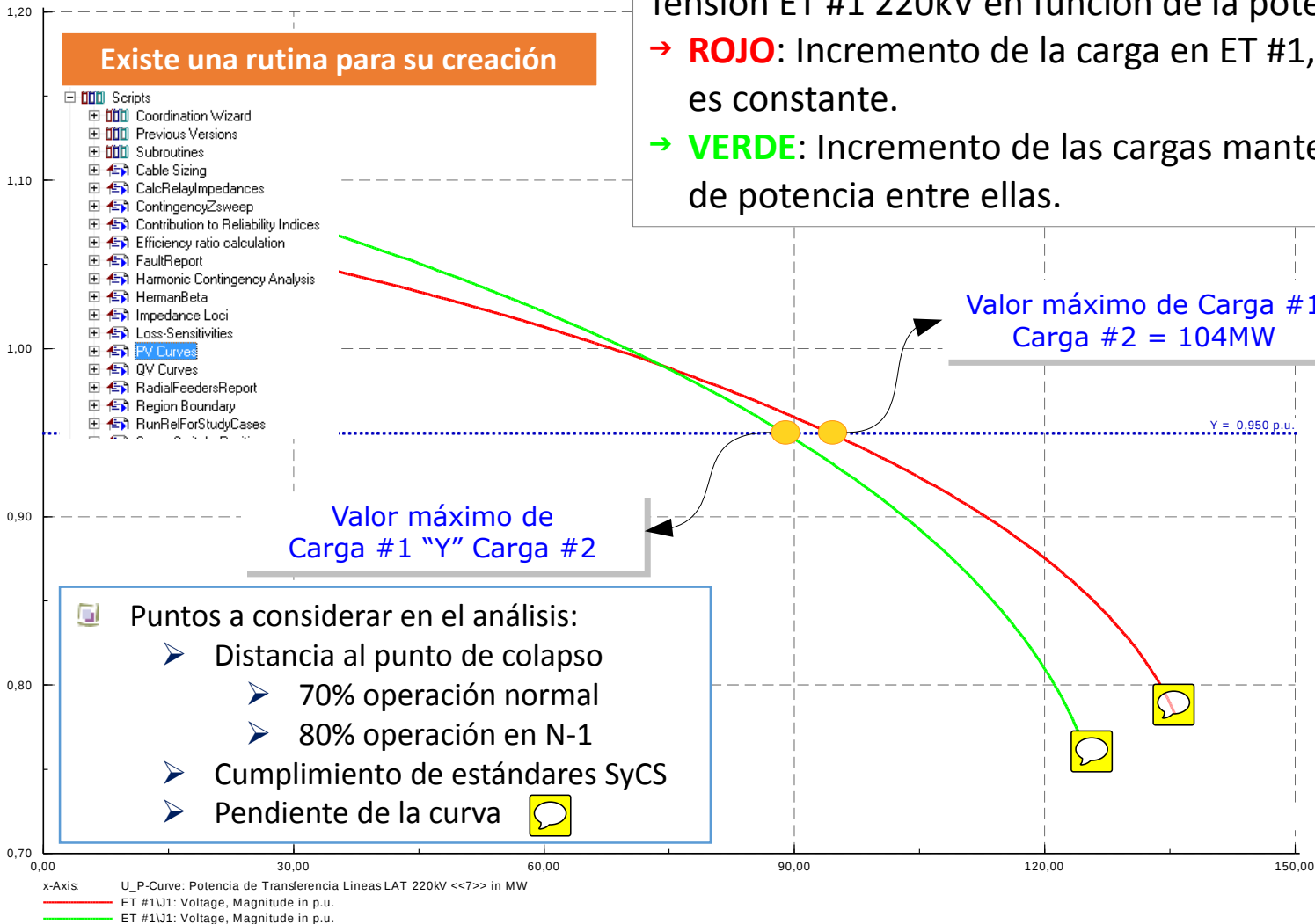
Valor máximo de Carga #1
Carga #2 = 104MW

Valor máximo de
Carga #1 "Y" Carga #2

$Y = 0,950 \text{ p.u.}$

Puntos a considerar en el análisis:

- Distancia al punto de colapso
 - 70% operación normal
 - 80% operación en N-1
- Cumplimiento de estándares SyCS
- Pendiente de la curva

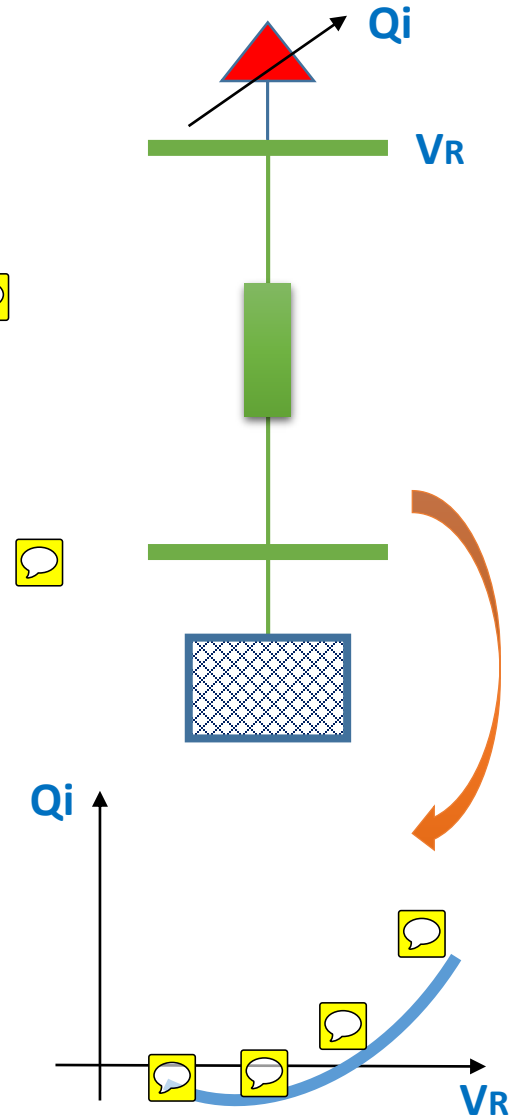




Curvas Q-V

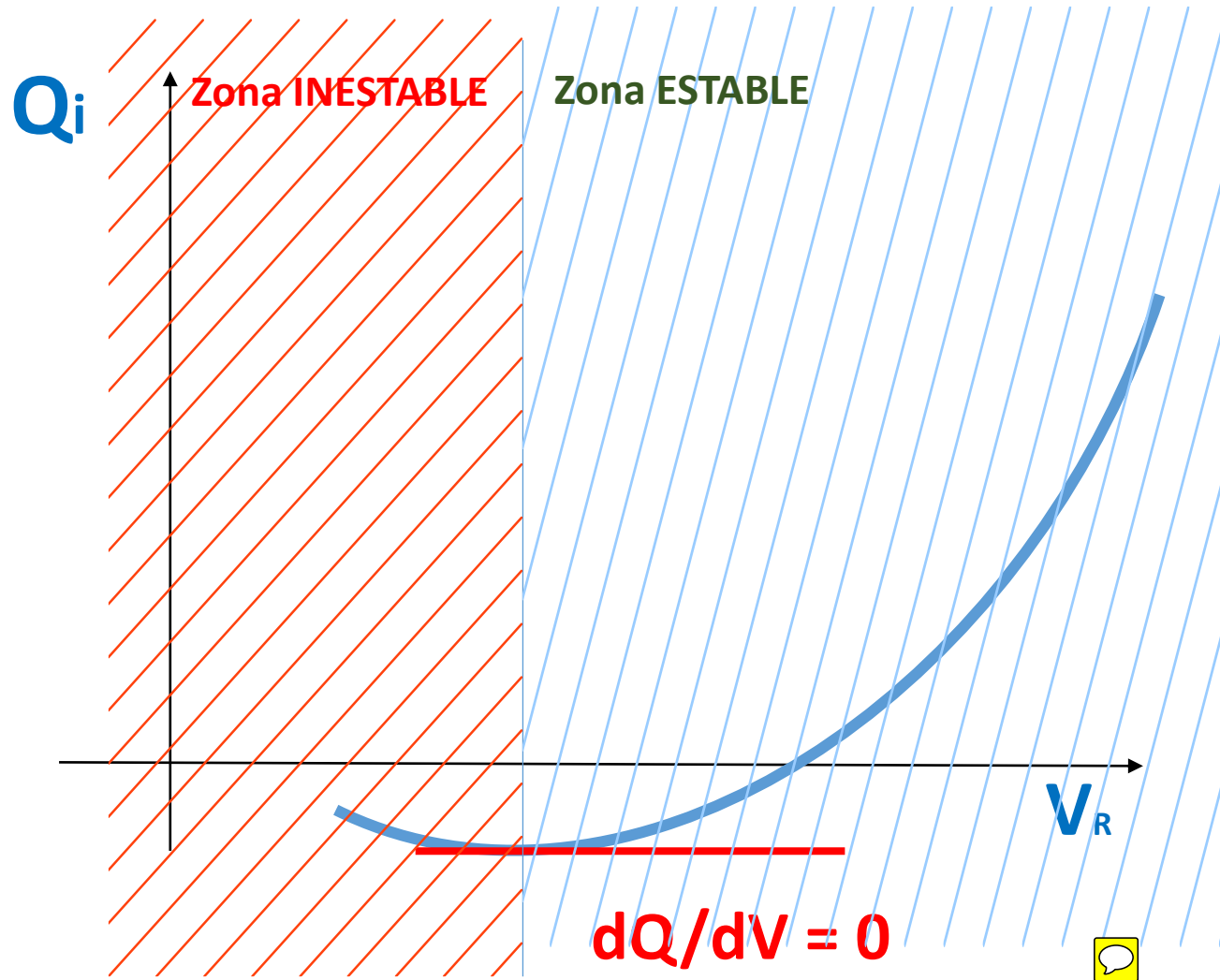


-  Las curvas QV indican como la variación de potencia reactiva afecta la tensión de un nodo.
-  Se construyen mediante sucesivos flujos de potencia, incrementando/disminuyendo levemente en cada uno de ellos la potencia reactiva de la demanda del nodo.
-  Permite detectar los puntos de operación que se encuentran cercanos a la inestabilidad por consumo de potencia reactiva.
-  Para analizar la inestabilidad en tensión se requiere conocer:
 - límites de sobreexcitación de generadores
 - composición de la carga
 - cambiadores de taps de transformadores



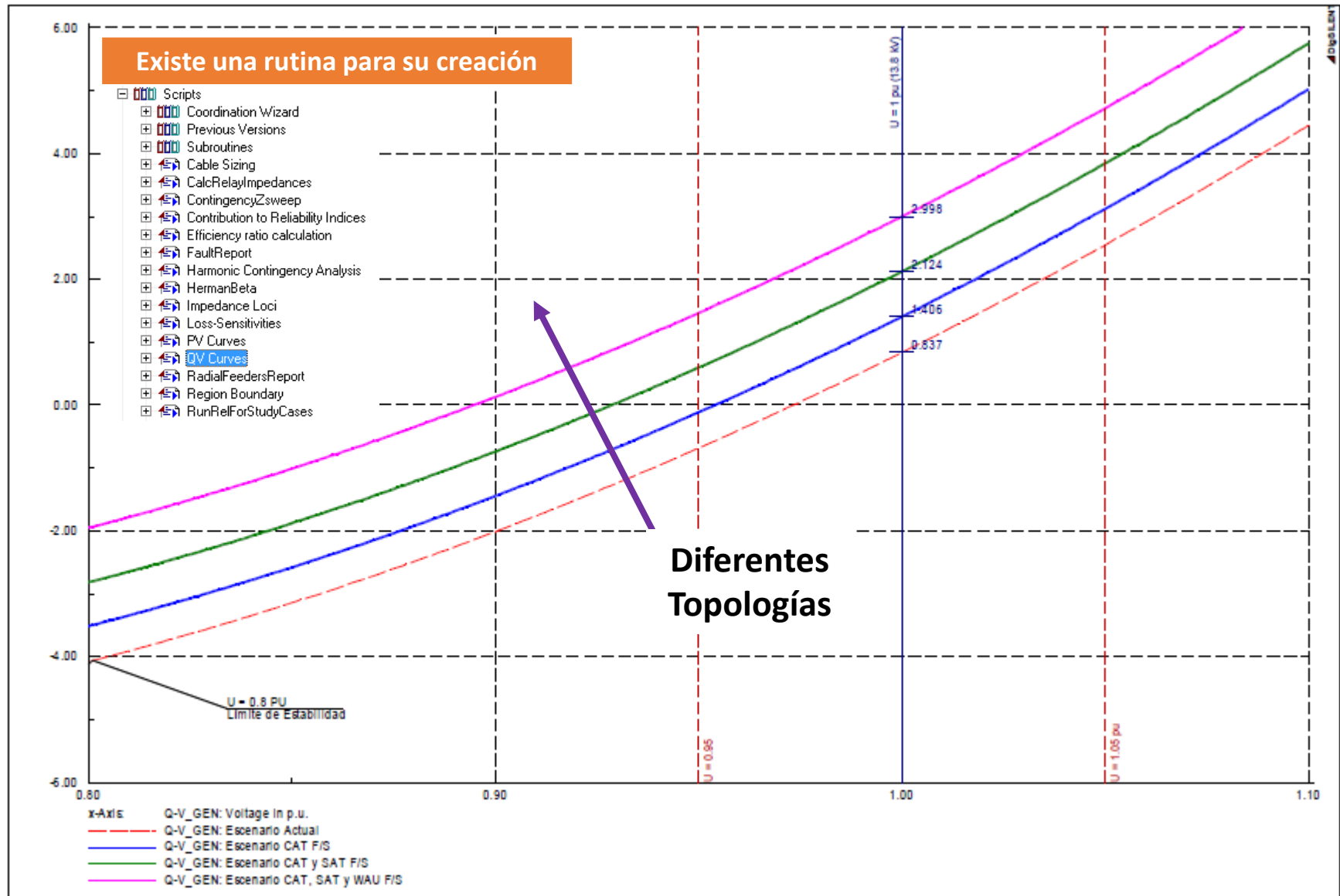


Curvas Q-V





Curvas Q-V



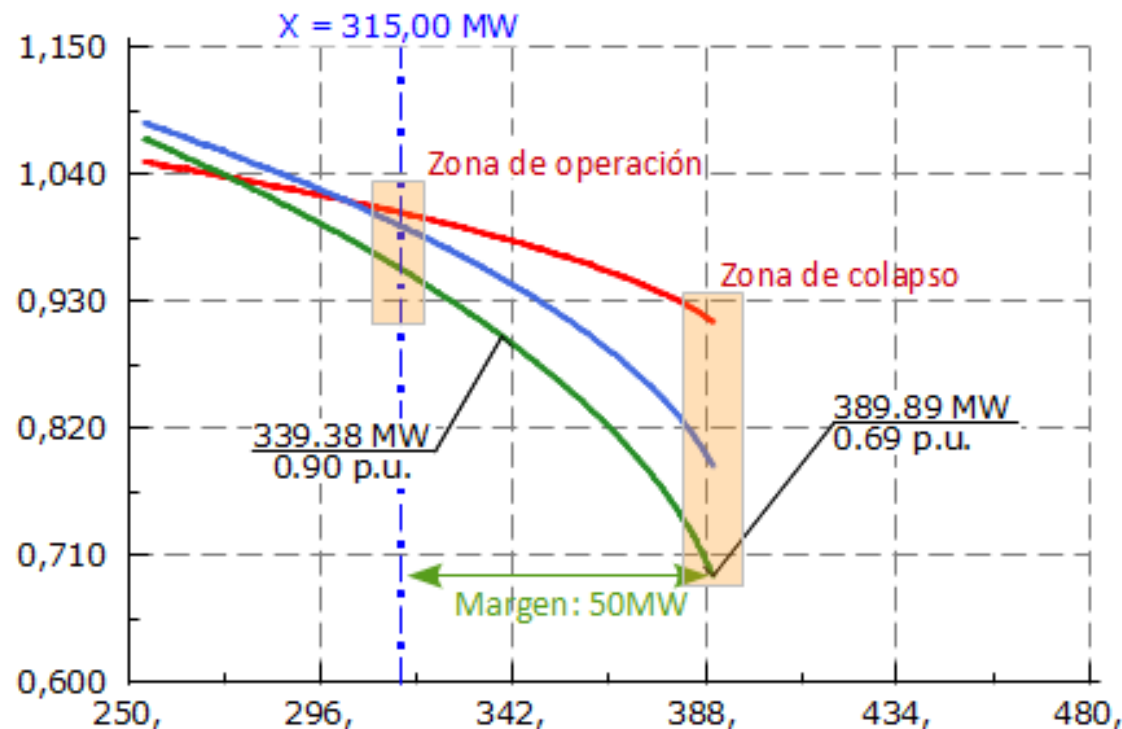
EE Sensibilidad



Niveles de sensibilidad

-  Permite evaluar el punto de operación, calculando las variaciones en tensión que provoca un leve incremento de potencia activa o reactiva en la red.
-  Pendiente de la curva PV (QV) en el punto de operación
-  Se especifica en %/MW (%/MVar) o pu/MW (pu/MVar)
-  Métodos de cálculo:
 - Manual
 - **Power Factory**
(Load Flow Sensitivities)

Resulta útil para evaluar la condición en la que permanece el sistema luego de producida una contingencia





Sensibilidad

Método manual

Variaciones de 1MW
(0MVar) en distintos
consumos de la red, y
análisis de las variaciones de
tensión

Punto más crítico

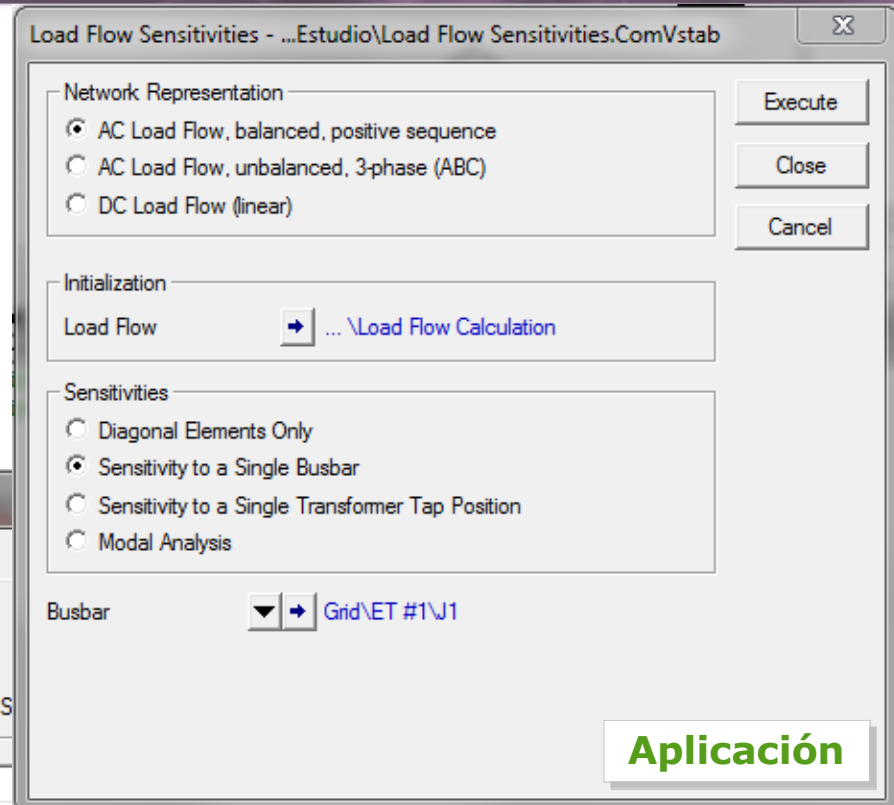
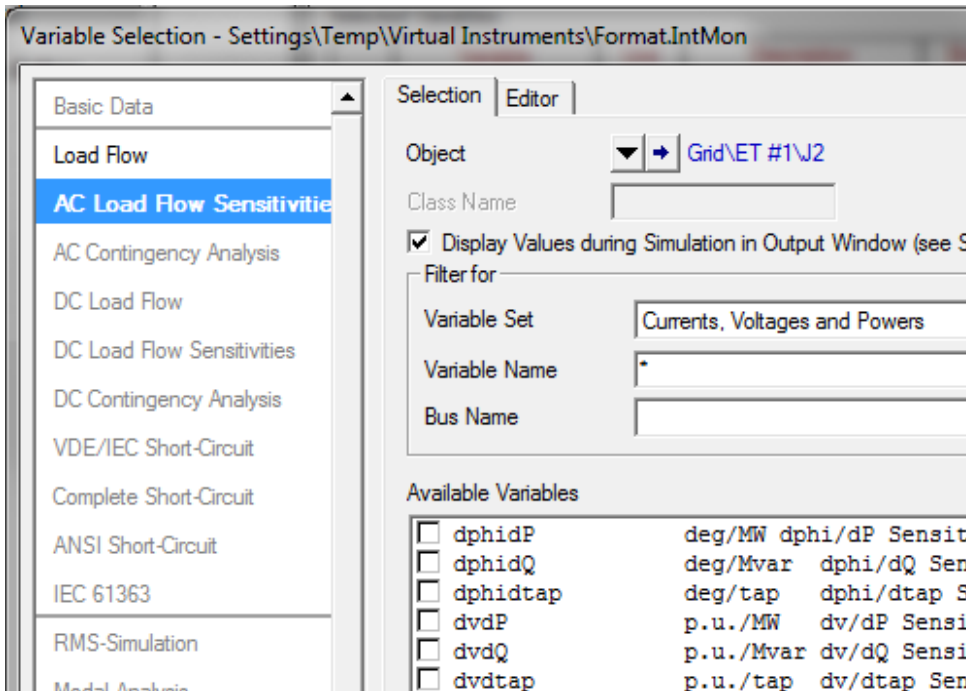
ESTUDIOS DE SENSIBILIDAD								
	Caso Base		Carga 14 (ET #1) +1 MW			Carga 09 (ET #2) +1 MW		
Tensiones	kV	pu	kV	pu	ΔV	kV	pu	ΔV
ET #1	219,20	0,996	218,90	0,995	0,14%	219,10	0,996	0,05%
ET #2	226,60	1,030	226,50	1,030	0,05%	226,50	1,030	0,05%
ET #3	224,60	1,021	224,60	1,021	0,00%	224,60	1,021	0,00%
Transferencias	MW	MVar	MW	MVar	ΔQ	MW	MVar	ΔQ
ET #3 - 500/220kV	158,43	12,65	159,39	13,25	0,60	159,35	13,10	0,45
ET #3 - 132/220kV	30,64	-28,79	30,74	-28,81	-0,02	30,74	-28,82	-0,03
ET #3 - ET #2 220kV	99,00	-46,12	100,06	-45,52	0,60	100,02	-45,68	0,44
ET #2 - ET #1 220kV	74,13	-2,35	75,17	-1,49	0,86	74,13	-2,31	0,04
Centrales	MW	MVar	MW	MVar	ΔQ	MW	MVar	ΔQ
Parque Eólico	80,00	33,98	80,00	34,41	0,43	80,00	34,30	0,32
Equipos de Compensación	MW	MVar	MW	MVar	ΔQ	MW	MVar	ΔQ
SVS	-	13,72	-	13,66	-0,06	-	13,67	-0,05
Totales	MW	MVar		MVar	ΔQ		MVar	ΔQ
-	-	-64,61	-	-62,57	2,04	-	-63,71	0,90

EE Sensibilidad

Power Factory → Load Flow Sensitivities



Linealiza las ecuaciones del sistema sobre el punto de operación, y sobre la base de la matriz Jacobiana determina las relaciones dv/dP y dv/dQ .

