

EM 737

CLASE 2

MODELOS DE CARGA

LUIS S. VARGAS
Área de Energía
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Chile



INDICE

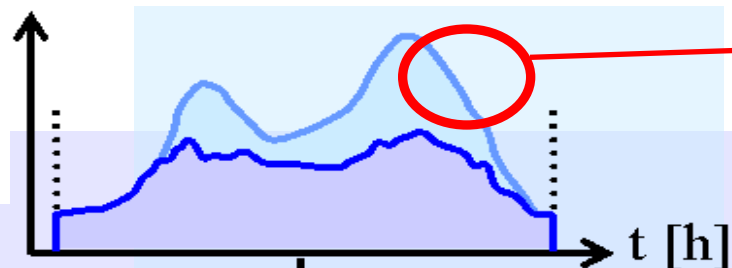
- Introducción general al estudio de estabilidad en sistemas dinámicos
- Conceptos básicos: Planta, entrada, estado, salida, perturbaciones
- Teoría de estabilidad



MODELOS DE CARGA

P MW

Q MVAR

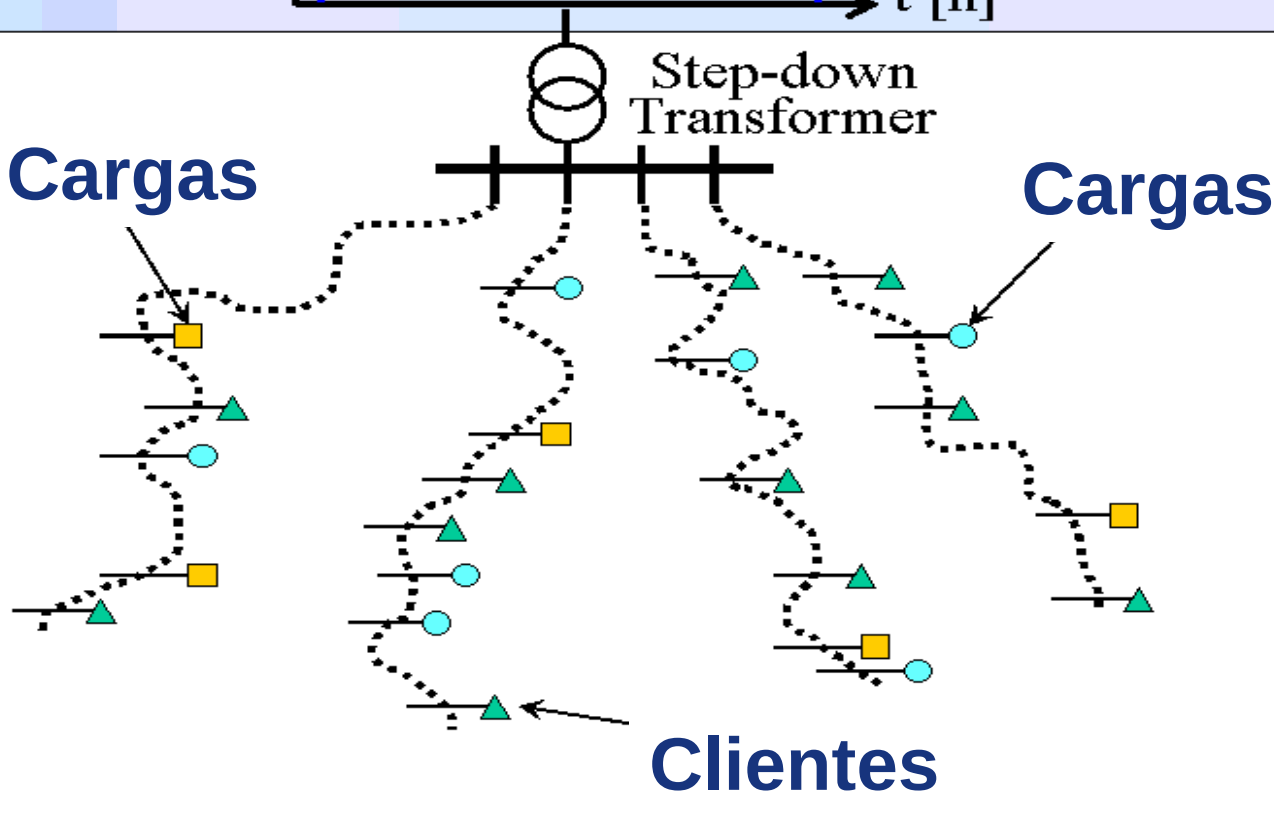


$P(t)$

Cargas

Step-down
Transformer