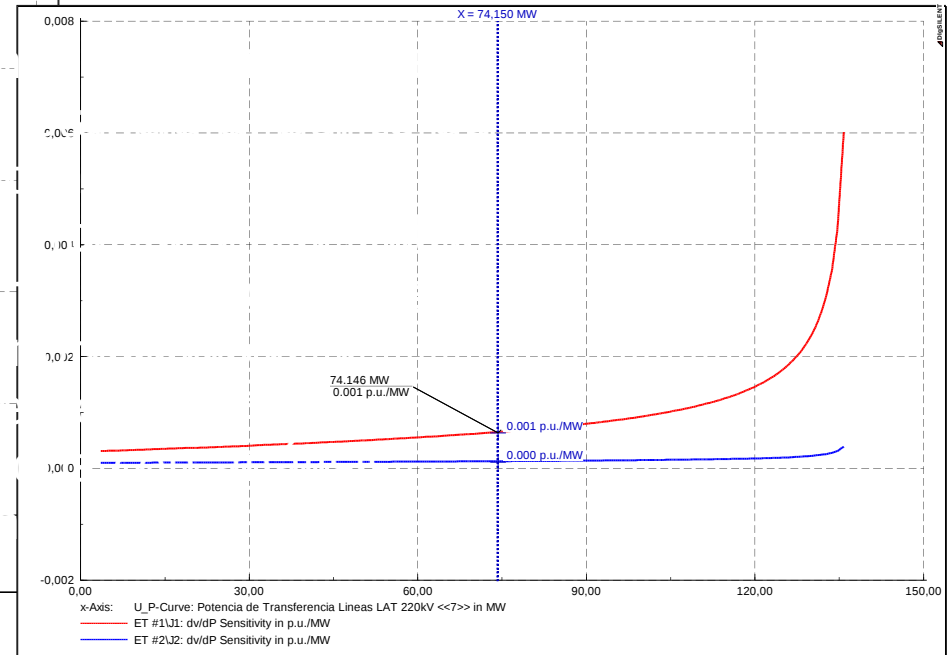
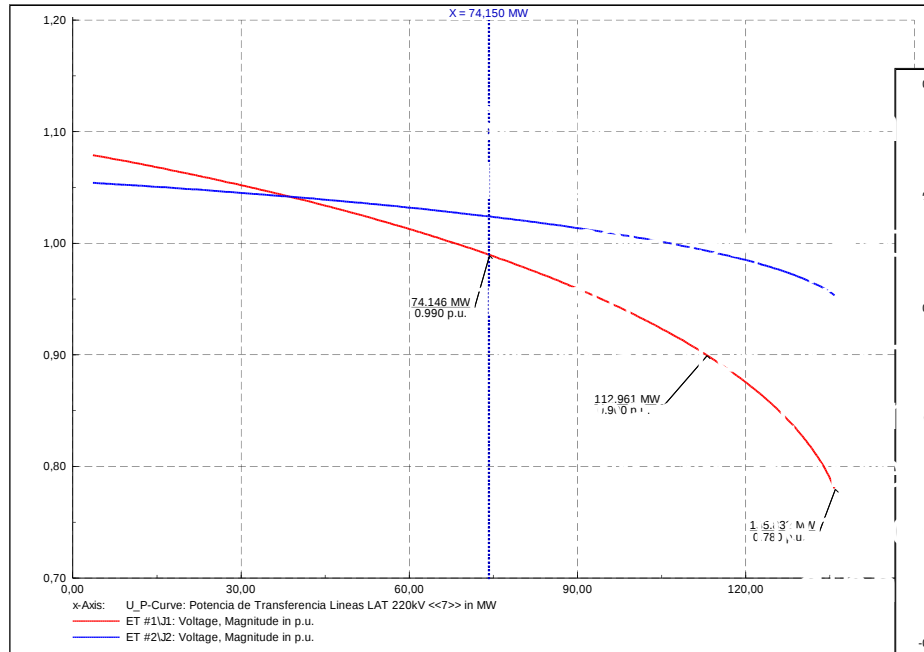


Aplicación

Visualización de resultados

EE Sensibilidad

Curvas de Sensibilidad dV/dP



Son muy útiles para analizar el punto de operación, la distancia al punto de colapso, y estimar límites de transmisión, sin embargo no resultan indicadores restrictivos (no existen parámetros normativos), y necesariamente deben ser complementados con análisis dinámicos

EE Ejercicio M2.1

1. Curvas PV

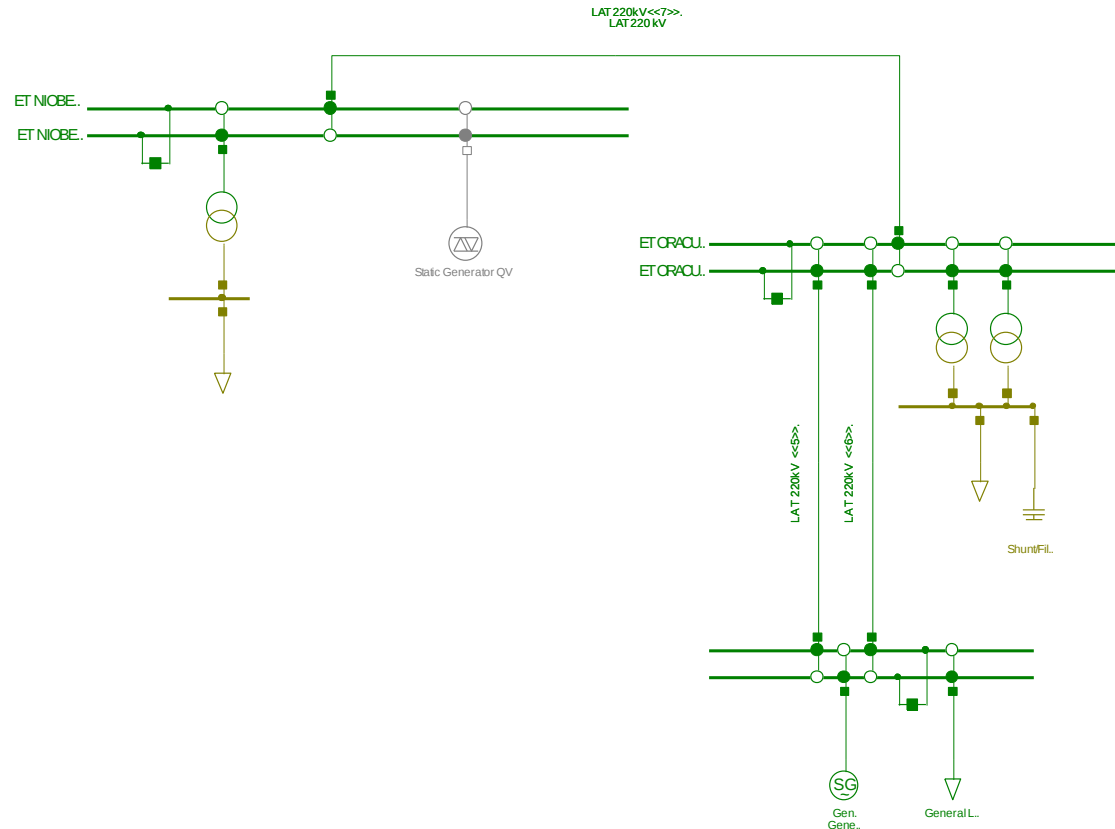
- Graficar la curva PV para condiciones de demanda Alta y Baja sobre la Barra de 220kV de la ET NIOBE.

2. Curvas PQ

- Graficar la curva QV para condiciones de demanda Alta y Baja sobre la Barra de 220kV de la ET NIOBE.

3. Sensibilidad

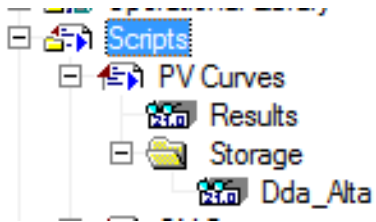
- Calcular y comparar la sensibilidad dv/dP para los escenarios de demanda alta y baja en barras de NIOBE 220kV



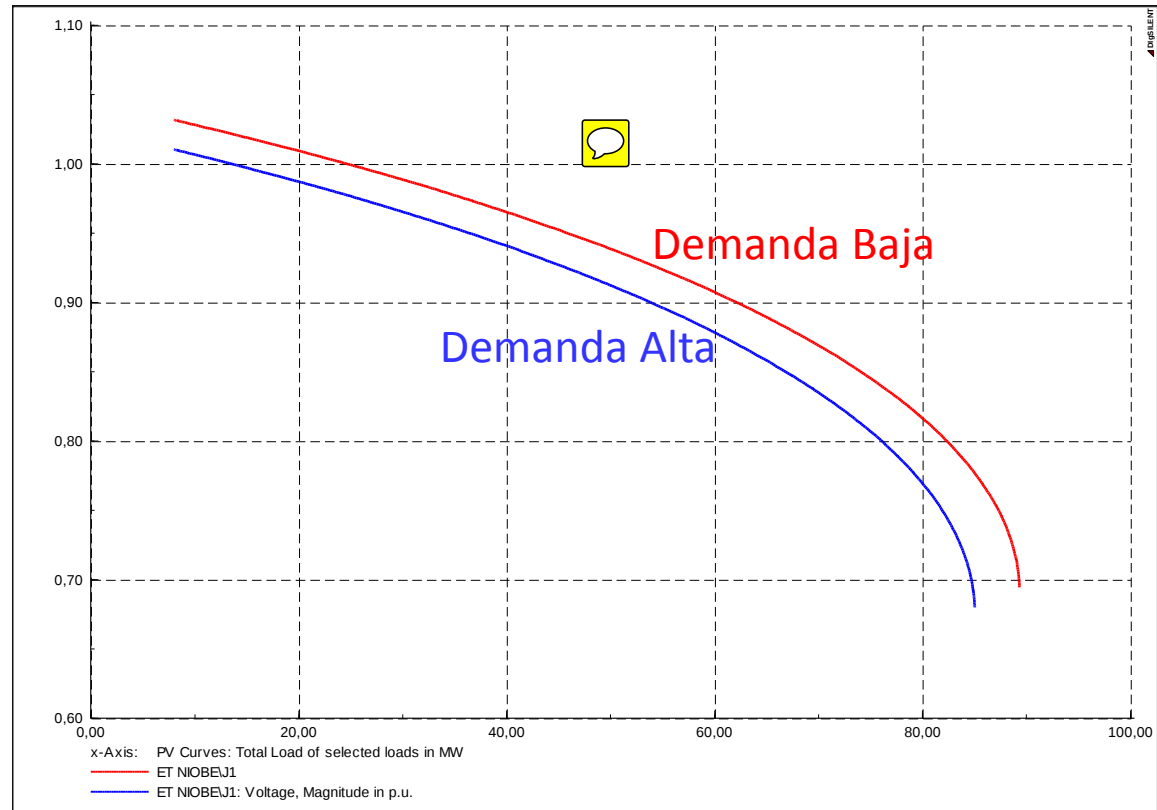
EE Ejercicio M2.1

1. Curvas PV

- Graficar la curva PV para condiciones de demanda Alta y Baja sobre la Barra de 220kV de la ET NIOBE.



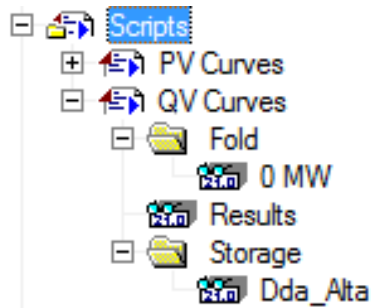
- Ejecutar la DPL “PV Curves” en el escenario de Demanda Alta.
- Guardar los “Results” dentro de la carpeta “Storage”. Nombrarlos “Dda_Alta”.
- Ejecutar nuevamente la DPL con el escenario de Demanda Baja activo.
- Graficar ambas curvas en un mismo gráfico.



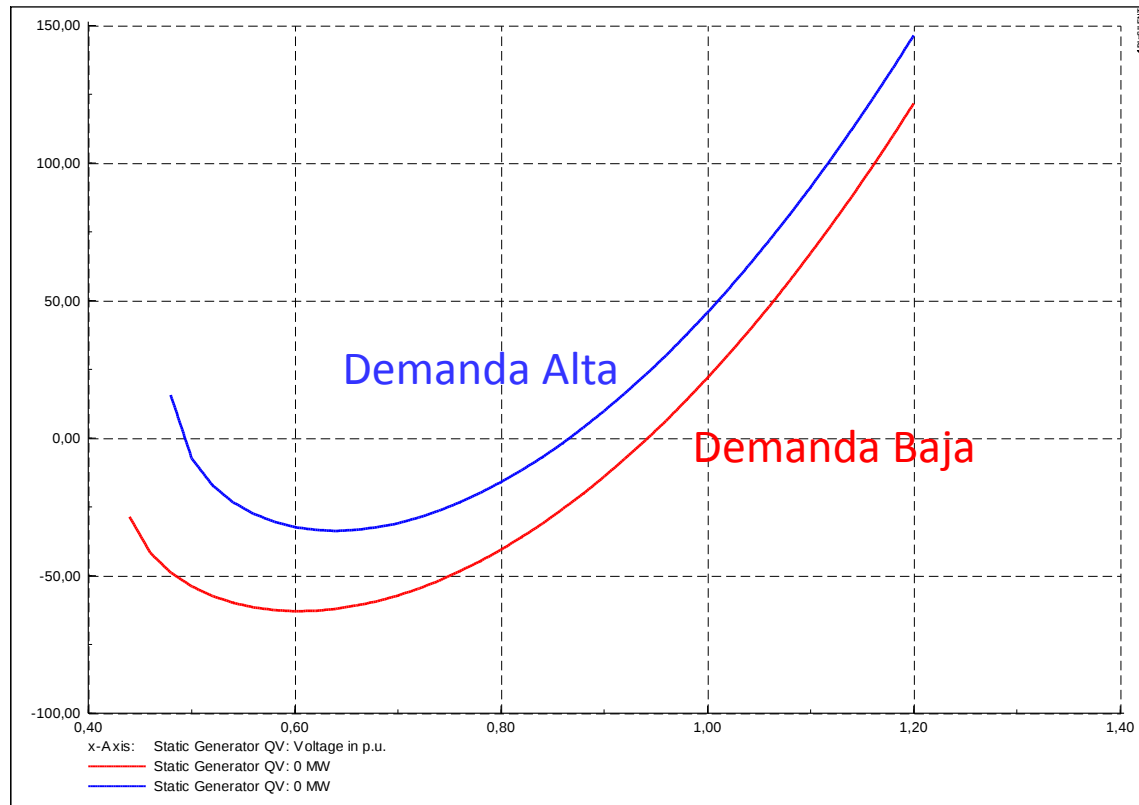
EE Ejercicio M2.1

2. Curvas QV

- Graficar la curva QV para condiciones de demanda Alta y Baja sobre la Barra de 220kV de la ET NIOBE.



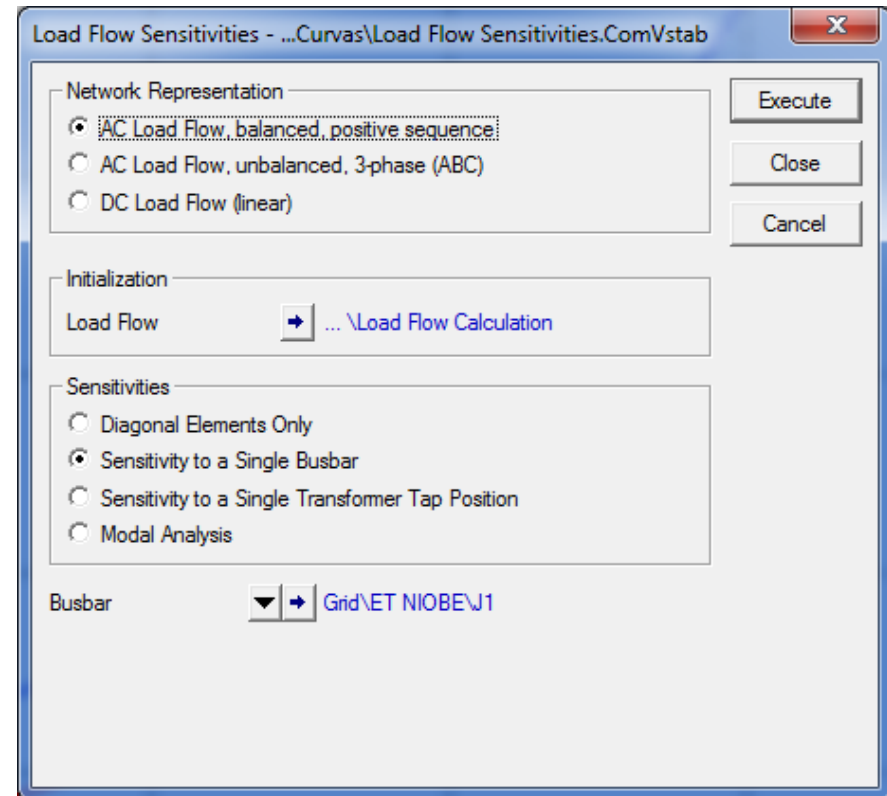
- Poner en Servicio el Static Generator
- Ejecutar la DPL "QV Curves" en el escenario de Demanda Alta.
- Guardar los "Results" dentro de la carpeta "Storage". Nombrarlos "Dda_Alta".
- Ejecutar nuevamente la DPL con el escenario de Demanda Baja activo.
- Graficar ambas curvas en un mismo gráfico.



EE Ejercicio M2.1

3. Sensibilidad

- Calcular y comparar la sensibilidad dV/dP para los escenarios de demanda alta y baja en barras de NIOBE 220kV.
- a. Utilizar la herramienta “Load Flow Sensitivities” y seleccionar la barra deseada
- b. Seleccionar variable dV/dP para mostrar en Flexible Data
- c. Comparar los resultados entre los escenarios de demanda alta y baja

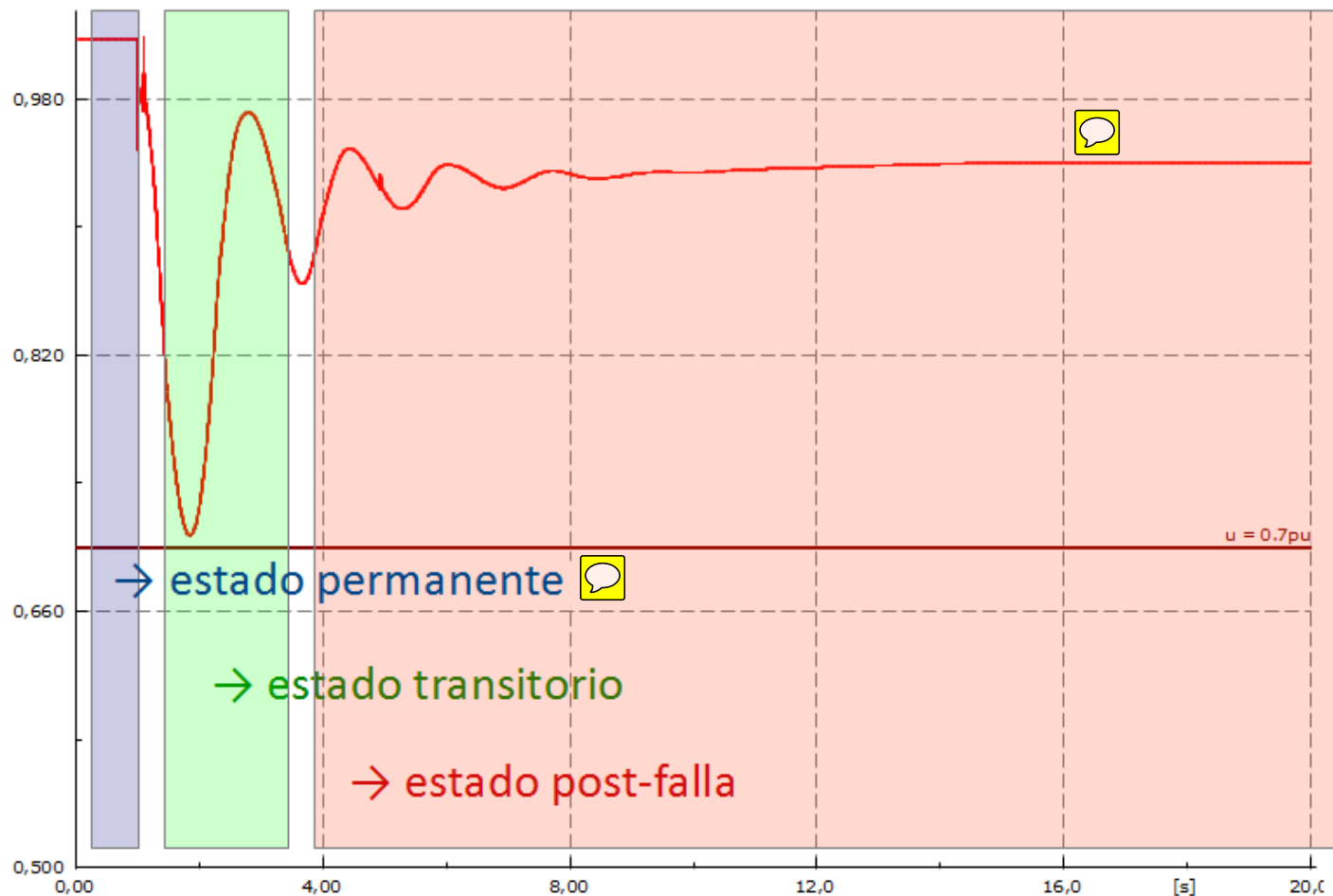


Sensibilidad	Demanda Alta	Demanda Baja
dV/dP	0,00177926	0,00110202



Simulación Dinámica

El análisis de estabilidad transitoria del sistema consiste en evaluar la evolución temporal de variables claves durante los primeros 20 a 30 segundos, luego de que el sistema es sometido a una gran perturbación (falla de diseño).





Simulación Dinámica

Análisis	<u>Pequeña Señal</u> Variaciones normales de demanda Cambio taps	<u>Gran Señal</u> Fallas en el Sistema Pérdida de Generación
Largo Plazo	• Curvas PV • Curvas P  • Sensibilidad • Modelos dinámicos de largo Plazo (cambiadores de taps, limitadores de excitación, control  VAR, etc)	• Curvas PV (escenario post-falla) • Modelos dinámicos de largo Plazo (cambiadores de taps, limitadores de excitación, controles  VAR, etc)
Corto Plazo		• Modelos dinámicos de Corto Plazo  AVR, modelo de la demanda, etc)



Estabilidad en Tensión

Control

EE Métodos de Control

Controles de tensión en los SEP

Sistemas de Excitación

- Control sobre los generadores



Equipos estáticos

- Capacitores Shunt
- Reactores Shunt
- Capacitores Serie

Dispositivos FACTS

- Compensador Estático de Reactivos (CER)
- STATCOM



Modelo de la demanda



- Dependencia de la demanda con la tensión

Esquemas Especiales



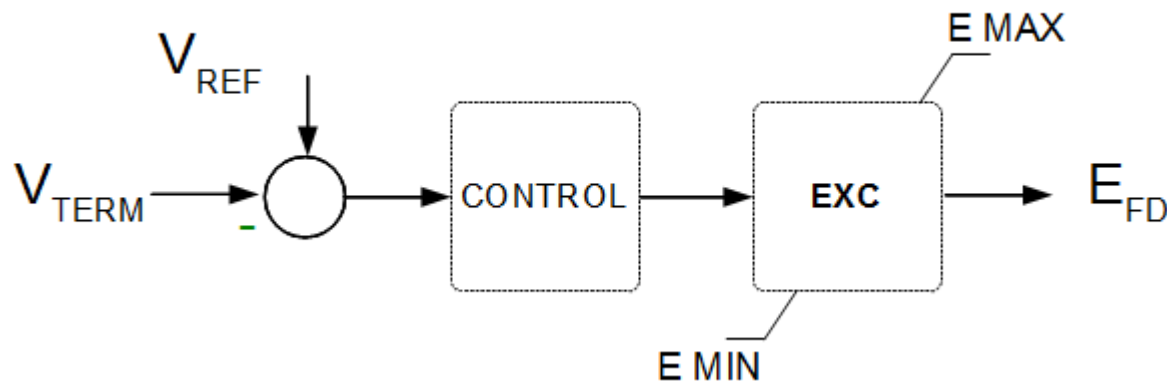
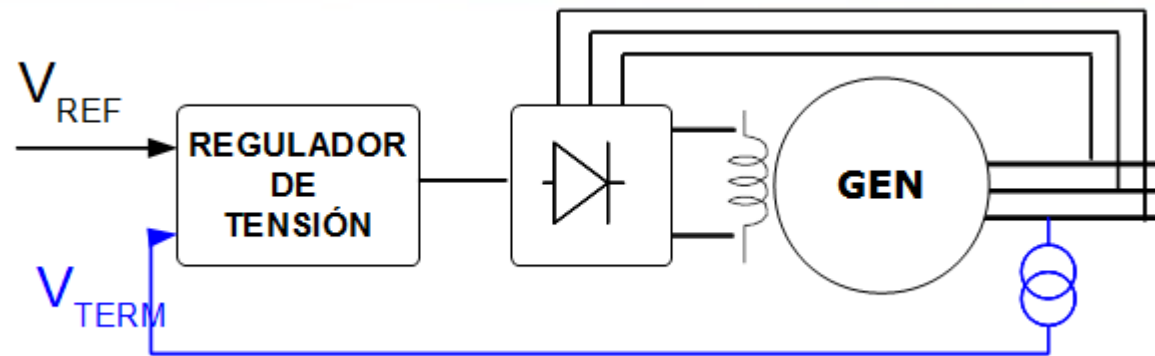
- Esquemas de Automáticos de Desconexión de Carga por Subtensión



Sistema de Excitación

- Los AVR resultan los elementos de control de tensión más importantes en los sistemas de potencia.

Control Elemental

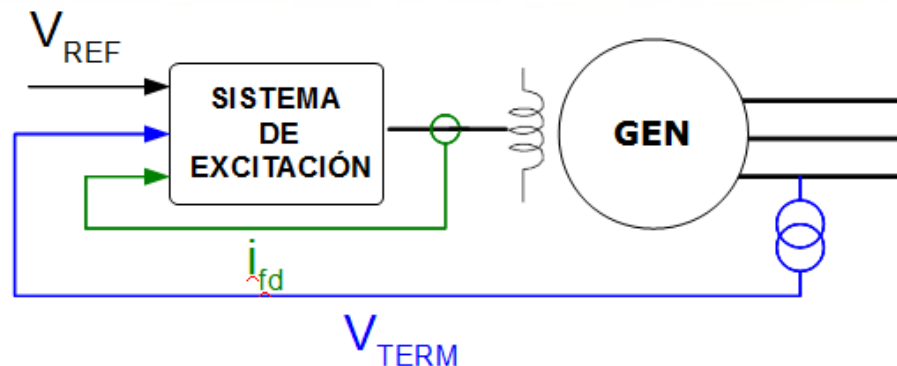




Sistema de Excitación

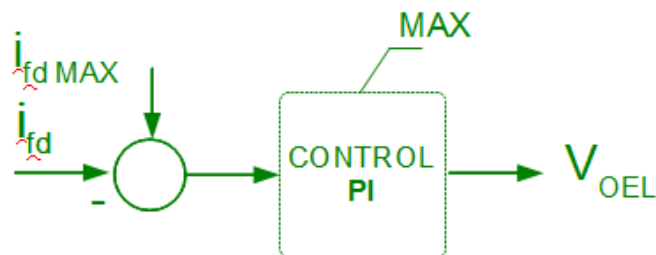
En general los sistemas de excitación cuentan con las siguientes funciones de limitación:

- 
 OEL: Limita la corriente de campo a valores seguros para la máquina
- 
 UEL: Limita el ángulo δ – mantiene la estabilidad
-  V/Hz: Limita el flujo magnético dentro de la máquina



Ejemplo OEL

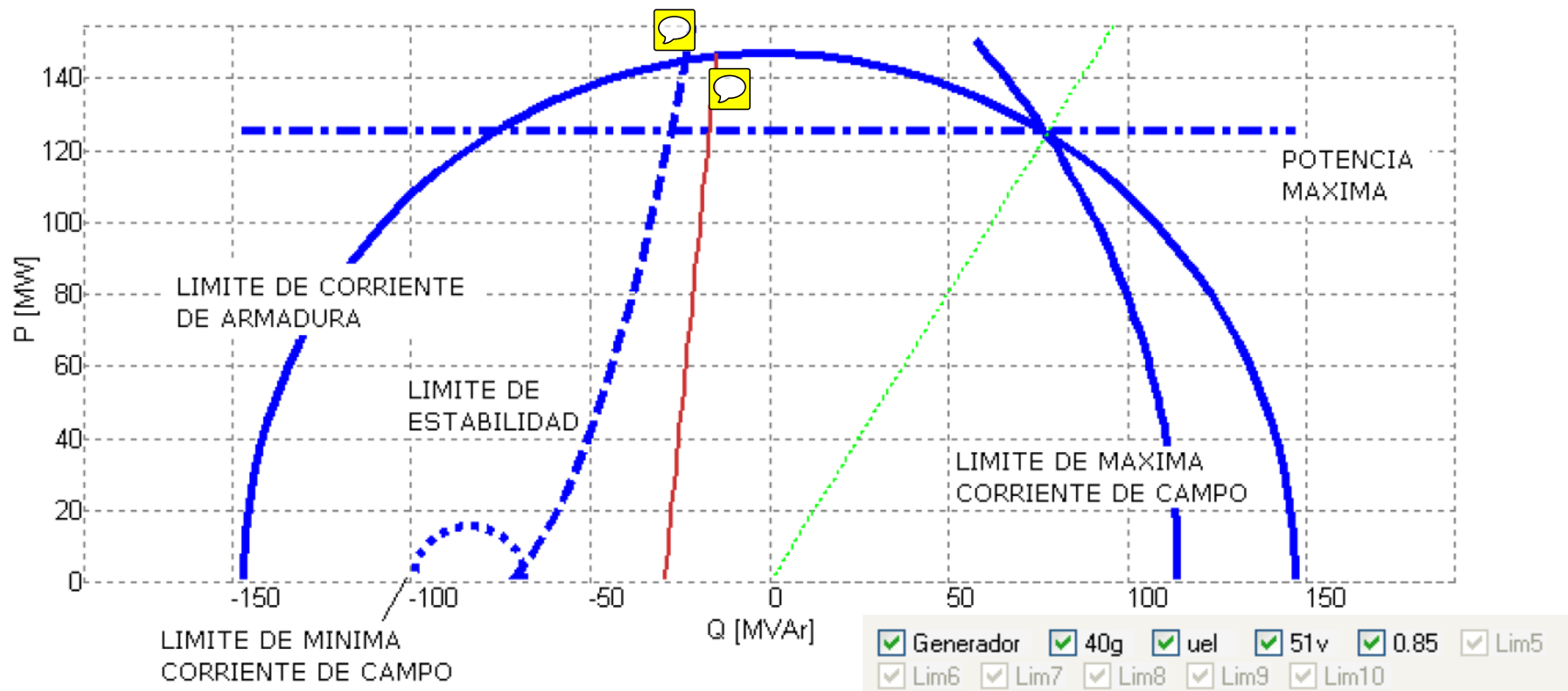
La salida VOEL modifica la referencia de tensión del AVR.





Sistema de Excitación

Curvas de capacidad



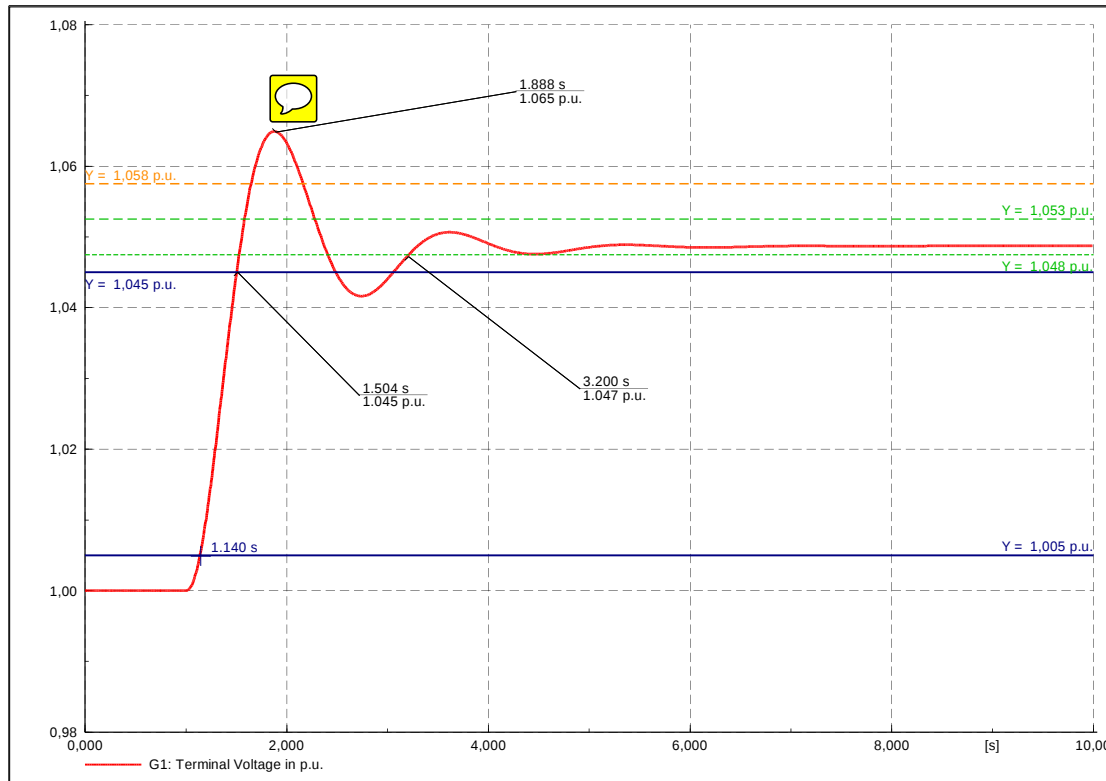
¿Por qué resultan importantes los controles OEL y UEL?



Sistemas de Excitación

El Artículo 3-11 de la NTSyCS especifica las exigencias mínimas que deben cumplir las unidades sincrónicas vinculadas al SI

Parámetros de Desempeño



Cumplimiento de NTSyCS:

- Sobrevalor < 15%
- Tiempo de Crecimiento < 400ms (entre 10% y 90%)
- Tiempo de establecimiento < 1,5s ($\pm 5\%$)

EE Capacitores Shunt

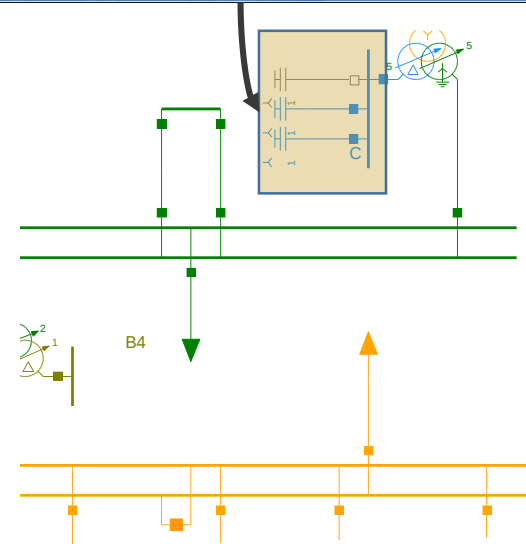
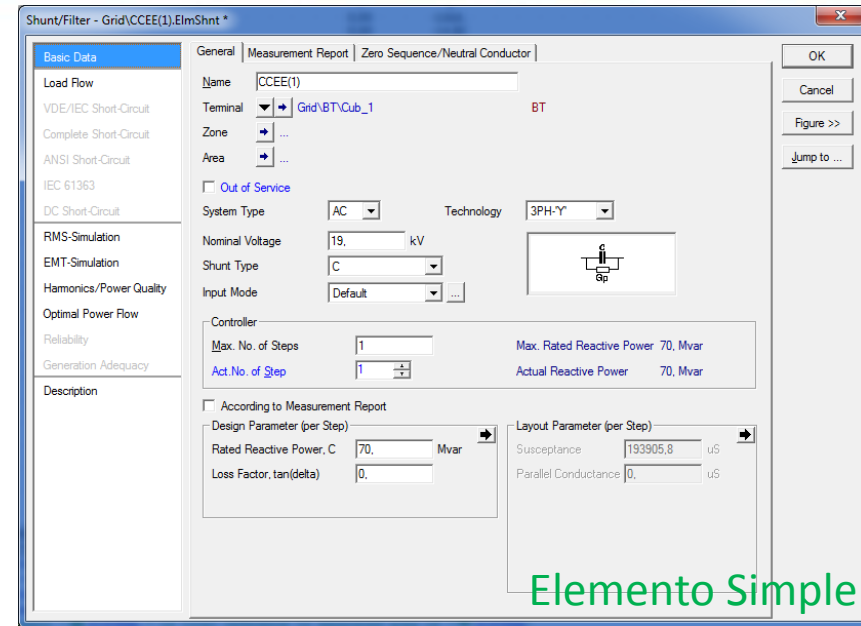
Los Capacitores Shunt suministran potencia reactiva e incrementan las tensiones locales corrigiendo el factor de potencia de puntos específicos.

Ventajas

- Bajo costo
- Flexibilidad de instalación y operación.

Desventajas

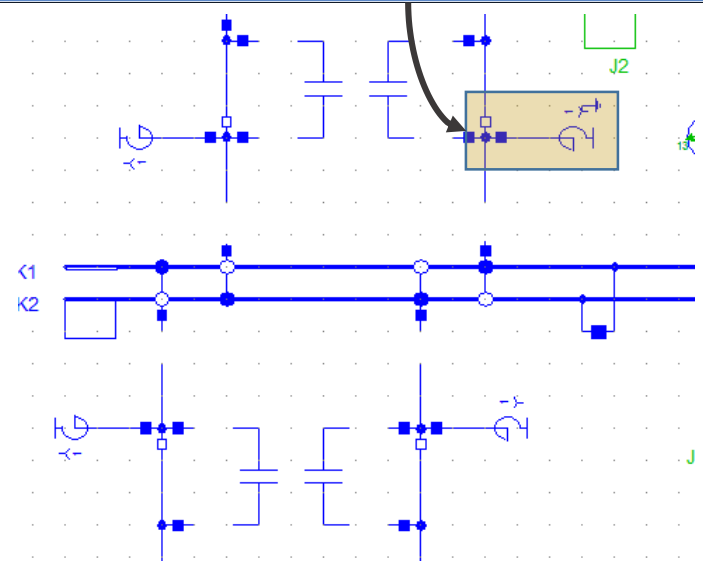
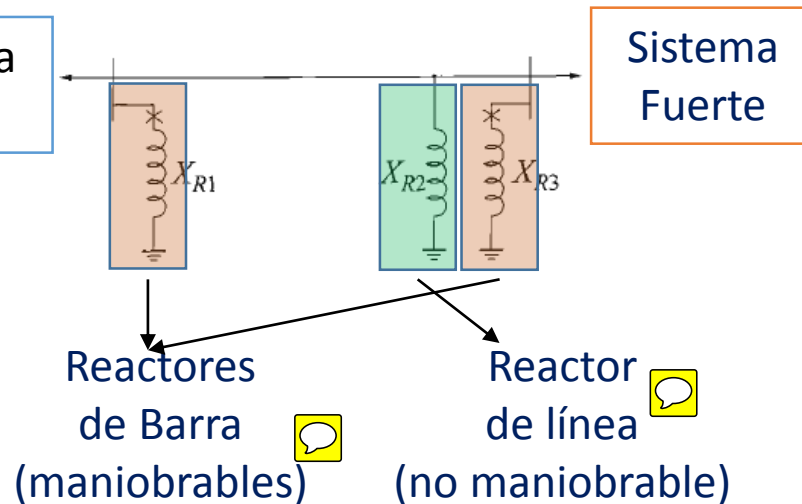
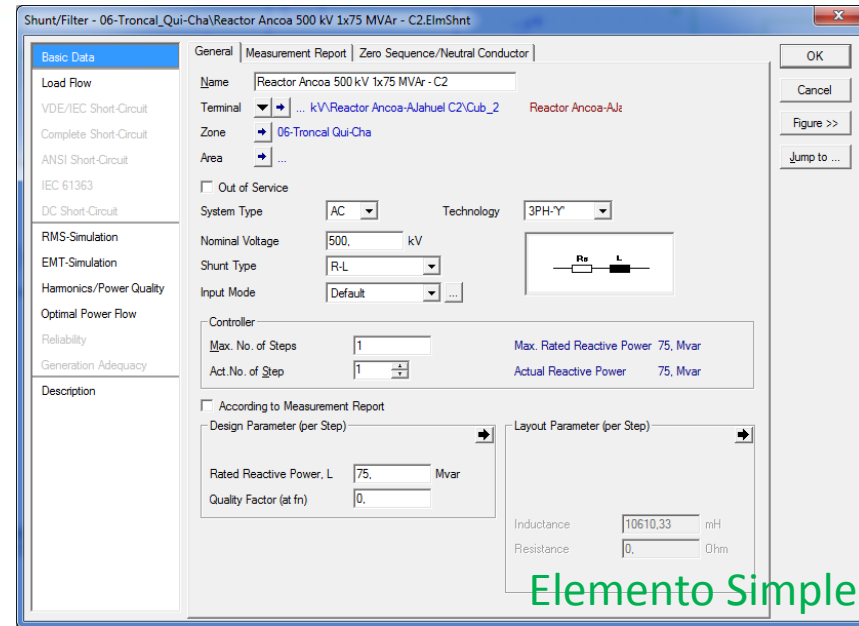
- La potencia reactiva de salida es proporcional al cuadrado de la tensión
- La regulación de los sistemas con fuerte compensación shunt tiende a ser deficiente
- En ciertos casos la compensación shunt por si sola no resulta suficiente para evitar problemas de inestabilidad 
- Tiempos de maniobra



EE Reactores Shunt

Los Reactores Shunt se utilizan generalmente para evitar sobretensiones por efecto de líneas en vacío o con baja condición de carga.

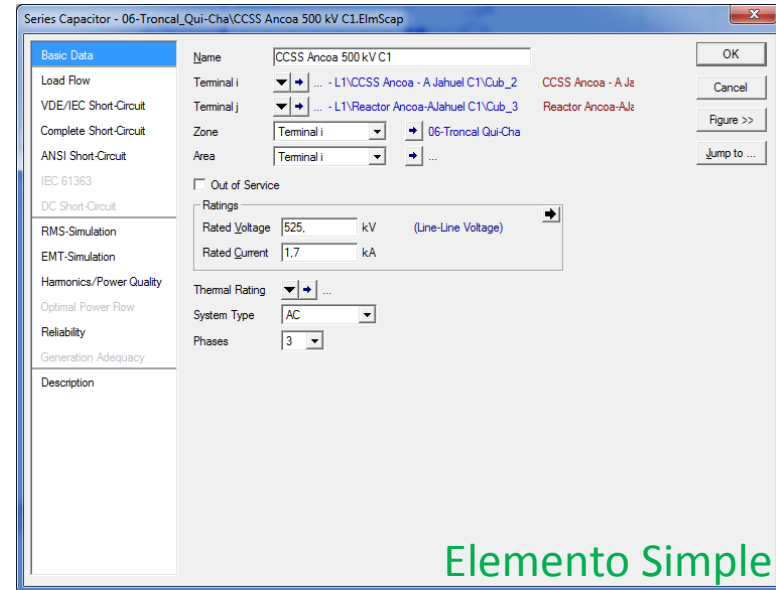
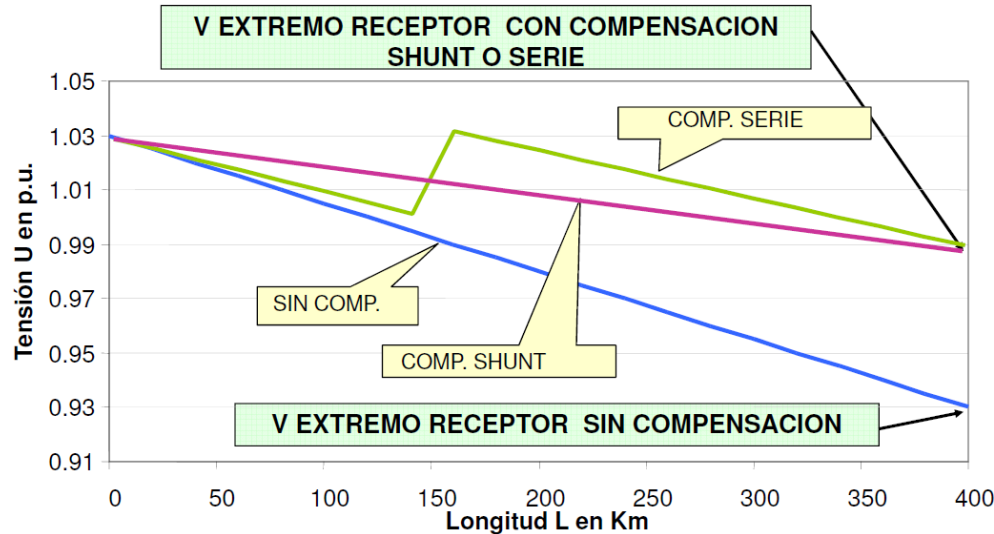
Los mismos pueden ser de conexión permanente o maniobrables



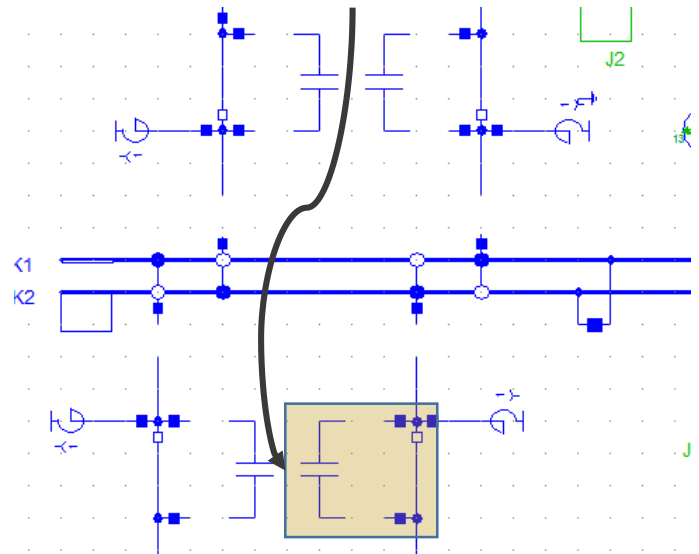


Capacitores Serie

- Los Capacitores serie se conectan en serie con las líneas de transmisión para compensar el efecto reactivo de las mismas.
- Aumenta la capacidad de transmisión
- Reduce las pérdidas en la línea



Elemento Simple

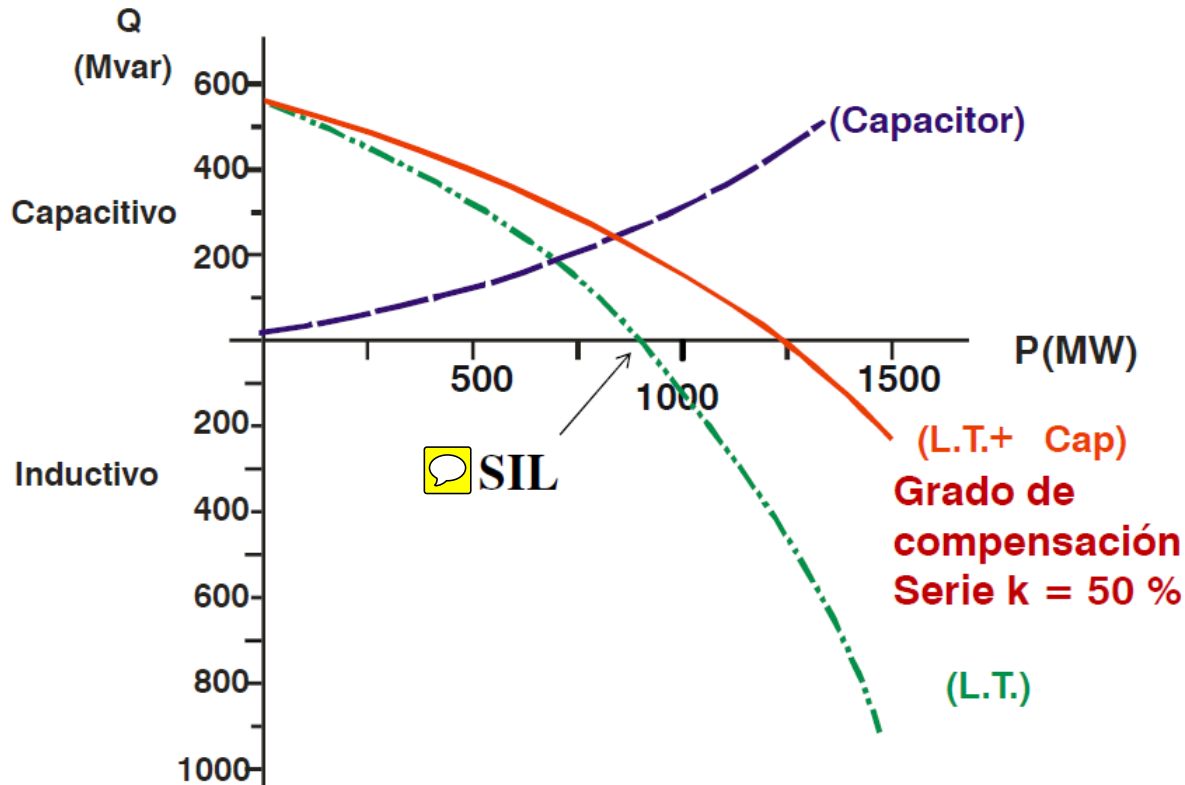




Capacitores Serie

Balance de potencia reactiva Línea + Cap. Serie

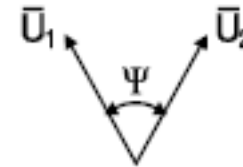
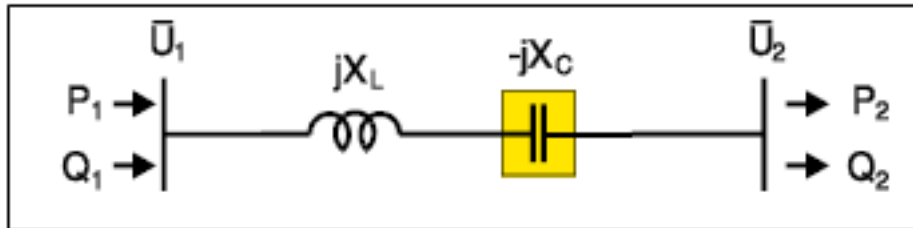
Línea de
transmission 500 kV
500 km





Capacitores Serie

Estabilidad y Capacidad de Transmisión



Transferencia de potencia
sin Compensación Serie

$$P_2 = \frac{U_1}{X_L} U_2 \sin \Psi$$

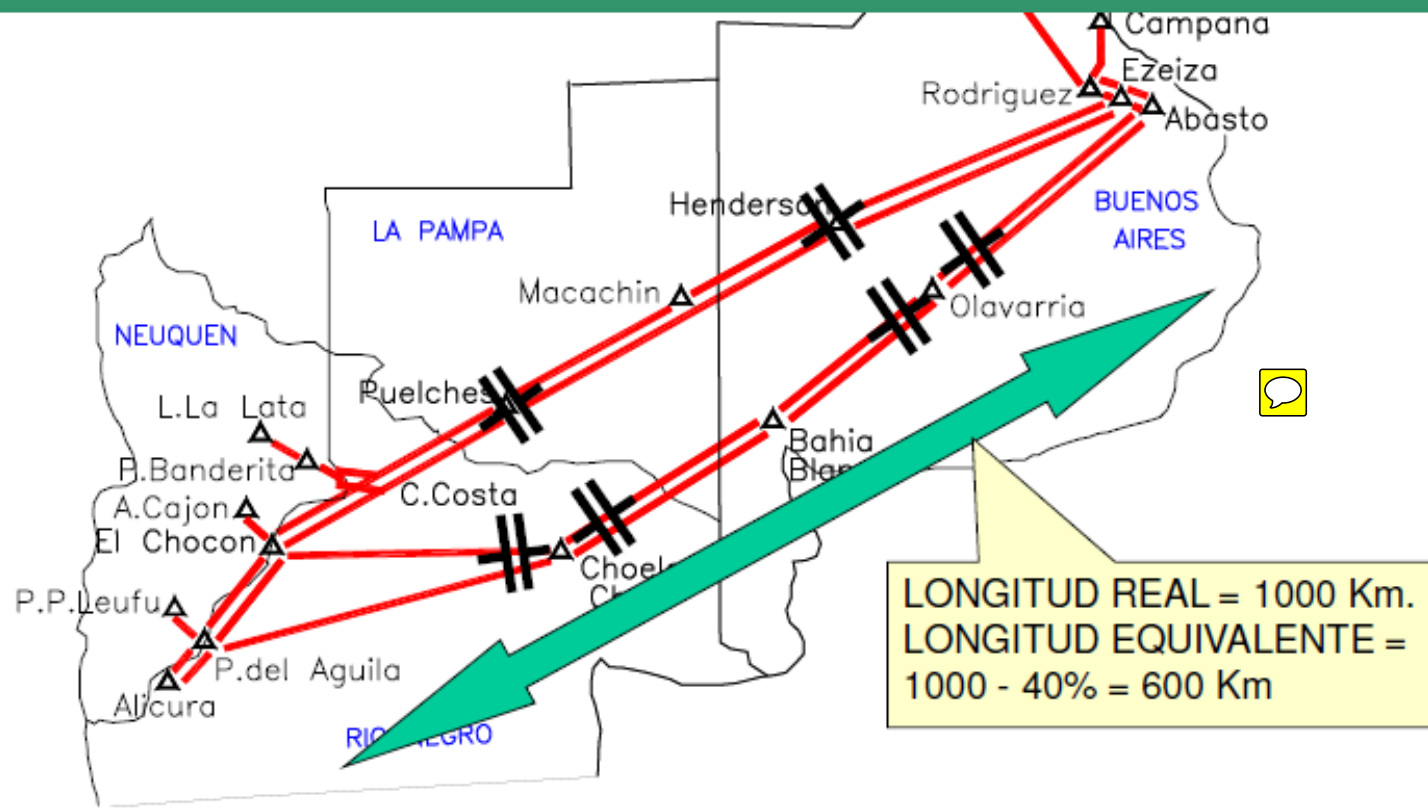
Transferencia de potencia
con Compensación Serie

$$P_2 = \frac{U_1}{X_L - X_C} U_2 \sin \Psi = \frac{U_1}{X_L(1-k)} U_2 \sin \Psi$$

Grado de compensación: $k = \frac{X_C}{X_L}$

EE Capacitores Serie

CORREDOR de 500 kV COMAHUE – BUENOS AIRES



**EL CORREDOR COMAHUE ESTÁ COMPENSADO EN UN 40% APROX. POR CAP. SERIE
→ LA DISTANCIA EQUIVALENTE SE REDUCE UN 40%**

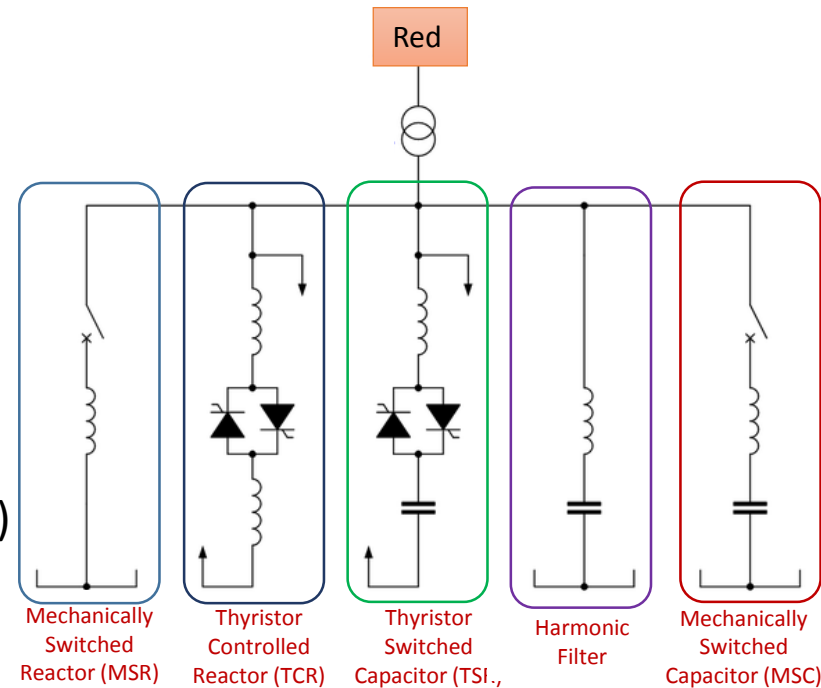


Compensador Estático

Los **Compensadores Estáticos de Reactivo (CER)** son dispositivos shunt estáticos que vinculados al sistema permiten la absorción/entrega de potencia reactiva para el control de variables eléctricas del sistema

Tipos

- Reactores Saturables (SR)
- Reactor controlado por tiristores (TCR)
- Capacitor controlado por tiristores (TSC)
- Reactor controlado por tiristores (TSR)
- Transformador controlado por tiristores (TCT)
- Convertidores conmutados (SCC/LCC)



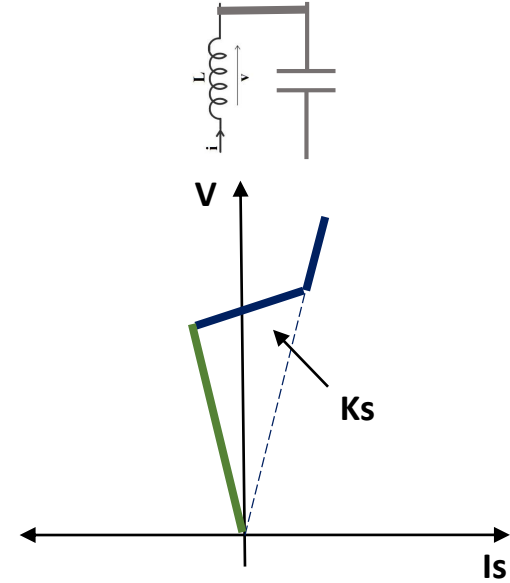
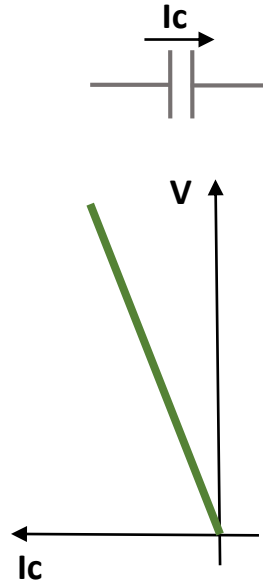
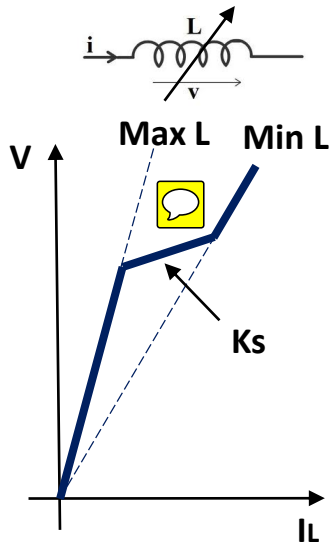
Existen numerosas combinaciones de CER, las cuales contemplan dispositivos controlables y capacitores fijos muchas veces utilizados como filtros armónicos.



Compensador Estático

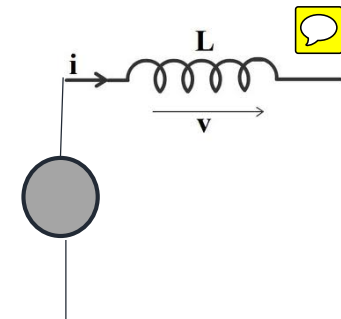
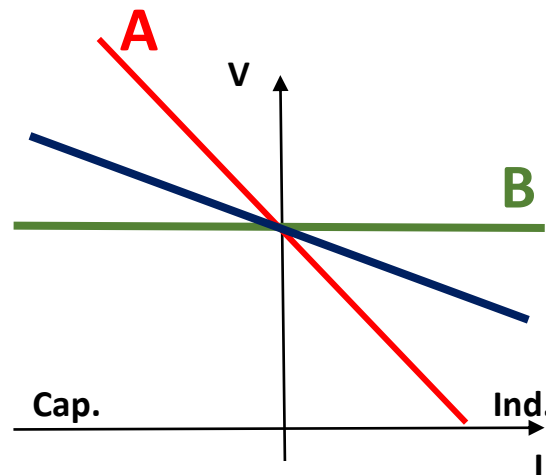


Característica del CER



Característica del Sistema

A – Sistema Débil
B – Sistema Fuerte





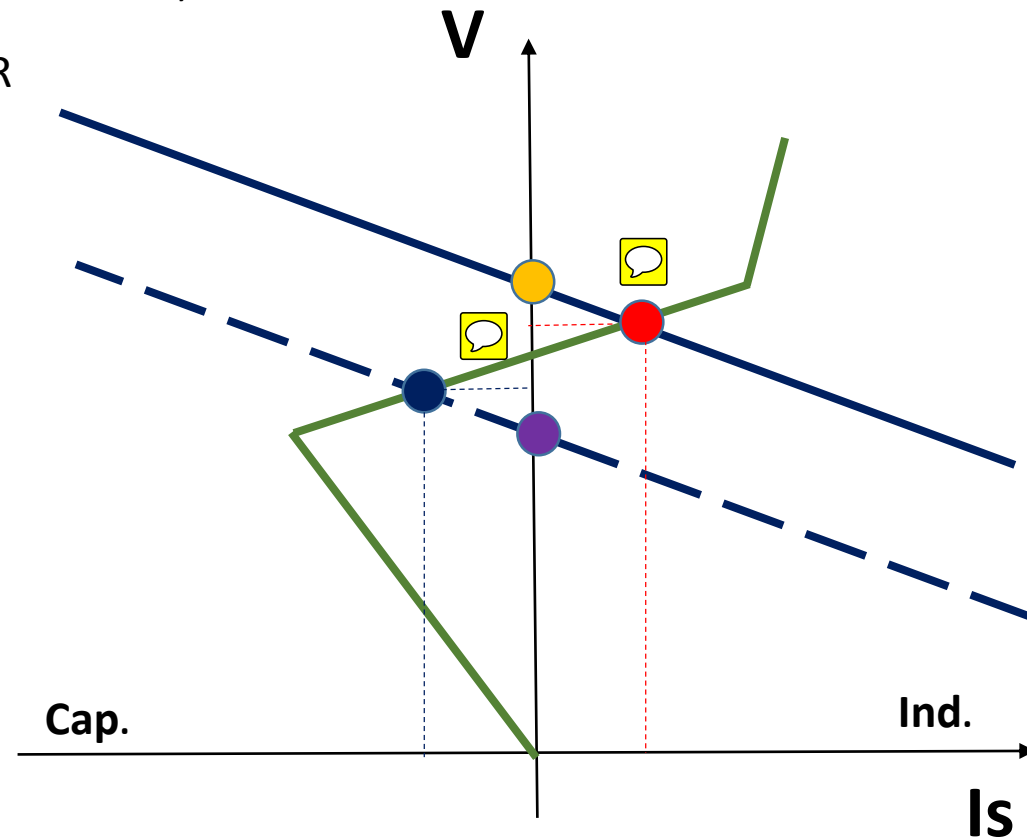
Compensador Estático

Característica del CER

- Sistema Operación Normal
- - - Cambio Topológico (i.e. pérdida de línea)
- Pto. Operación Normal con CER
- Pto. Operación Normal sin CER
- Pto. Operación Post-contingencia con CER
- Pto. Operación Post-contingencia sin CER

Analizar casos con distintas características del sistema y CER

- Sistema Fuerte – $K_s = 0$
- Sistema Debil – $K_s = 0$
- Sistema Fuerte – Gran decaimiento de tensión





Compensador Estático

Modelo DigSILENT – CER POLPAICO

☐ Out of Service

System Type: Technology

Nominal Voltage: kV

Shunt Type:

Input Mode:

Controller

Max. No. of Steps:

Act.No. of Step:

☐ According to Measurement Report

Design Parameter (per Step)

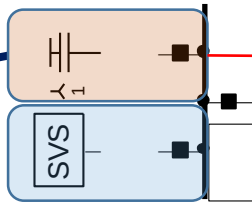
Rated Reactive Power, C: Mvar

Loss Factor, tan(delta):



CER +110/-69MVar

Filtro Armónico



TCR

TCR

Q Reactance (>0): Mvar

TCR, Max. Limit: Mvar

TSC

Max. Number of Capacitors:

Q per Capacitor Unit (<0): Mvar

MSC

Number of Capacitors:

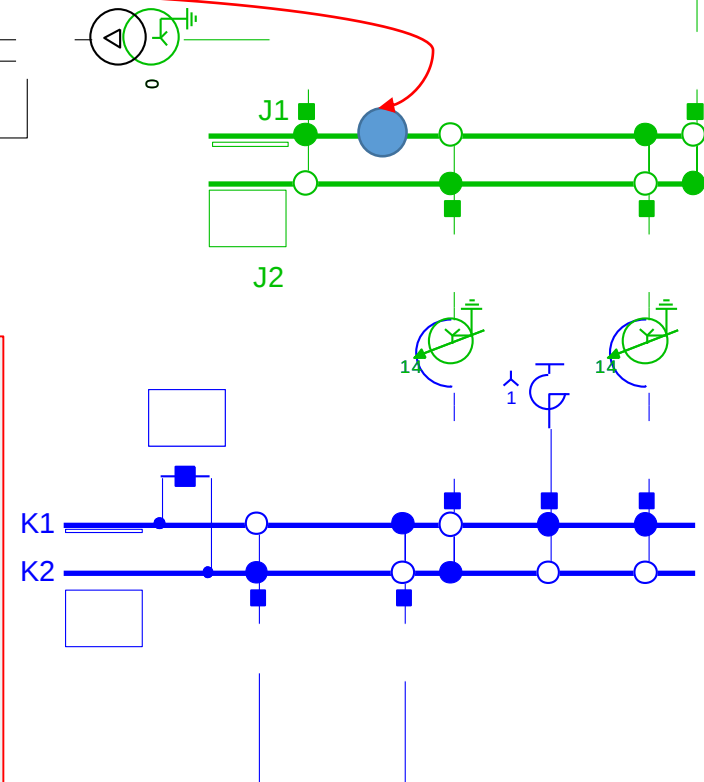
Q per Capacitor Unit (<0): Mvar

Balanced/Unbalanced Control

☒ Balanced Control

☐ Unbalanced Control

**Control
Estático y
Dinámico**





Compensador Estático

Modelo DigSILENT – CER POLPAICO



Control Mode: Voltage Control

Phase: Pos.Seq.

Setpoint: local

☒ Remote Control

Controlled Node: 06-Troncal_Qui-Cha\Pol\W1

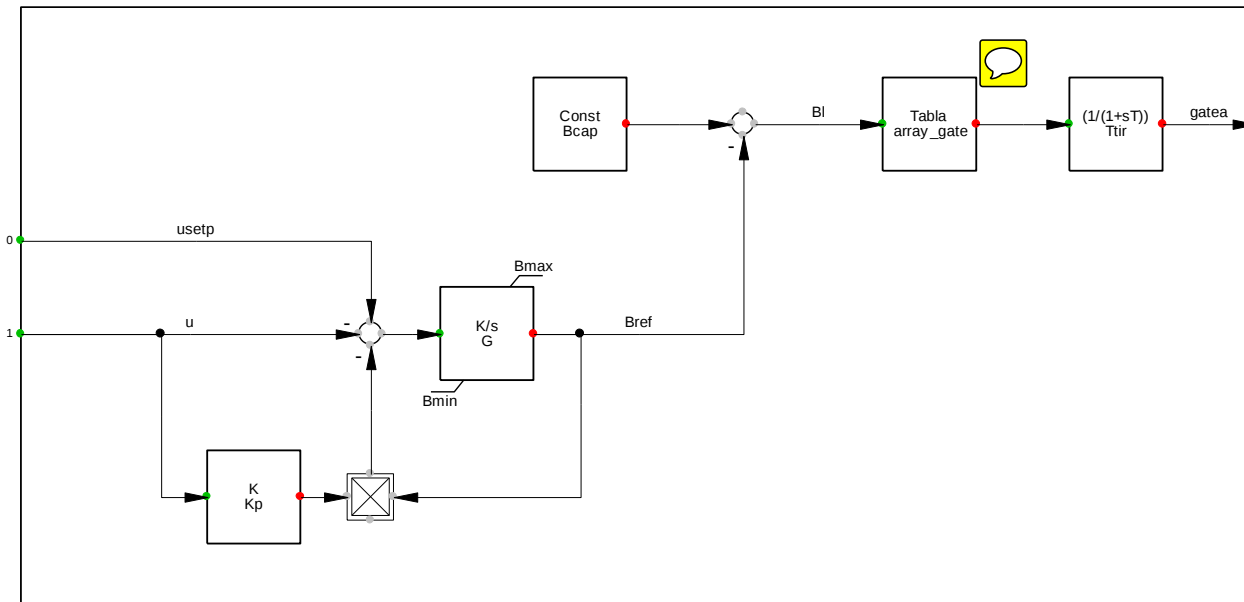
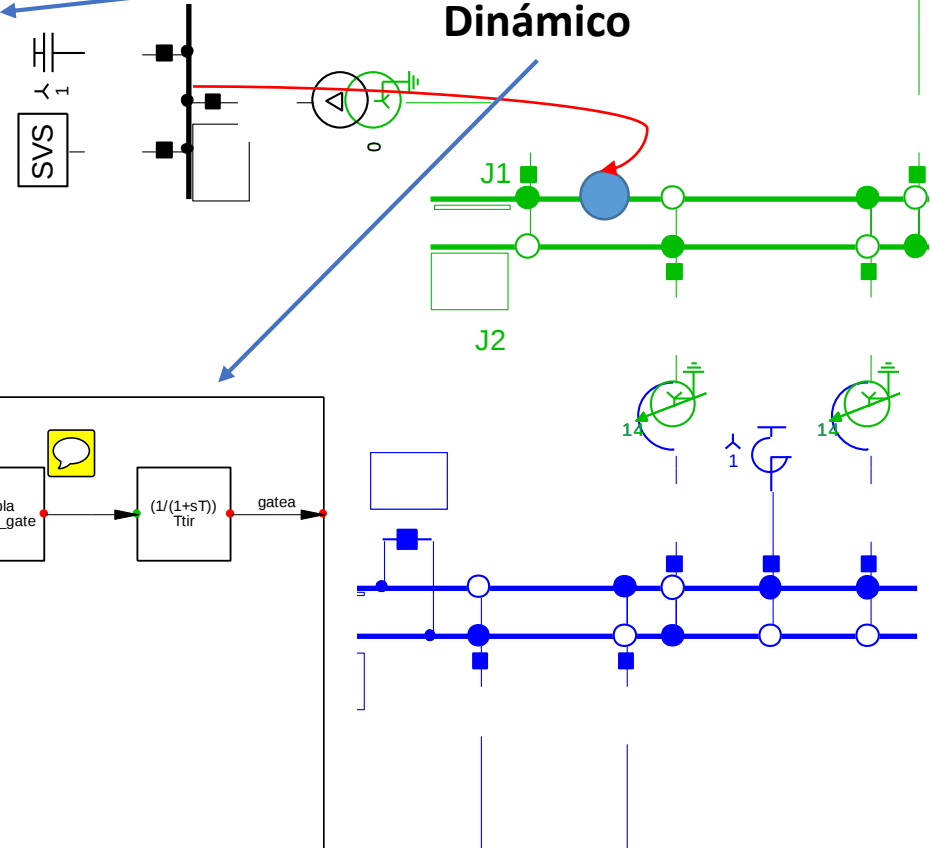
Voltage Setpoint: 1,02 p.u.

☒ Enable Droop

Rated Reactive Power: 100. Mvar

Droop: 2. %

Control
Estático y
Dinámico

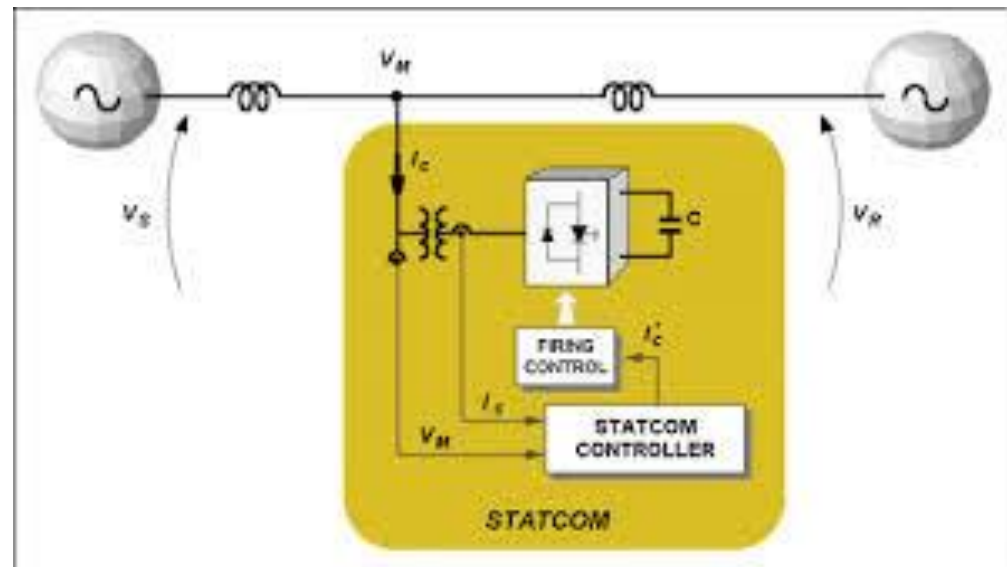


EE STATCOM

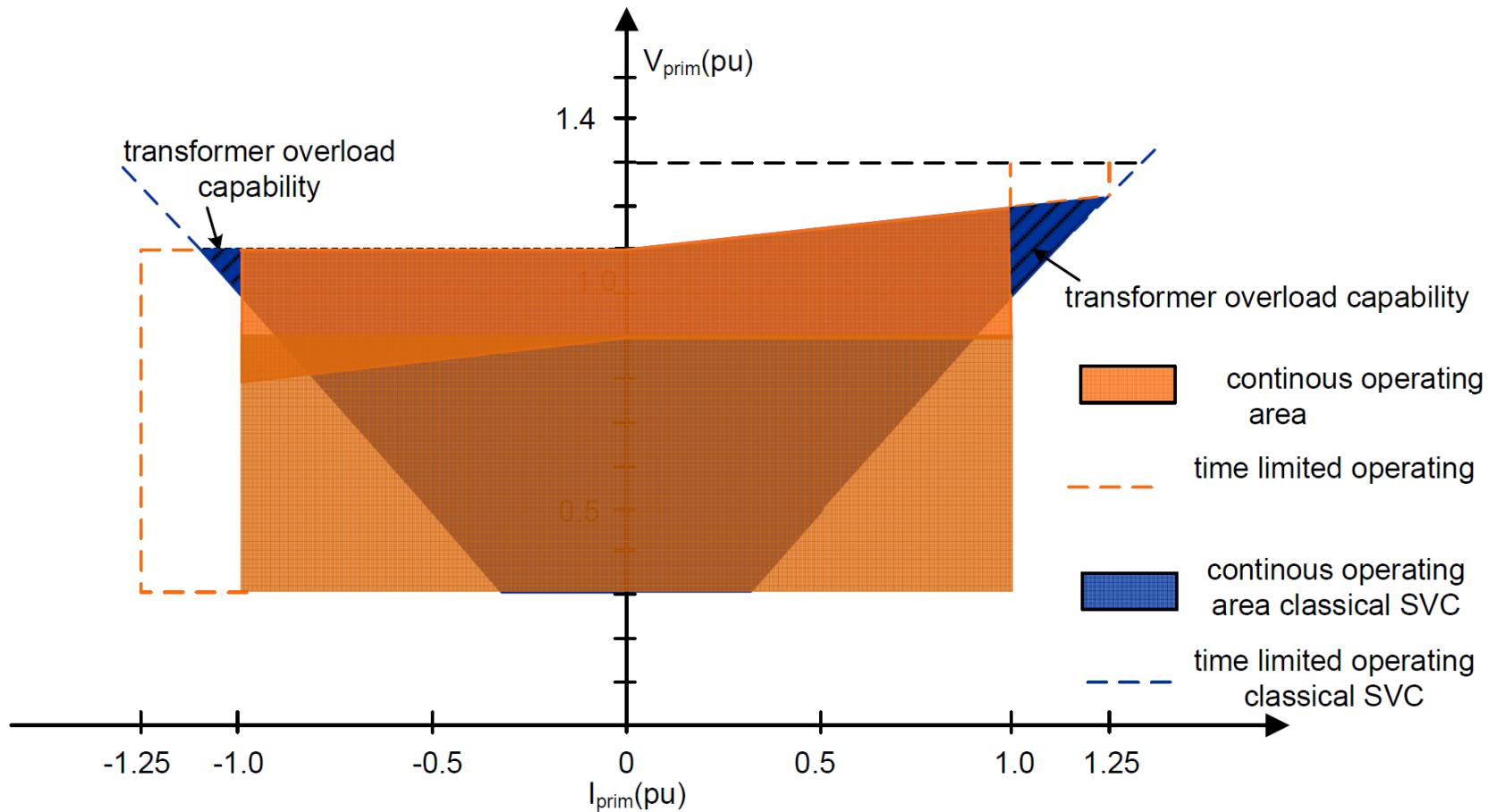
 Los **Compensadores Estáticos (STATCOM)** son dispositivos de regulación de la tensión basados en una fuente de tensión controlada mediante electrónica de potencia.

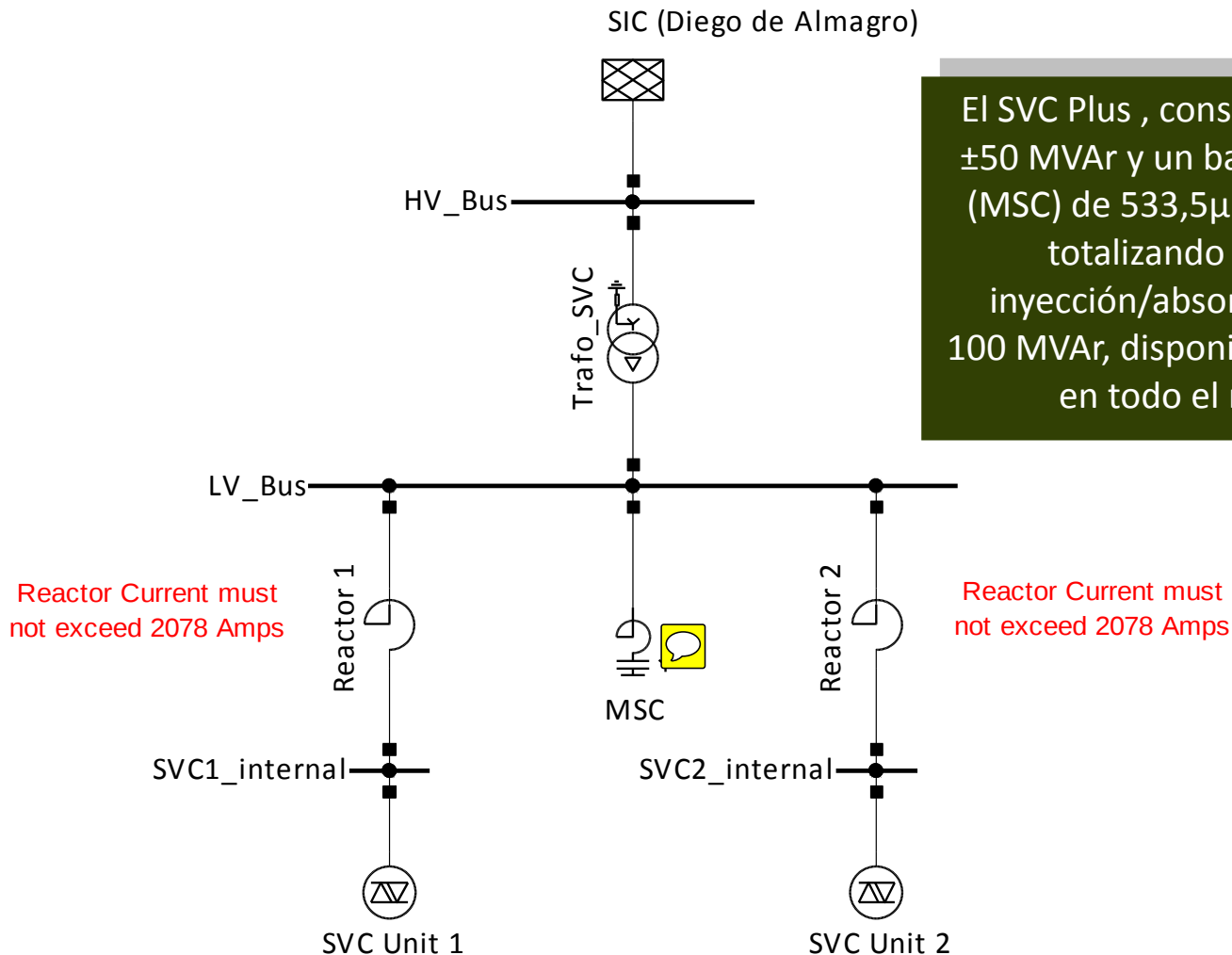
Características

- Buen desempeño ante condiciones de baja tensión
- Respuesta dinámica rápida.
- Colaboración en fenómenos de inestabilidad transitoria
- Rango de operación amplio
- Limitación (bloqueo) ante condiciones de muy baja tensión en la red 



Característica de Operación



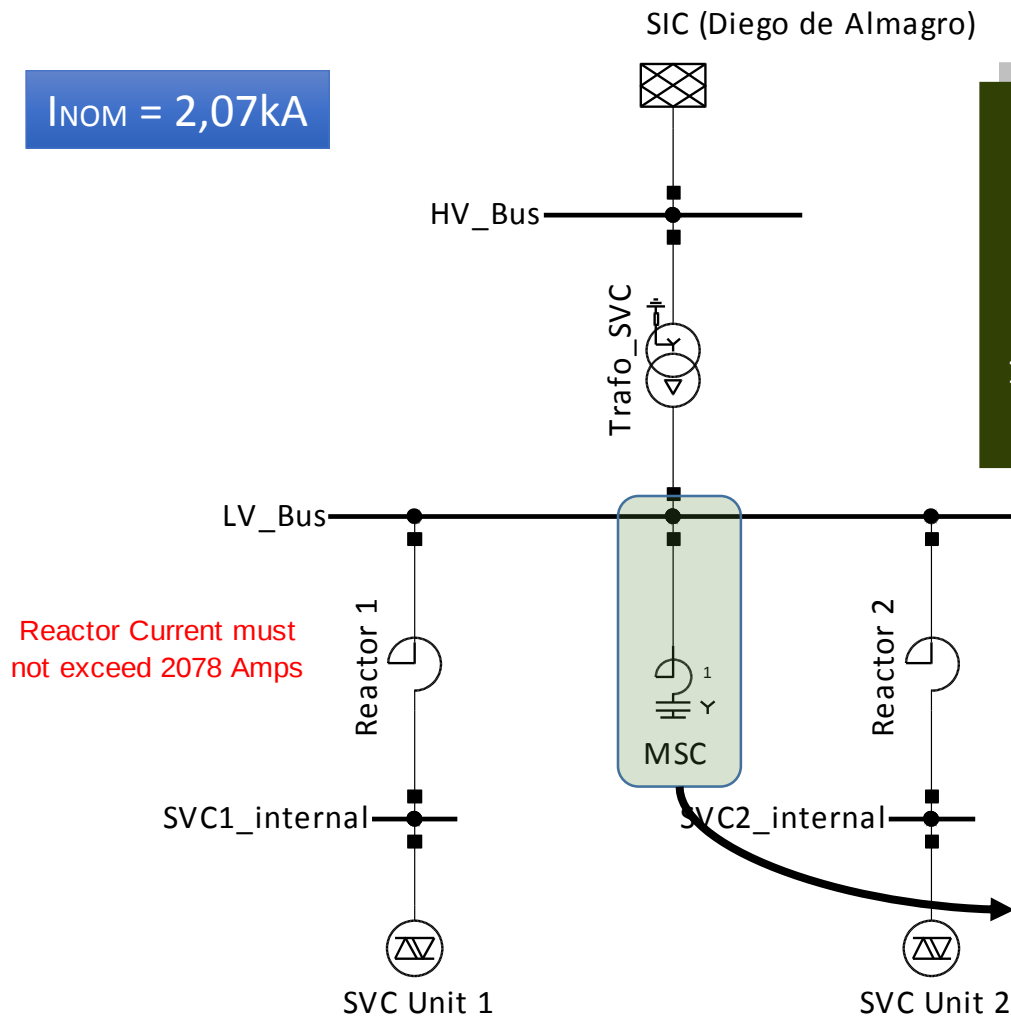
 Modelo DigSILENT – SVC PLUS Diego de Almagro

El SVC Plus , consiste de dos módulos de ± 50 MVAR y un banco de condensadores (MSC) de $533,5\mu\text{F}$ en el nivel de $13,9\text{kV}$, totalizando una capacidad de inyección/absorción de $+140$ MVAR/ -100 MVAR, disponible de manera continua en todo el rango de control.



Modelo DigSILENT – SVC PLUS Diego de Almagro

$I_{NOM} = 2,07kA$



El SVC Plus , consiste de dos módulos de ± 50 MVar y un banco de condensadores (MSC) de $533,5\mu F$ en el nivel de $13,9kV$, totalizando una capacidad de inyección/absorción de $+140$ MVar/ -100 MVar, disponible de manera continua en todo el rango de control.

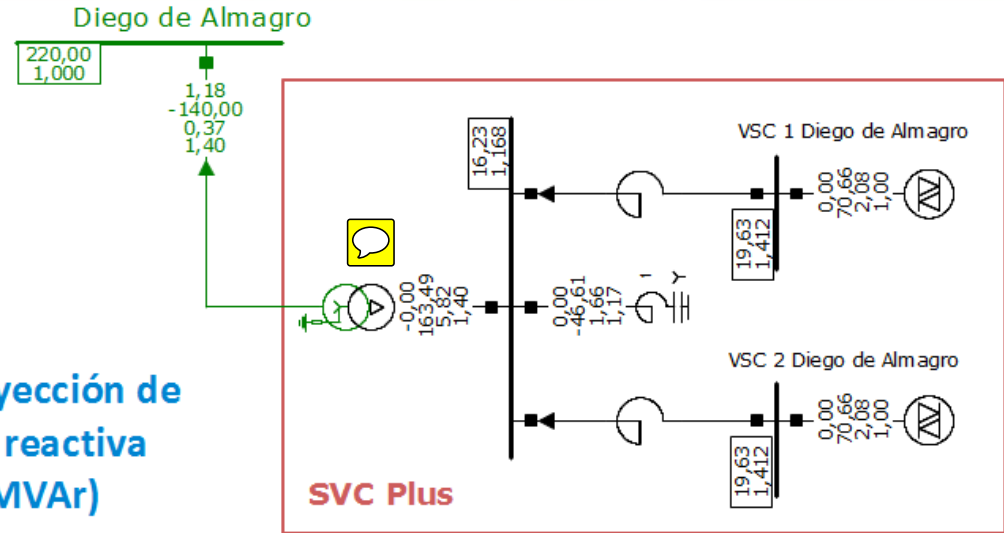
El banco de condensadores no cumple la función de filtro, lo que permite maniobrarlo en función de los requerimientos del sistema, para un adecuado control de tensión.

EE STATCOM

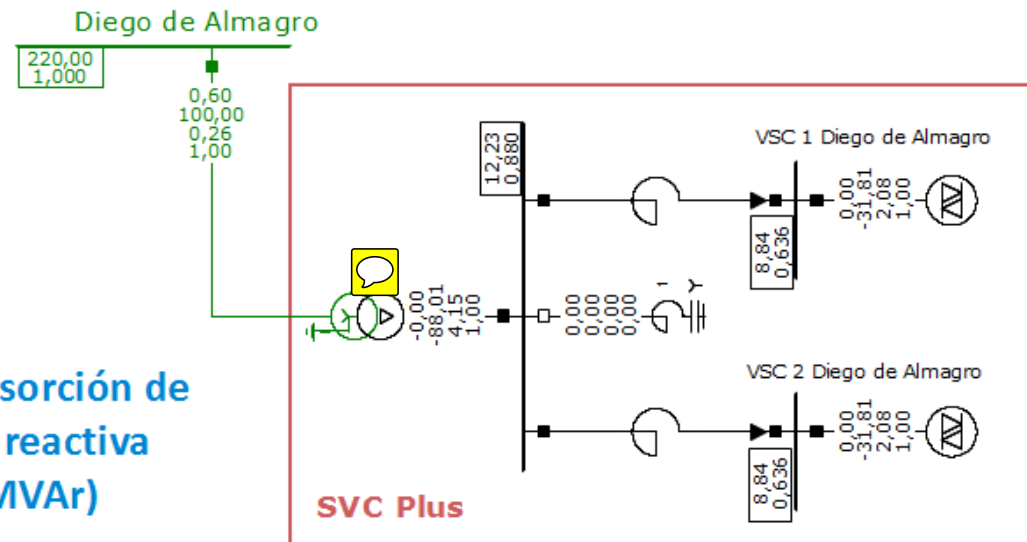
Capacidad Disponible

- La tensión en el nodo de control (Diego de Almagro 220kV) es 1pu, para ambos casos
- La corriente en cada módulo es 1pu (70,66MVar en un caso, y -31,81MVar en otro)
- Las potencias reactivas, registradas en el lado de 220kV resultan de +140/-100MVar.

**Máxima inyección de
potencia reactiva
(+140MVar)**



**Máxima absorción de
potencia reactiva
(-100MVar)**



Load Flow Balanced	
Nodes	Branches
U, Magnitude [kV]	Active Power [MW]
u, Magnitude [p.u.]	Reactive Power [Mvar]
	Current, Magnitude [kA]
	Positive-Sequence Current, Magnitude [p.u.]

 Operación

-  Se espera que en condiciones normales de operación, estos equipos se encuentren controlando tensión con un reducido intercambio de potencia reactiva (medido sobre el transformador), siendo su objetivo principal colaborar con el control transitorio de la tensión, brindando un soporte rápido de potencia reactiva.
-   En estos equipos, los convertidores están equipados con una protección de sub-tensión (i.e. 0,3pu), lo que provoca su bloqueo ante fallas. El desbloqueo se produce cuando la tensión supera un umbral determinado (i.e. 0,5pu)
-   Para el control de barras de alta tensión, el droop es un parámetro altamente necesario. ¿Por qué?

EE Ejercicio M22

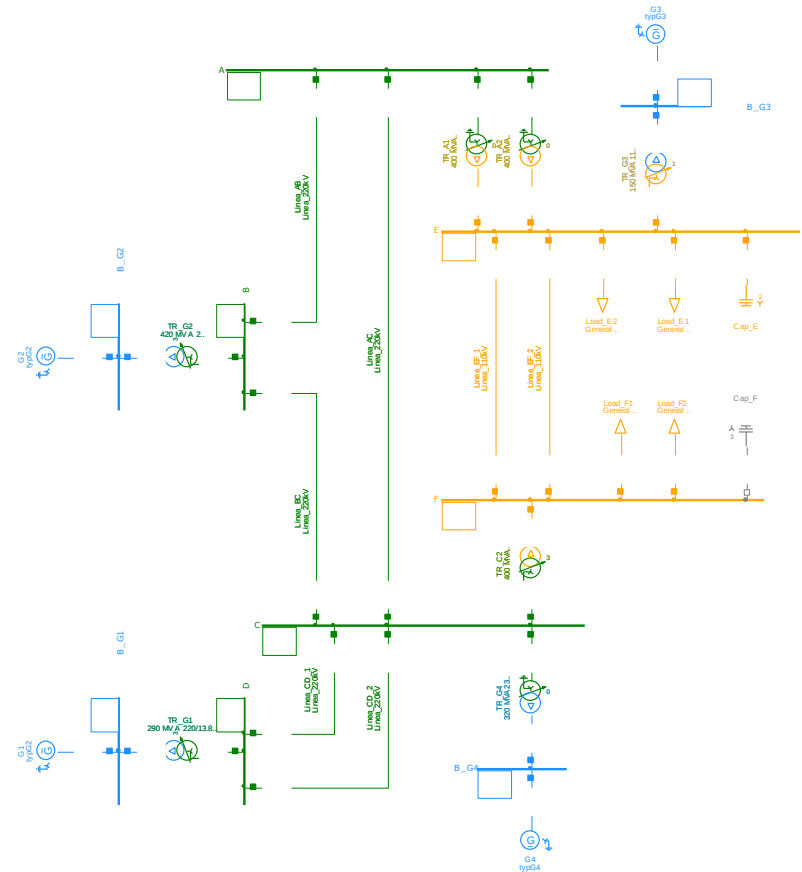
Importar Ejercicio M22.pfd

Problemática

 Analizar en control de tensión para problemáticas ocurridas en la red

Evaluar

1. Efecto de los controles de los generadores
2. Efecto del ajuste de controles
3. Comportamiento de bancos de CCEE
4. Comportamiento de CER





Ejercicio M22 – Parte 1

Parte 1: Generadores de la red SIN Controles

Simular - EVENTO

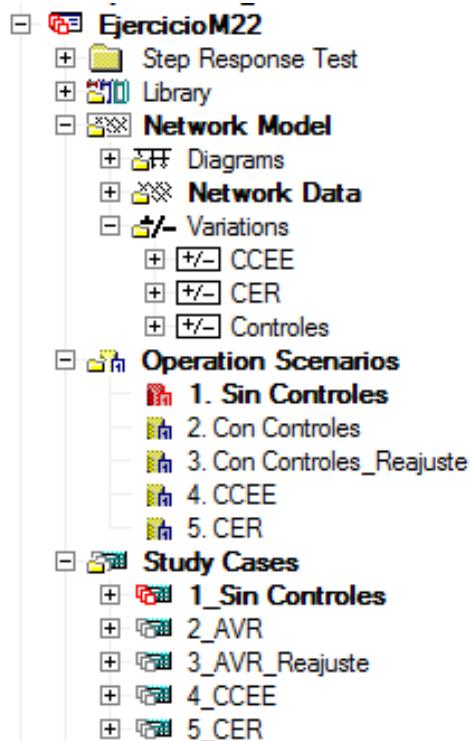
- Falla trifásica franca al 10% de la línea de 220kV vinculante de las SS/EE A y C
- Despeje en 120mseg por apertura de línea
- Tiempo de simulación: 10 segundos

Variables a Monitorear - RESULTADOS

- Definir variables para la simulación
- Generar Gráficas

Proponer Recursos Estabilizantes - ANÁLISIS

- ¿Despacho de Generadores?
- ¿CCEE F/S?
- ¿Adición de nuevo equipamiento?
- ¿Reajuste de Parámetros?



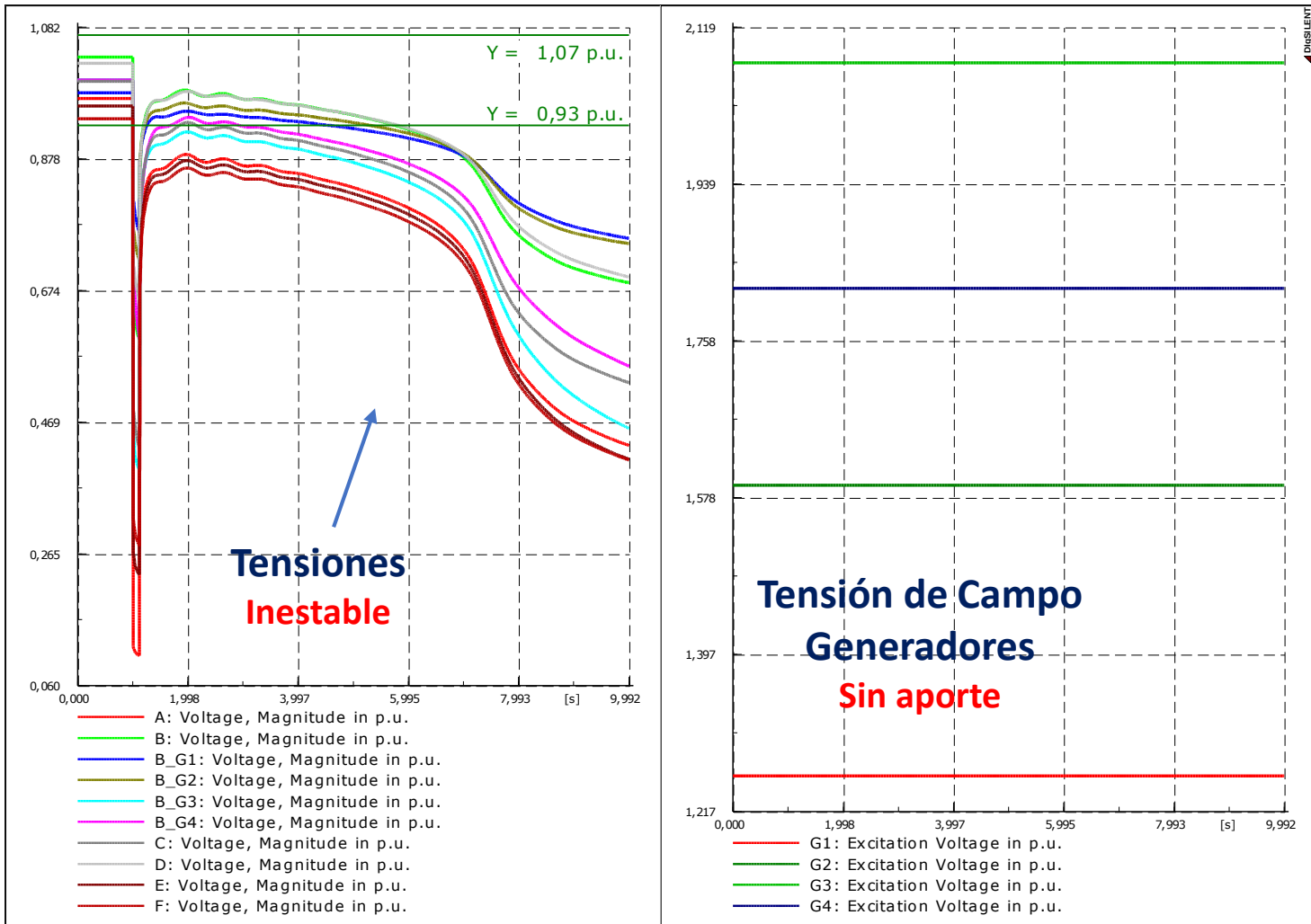


Ejercicio M22 – Parte 1



Problemática

- La falla y pérdida del vínculo genera el decaimiento de las tensiones



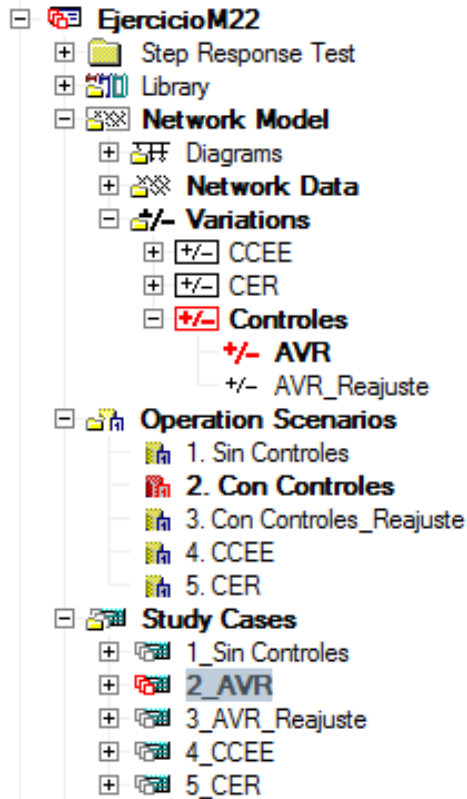


Ejercicio M22 – Parte 2

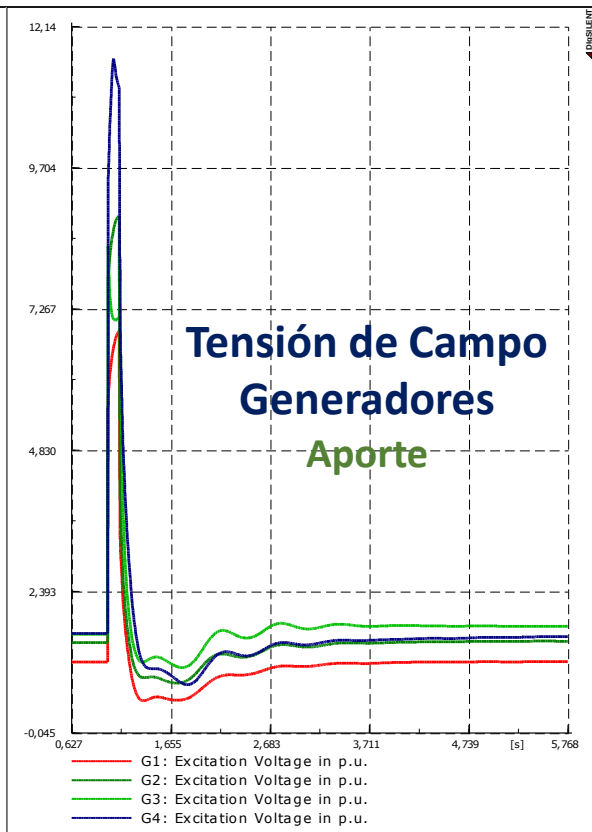
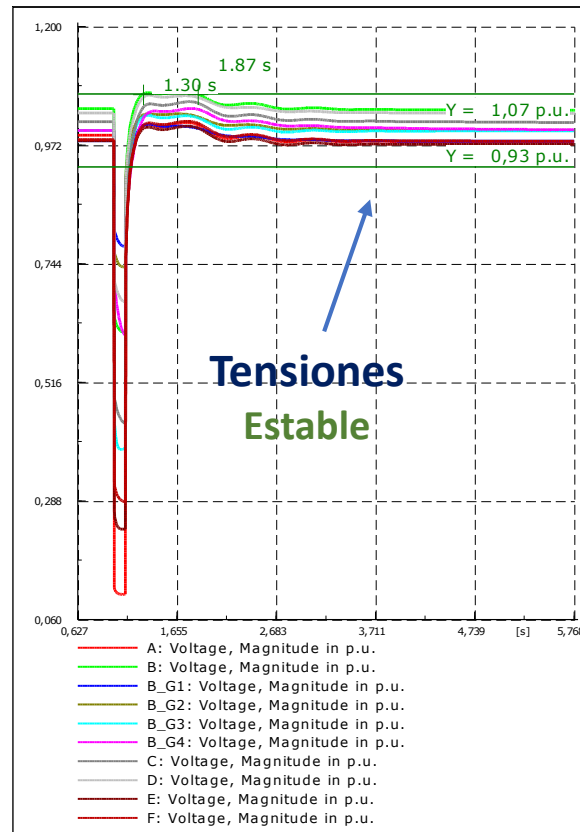
Parte 2: Generadores de la red CON Controles

Simular

- Repetir falla de Parte 1
- Observar Resultados



¿Sistema Estable?

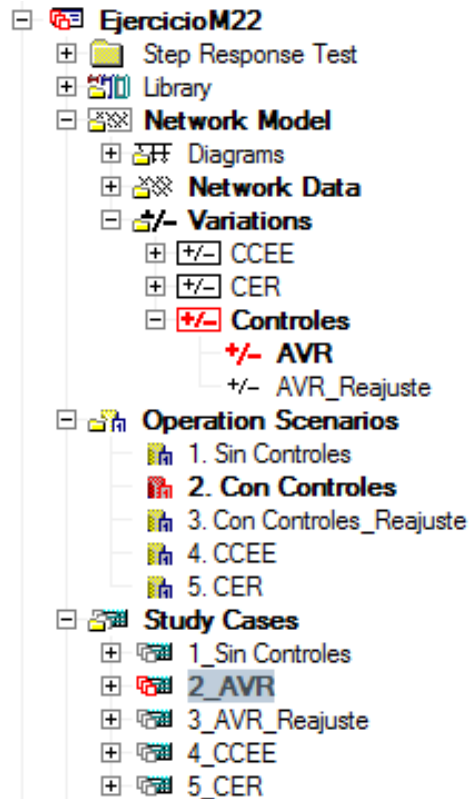




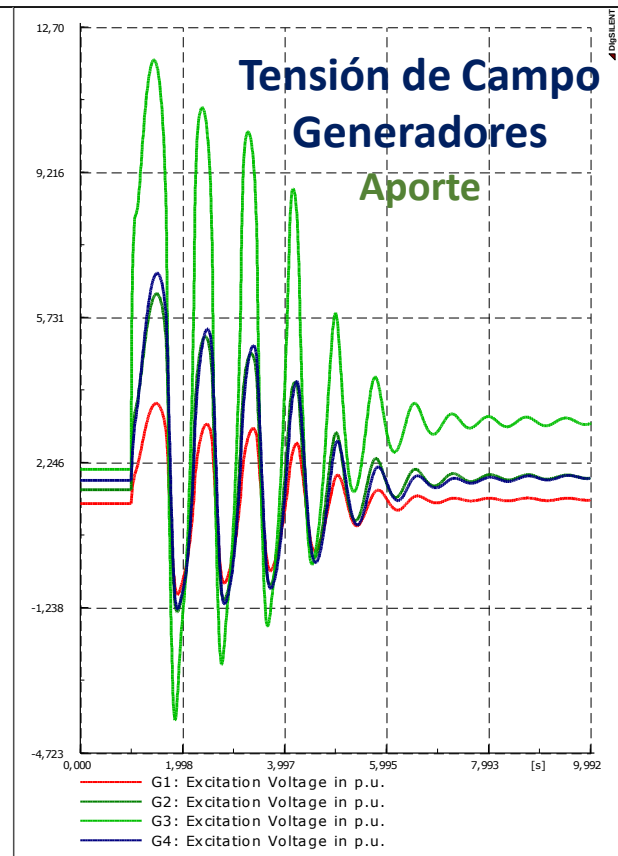
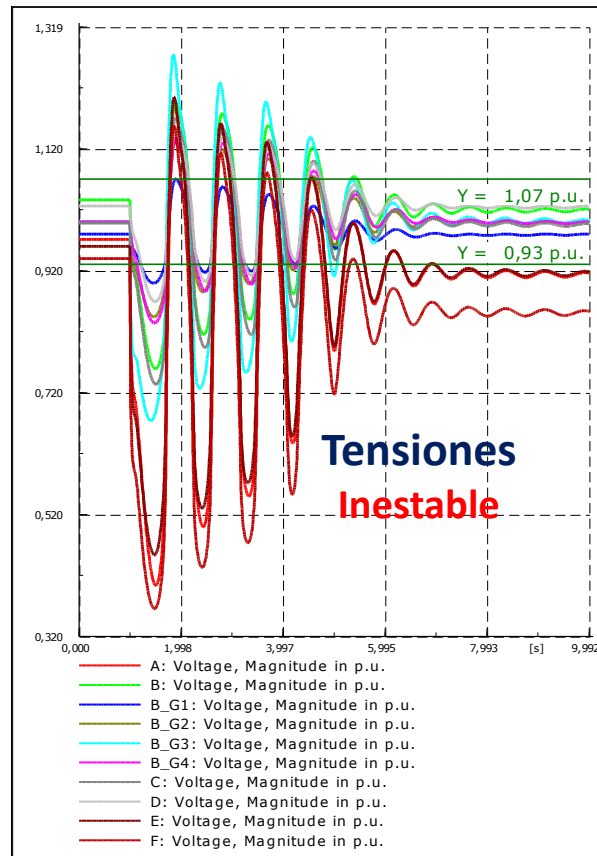
Ejercicio M22 – Parte 2

Parte 2: Generadores de la red CON Controles

Simular



- Apertura Intempestiva transformador TR_C2
- Observar Resultados



¿Problemática?
¿Soluciones?

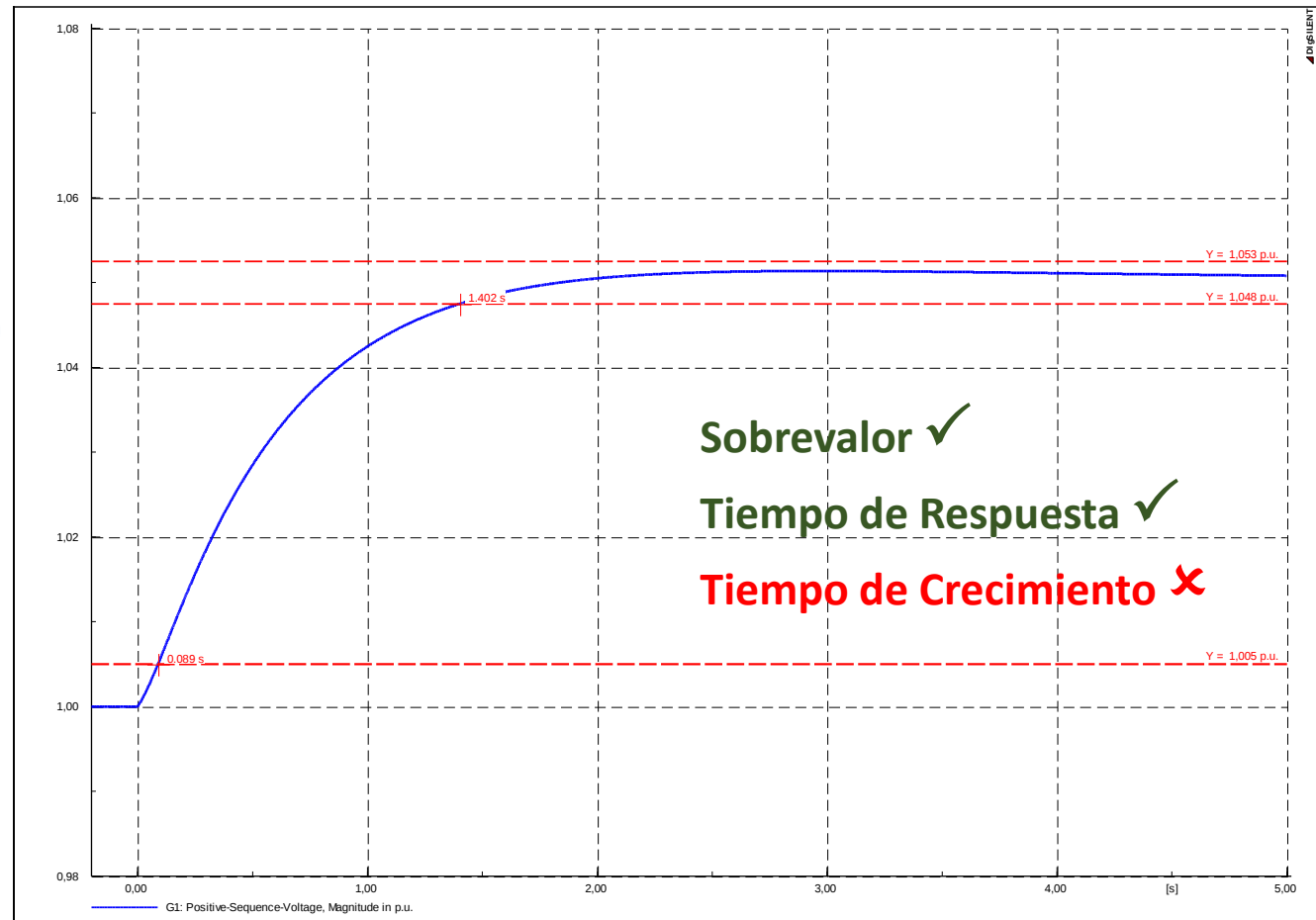
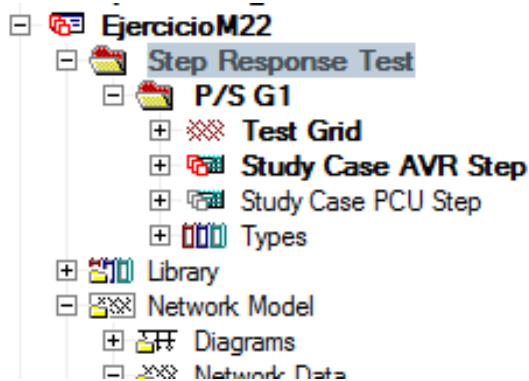


Ejercicio M22 – Parte 2

Parte 2: Generadores de la red CON Controles

Evaluar

- Tiempo de respuesta de los controles



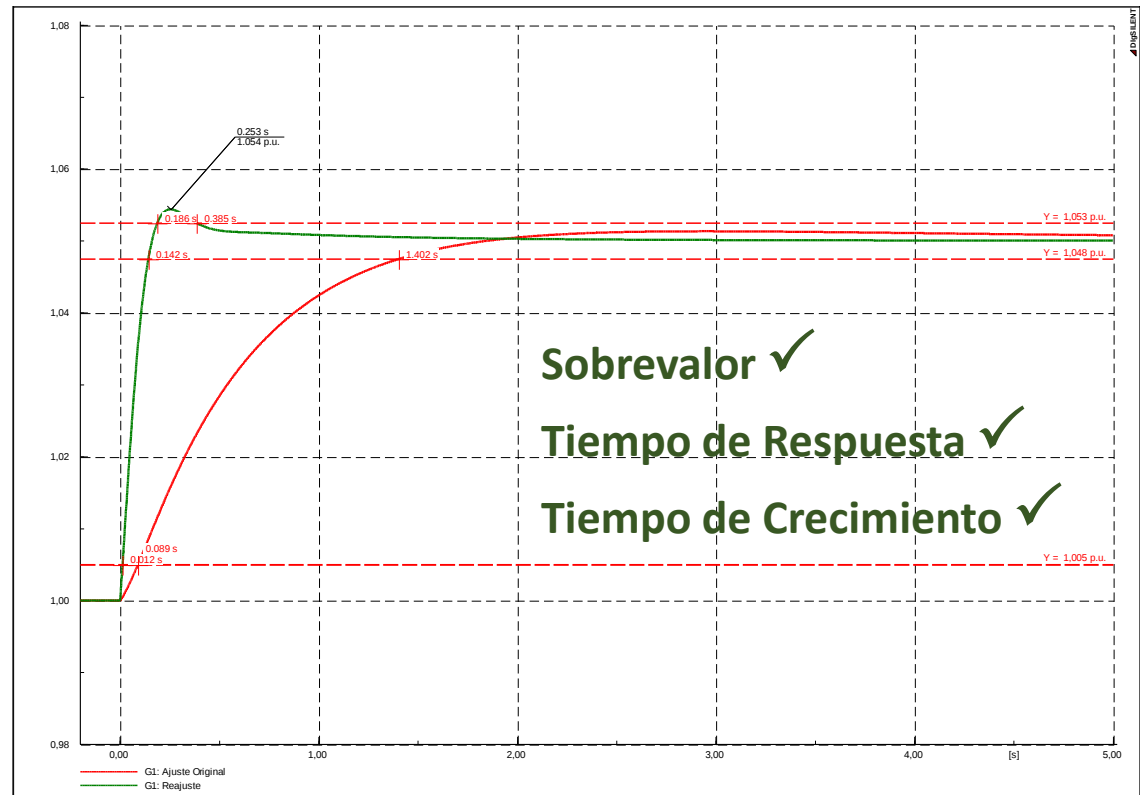
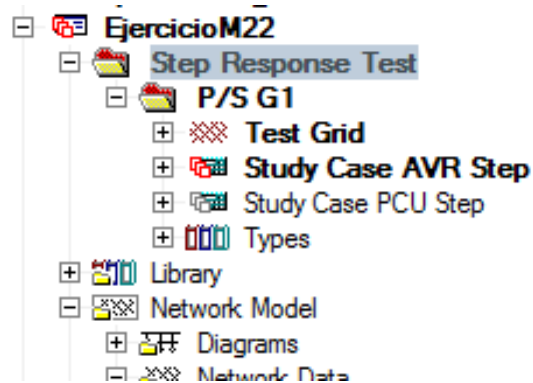


Ejercicio M22 – Parte 3

Parte 3: Reajuste de Controles

Simular

- Resimular ajustando la ganancia del regulador (GRV1) a 10 veces su valor
- Comparar resultados

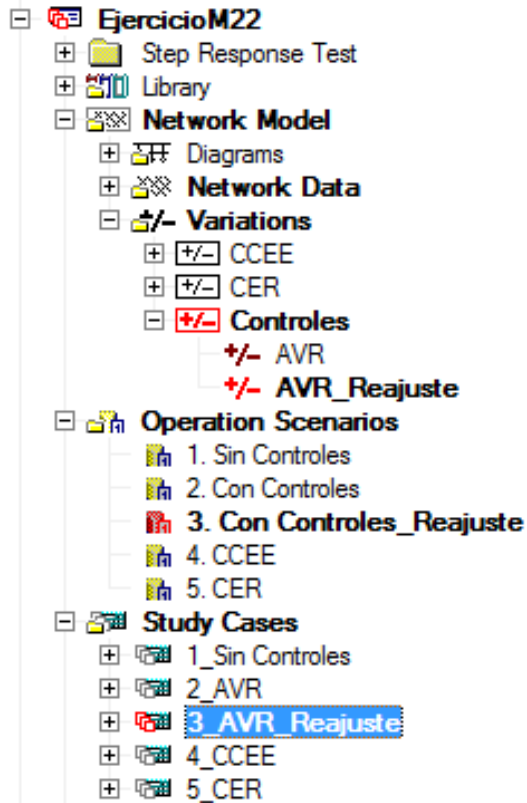




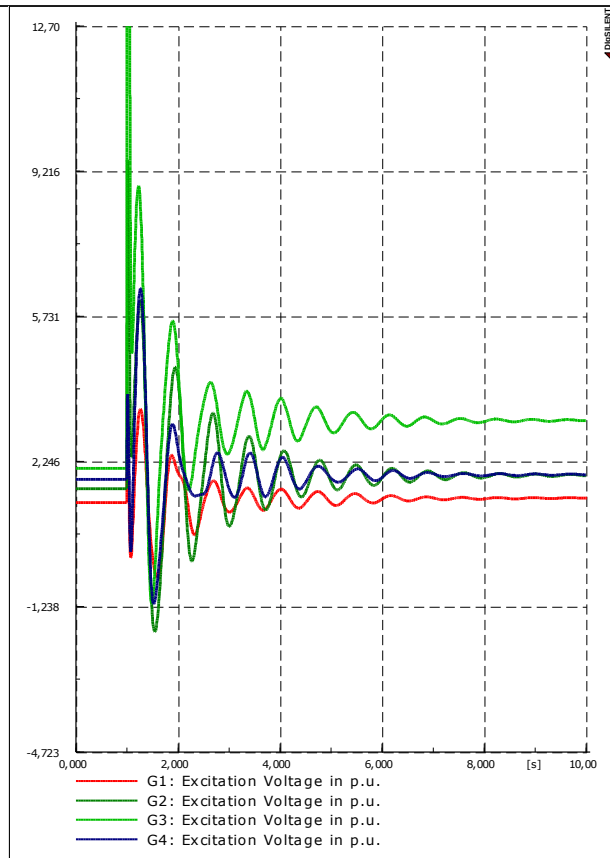
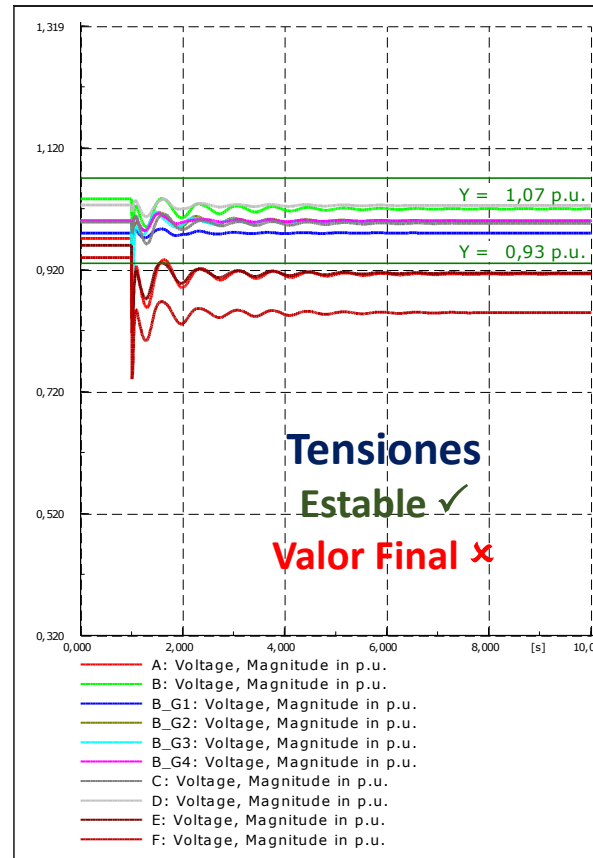
Ejercicio M22 – Parte 3

Parte 3: Reajuste de Controles

Simular



- Apertura Intempestiva transformador TR_C2
- Observar Resultados

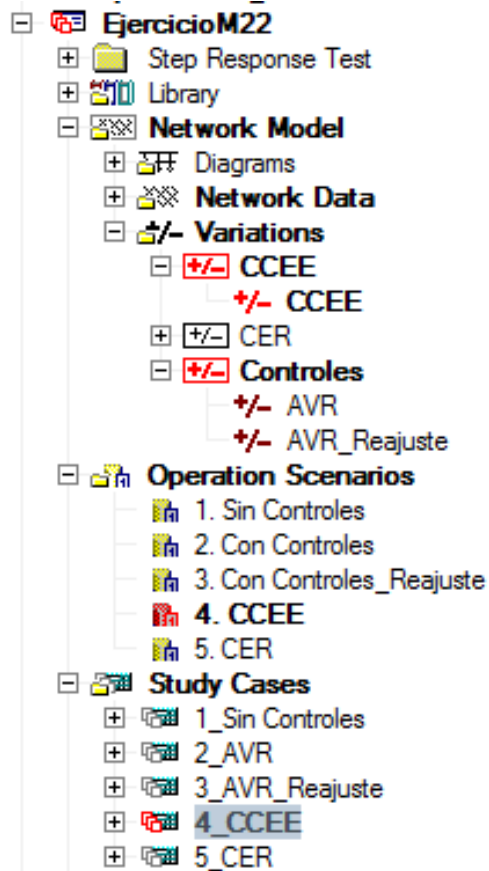


¿Problemática?
¿Soluciones?



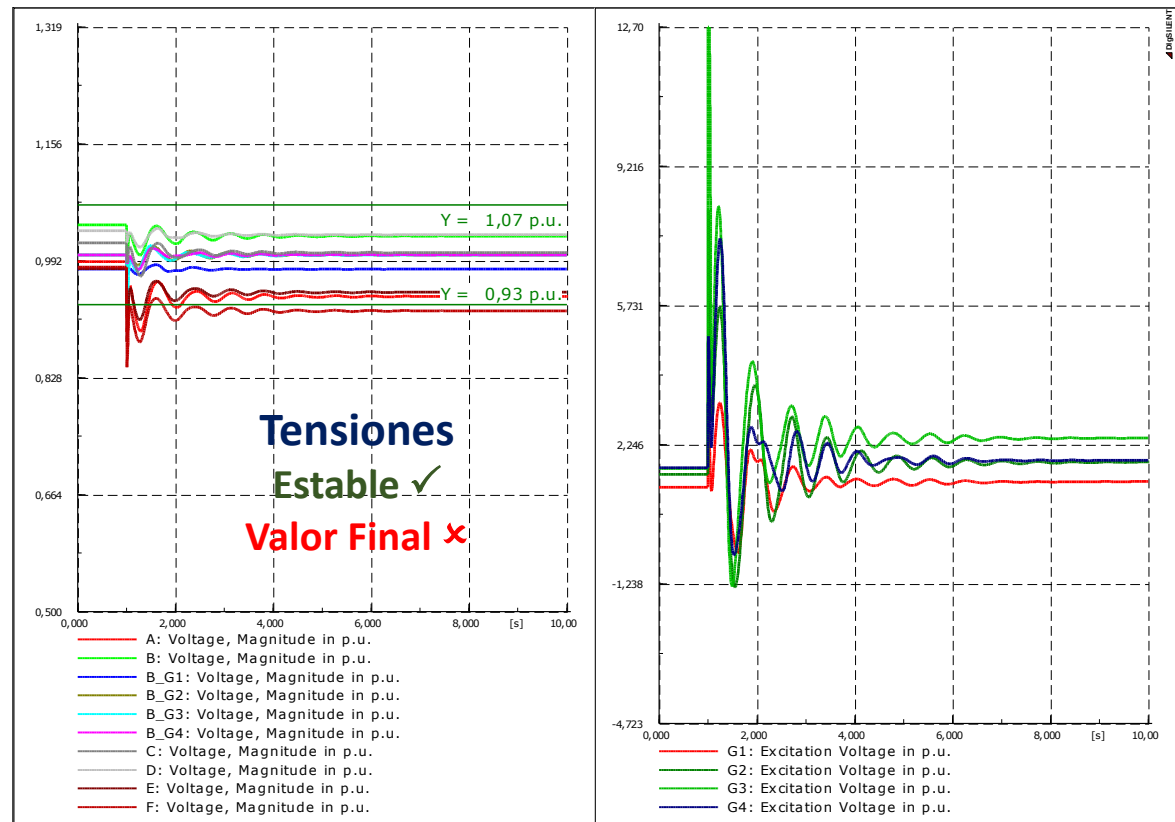
Ejercicio M22 – Parte 4

Parte 4: Banco de CCEE



Simular

- Capacitor Cap_F en Servicio
- Apertura Intempestiva transformador TR_C2



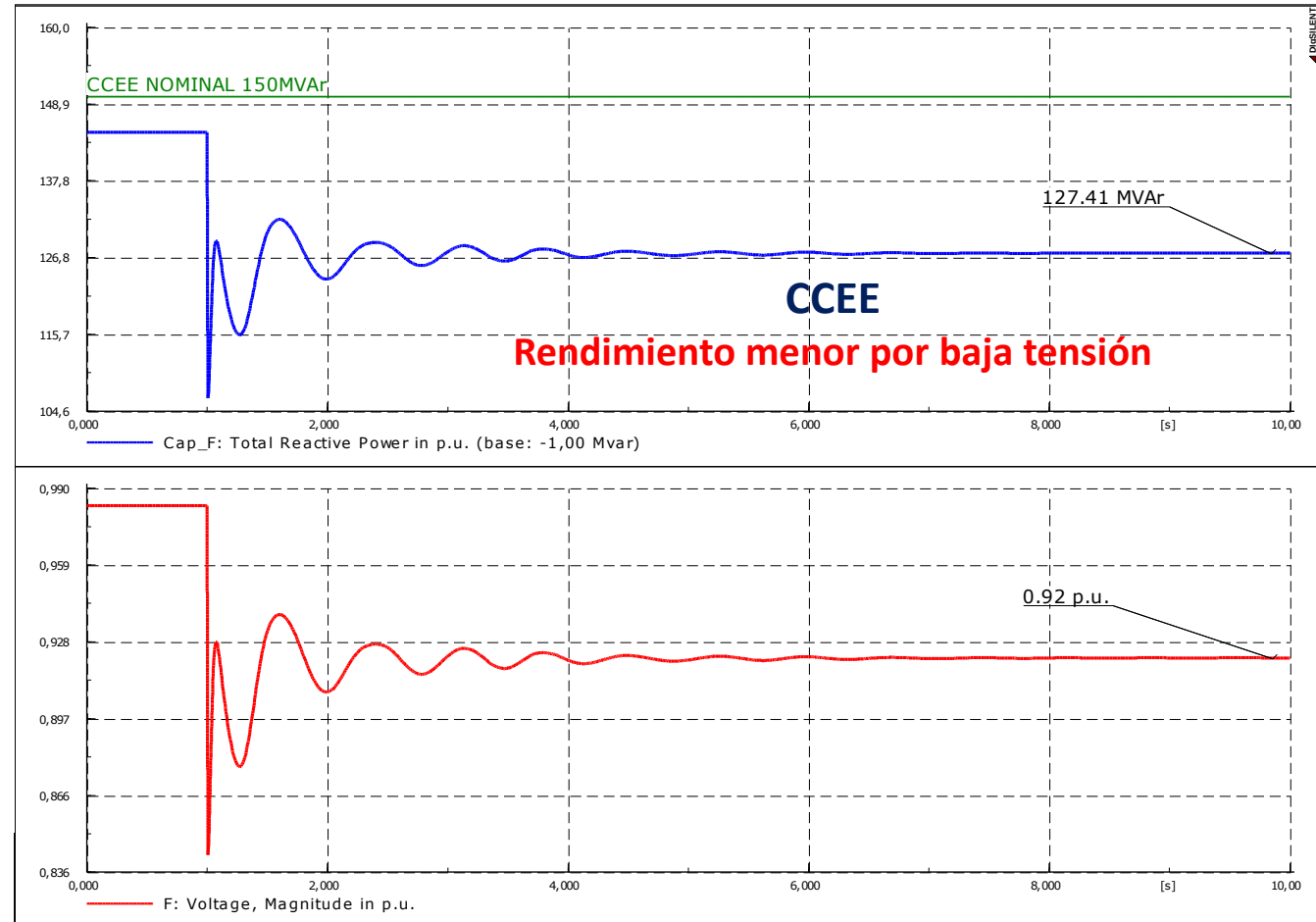
¿Problemática?



Ejercicio M22 – Parte 4

Parte 4: Banco de CCEE

- [-] EjercicioM22
 - [+] Step Response Test
 - [+] Library
 - [-] Network Model
 - [+] Diagrams
 - [+] Network Data
 - [-] Variations
 - [+] CCEE
 - [+] CCEE
 - [+] CER
 - [-] Controles
 - [+] AVR
 - [+] AVR_Reajuste
 - [+] Operation Scenarios
 - [+] 1. Sin Controles
 - [+] 2. Con Controles
 - [+] 3. Con Controles_Reajuste
 - [+] 4. CCEE
 - [+] 5. CER
 - [-] Study Cases
 - [+] 1_Sin Controles
 - [+] 2_AVR
 - [+] 3_AVR_Reajuste
 - [+] 4_CCEE
 - [+] 5_CER



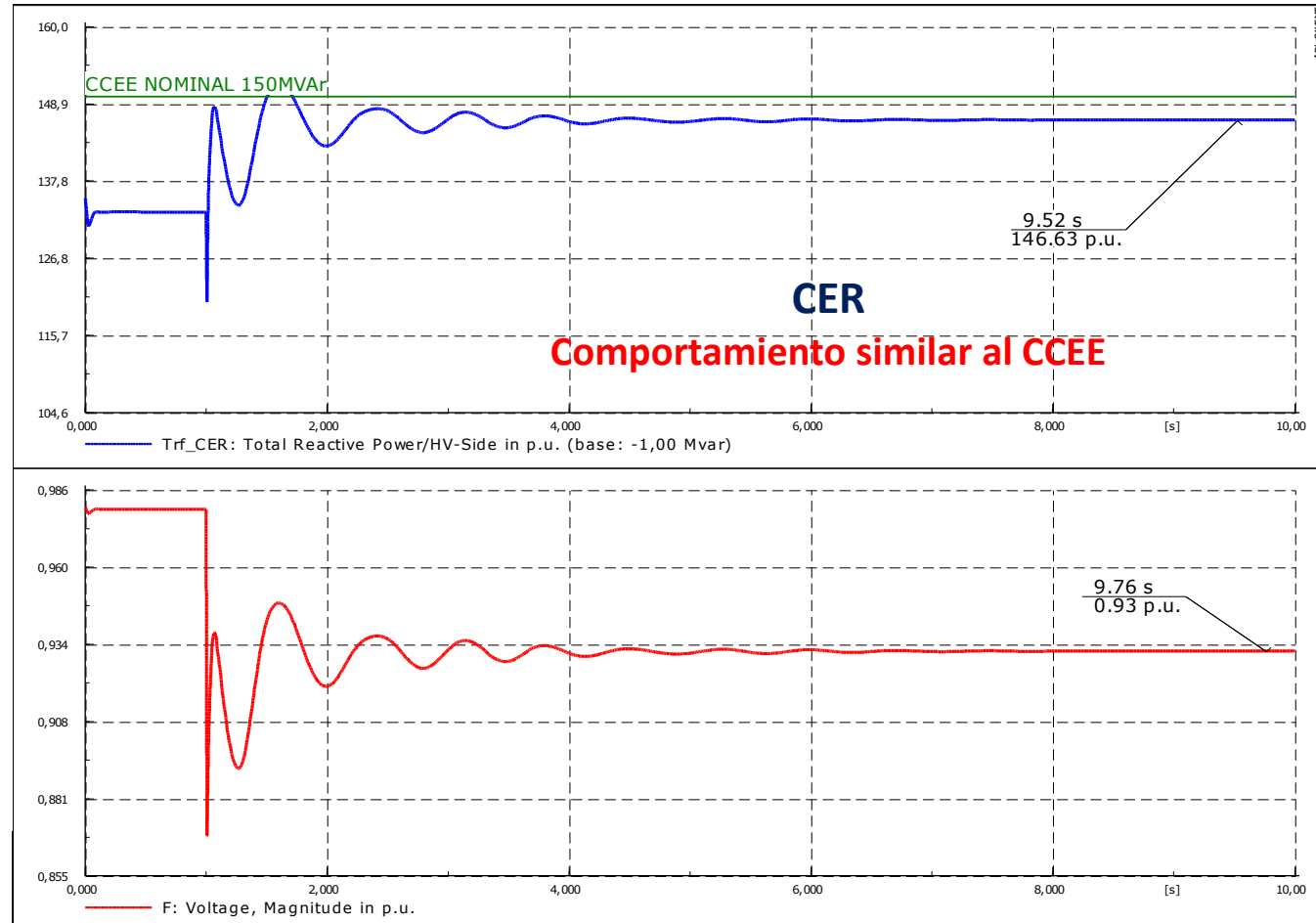
¿Soluciones?



Ejercicio M22 – Parte 5

Parte 5: Compensador Estático de Reactivo

- [-] EjercicioM22
 - [+] Step Response Test
 - [+] Library
 - [-] Network Model
 - [+] Diagrams
 - [+] Network Data
 - [-] Variations
 - [+] CCEE
 - [+] CCEE
 - [+] CER
 - [-] Controles
 - [+] AVR
 - [+] AVR_Reajuste
 - [+] Operation Scenarios
 - [+] 1. Sin Controles
 - [+] 2. Con Controles
 - [+] 3. Con Controles_Reajuste
 - [+] 4. CCEE
 - [+] 5. CER
 - [-] Study Cases
 - [+] 1_Sin Controles
 - [+] 2_AVR
 - [+] 3_AVR_Reajuste
 - [+] 4_CCEE
 - [+] 5_CER



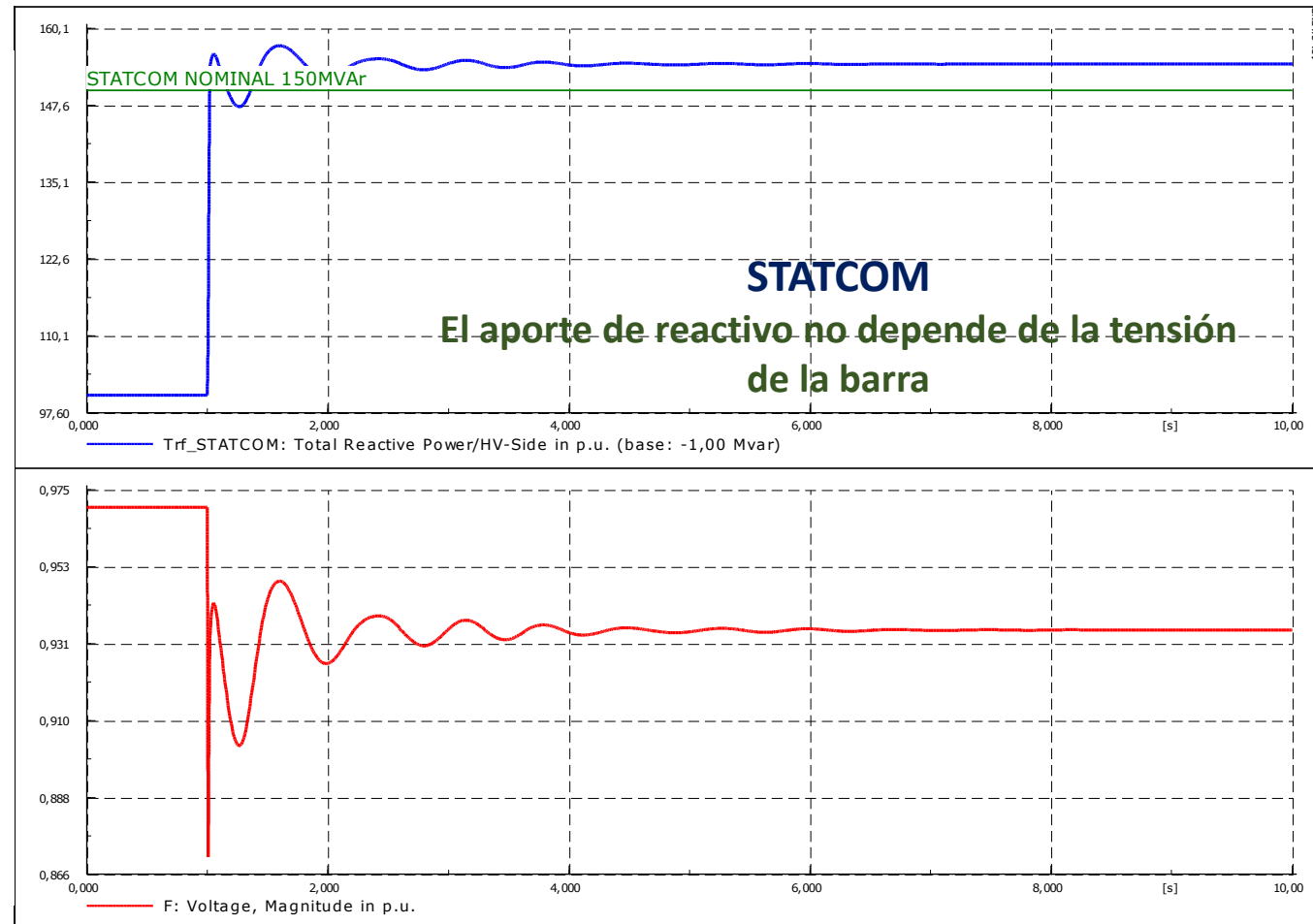
¿Ventajas del CER respecto a los CCEE?



Ejercicio M22 – Parte 6

Parte 6: STATCOM

- [-] EjercicioM22
 - [+] Step Response Test
 - [+] Library
 - [-] Network Model
 - [+] Diagrams
 - [+] Network Data
 - [-] Variations
 - [+] CCEE
 - [+] CER
 - [+] Controles
 - [+] STATCOM
 - [+] STATCOM
 - [+] Operation Scenarios
 - 1. Sin Controles
 - 2. Con Controles
 - 3. Con Controles_Reajuste
 - 4. CCEE
 - 5. CER
 - 6. STATCOM
 - [-] Study Cases
 - [+] 1_Sin Controles
 - [+] 2_AVR
 - [+] 3_AVR_Reajuste
 - [+] 4_CCEE
 - [+] 5_CER
 - [+] 6_STATCOM



¿Ventajas del STATCOM? ¿Utilización?



Modelo de la Demanda

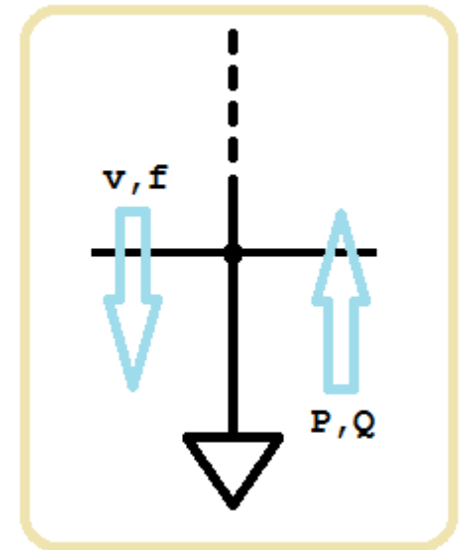
- Comprende un conjunto de ecuaciones algebraicas y diferenciales que evidencian la dependencia de consumo de potencia activa y reactiva con respecto a las magnitudes de tensión y frecuencia.
- Por lo general, las características de la demanda resulta de difícil estimación debido a la variabilidad de tipos de carga.

Modelo estático

Expresa una característica de la carga en cada instante de tiempo como una función algebraica de las magnitudes de tensión y frecuencia en ese instante

Modelo dinámico

Las componentes de potencia activa y reactiva en cada instante son funciones de los valores de tensión y frecuencia de la barra en el pasado y en ese instante.





Modelo de la Demanda



Modelo ZIP

- Expresa la dependencia estática de la carga respecto a la tensión y la frecuencia. El nombre deriva de los tres términos que conforman la potencia activa y la reactiva.

$$P = P_0 \cdot \{ p_1 \cdot V_{pu}^2 + p_2 \cdot V_{pu} + p_3 \} \cdot \{ 1 + K_{pf} \cdot \Delta f \}$$

$$Q = Q_0 \cdot \{ q_1 \cdot V_{pu}^2 + q_2 \cdot V_{pu} + q_3 \} \cdot \{ 1 + K_{qf} \cdot \Delta f \}$$

p_1, p_2, p_3 : definen la participación de cada término en P

q_1, q_2, q_3 : definen la participación de cada término en Q

K_{pf} y K_{qf} : representa la dependencia con la frecuencia

Exponente	Magnitud constante
2	Impedancia (Z)
1	Corriente (I)
0	Potencia (P)



Modelo de la Demanda

MODELO ESTÁTICO



Basic Data

Load Flow

VDE/IEC Short-Circuit

Complete Short-Circuit

ANSI Short-Circuit

IEC 61363

DC Short-Circuit

RMS-Simulation

EMT-Simulation

Voltage Dependence P

Coefficient aP

0.

Exponent e_{aP}

0.

Coefficient bP

0.

Exponent e_{bP}

0.

Coefficient cP

1.

Exponent e_{cP}

1.3

Voltage Dependence of Q

Coefficient aQ

0.

Exponent e_{aQ}

0.

Coefficient bQ

0.

Exponent e_{bQ}

0.

Coefficient cQ

1.

Exponent e_{cQ}

3.

Basic Data

Load Flow

VDE/IEC Short-Circuit

Complete Short-Circuit

ANSI Short-Circuit

IEC 61363

DC Short-Circuit

RMS-Simulation

EMT-Simulation

Harmonics/Power Quality

Optimal Power Flow

Reliability

Generation Adequacy

Description

Percentage

Static (const Z)

0

%

Dynamic

100

%

☒ Nonlinear Model

Dynamic Load Time Constant

0.

s

Dynamic Load

Frequency Dependence, kpf

0.9

kqf

-2.

Frequency Time Constant, tpf

0.

s

tqf

0.

s

Voltage Time Constant, tpu

0.

s

tqu

0.

s

Voltage Dependence of P

Coefficient aP

0.

Exponent e_{aP}

0.

Coefficient bP

0.

Exponent e_{bP}

0.

Coefficient cP

1.

Exponent e_{cP}

1.3

Voltage Dependence of Q

Coefficient aQ

0.

Exponent e_{aQ}

0.

Coefficient bQ

0.

Exponent e_{bQ}

0.

Coefficient cQ

1.

Exponent e_{cQ}

3.

Voltage Limits

Upper Voltage Limit

1.2

p.u.

Lower Voltage Limit

0.8

p.u.

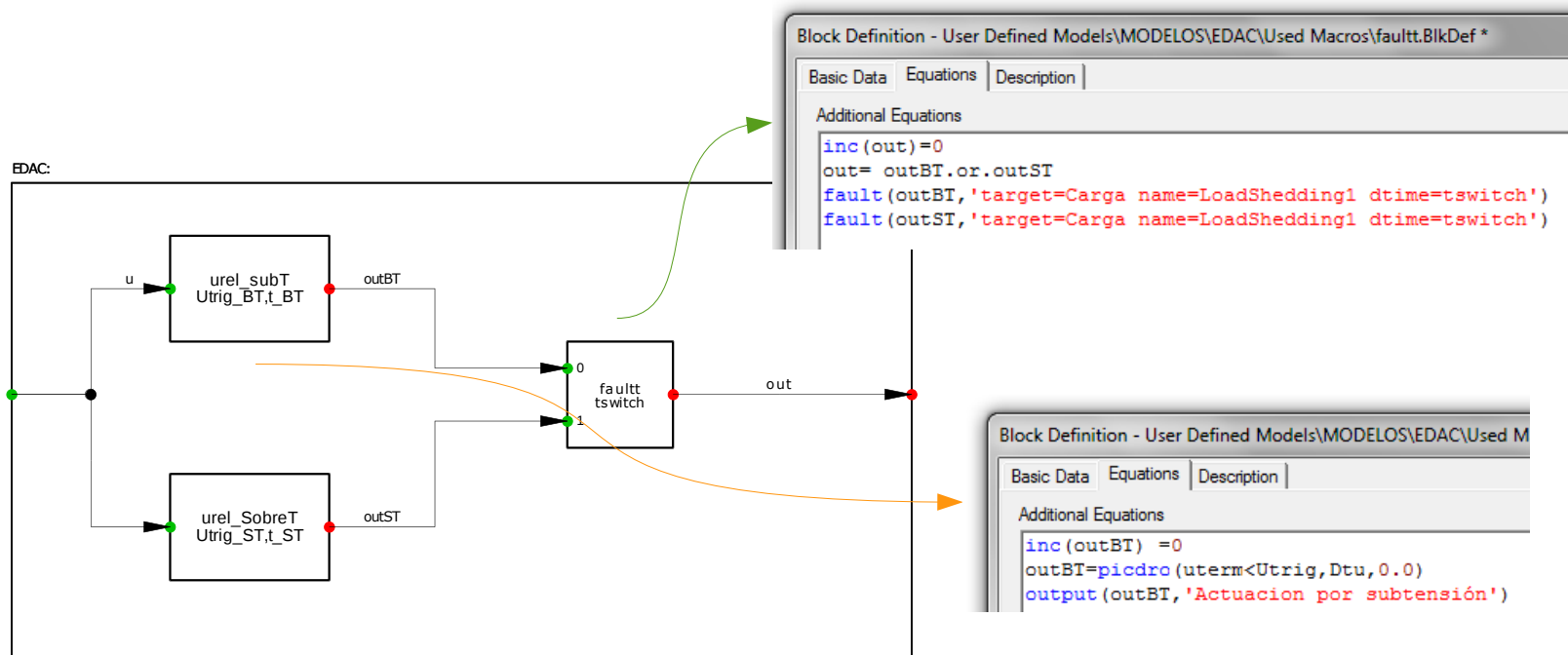
MODELO DINÁMICO





Esquemas Especiales

- Para casos especiales se utilizan esquemas automáticos para el control de la inestabilidad
- Dado que algunos fenómenos de inestabilidad en tensión ocurren en tiempos mínimos, resulta incapaz la solución mediante la respuesta humana.
- Por este motivo se diseñan Esquemas de Desconexión Automática de Carga (EDAC) ajustados en valores de tensión y tiempo de actuación determinados mediante estudios.





FIN DEL MÓDULO 2



Gracias