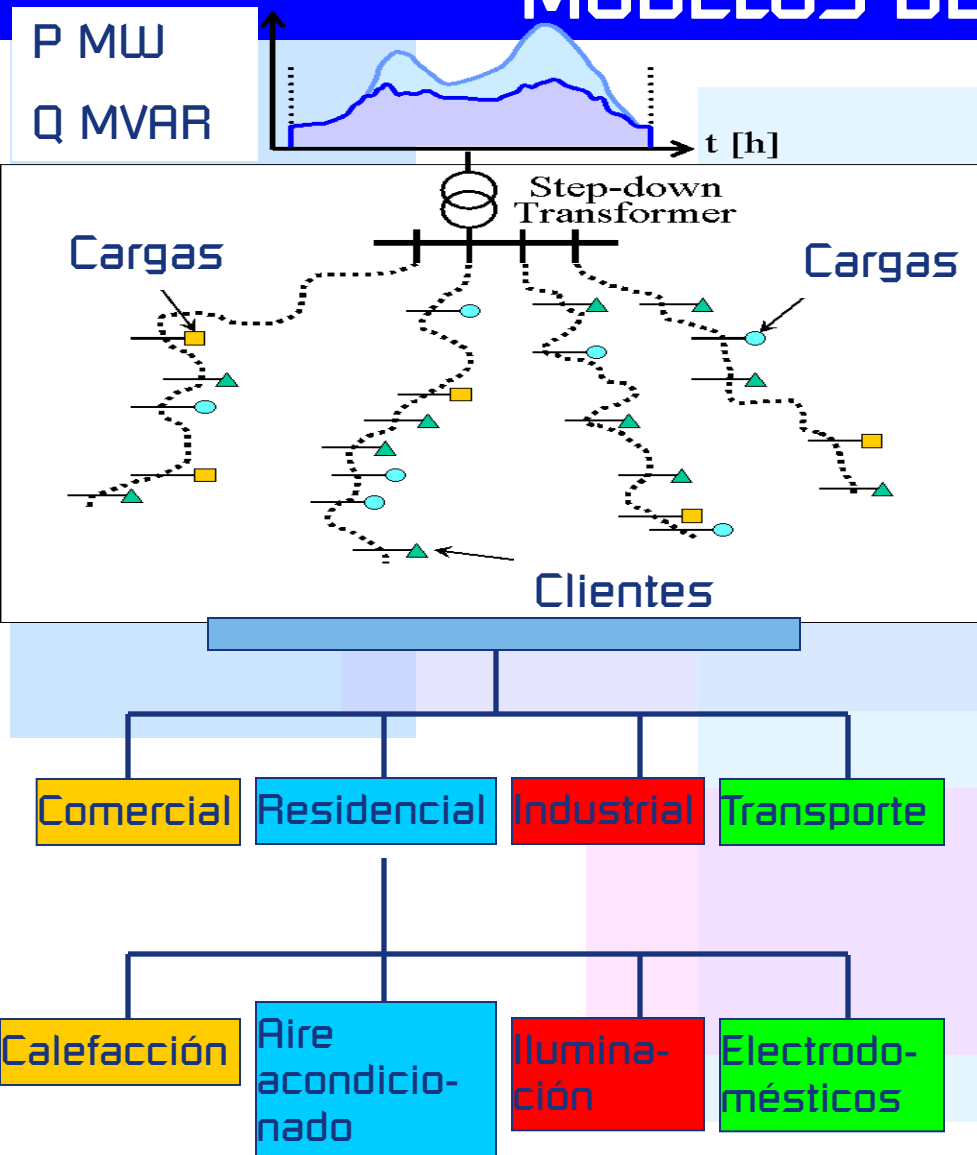
Cargas



Clientes



MODELOS DE CARGA



- Clase. Tipo general de carga por actividad económica: Residencial, comercial. Industrial, transporte
- Composición de clase. Composición agregada de clase de un alimentador o SS/EE.
- Componente. Componentes físicos: calentadores, tubos fluorescentes, motores de inducción, etc.
- Composición de carga. Composición agregada de componentes de un alimentador o SS/EE.

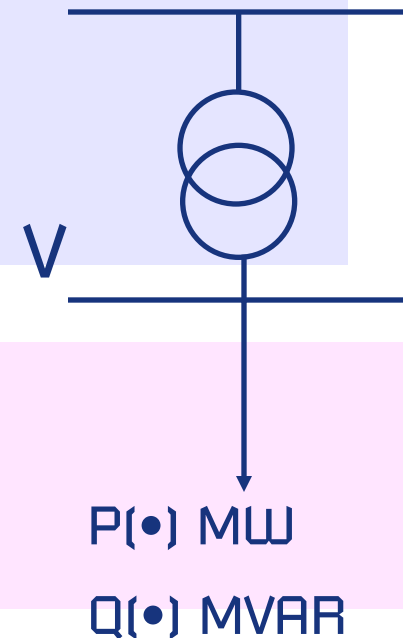
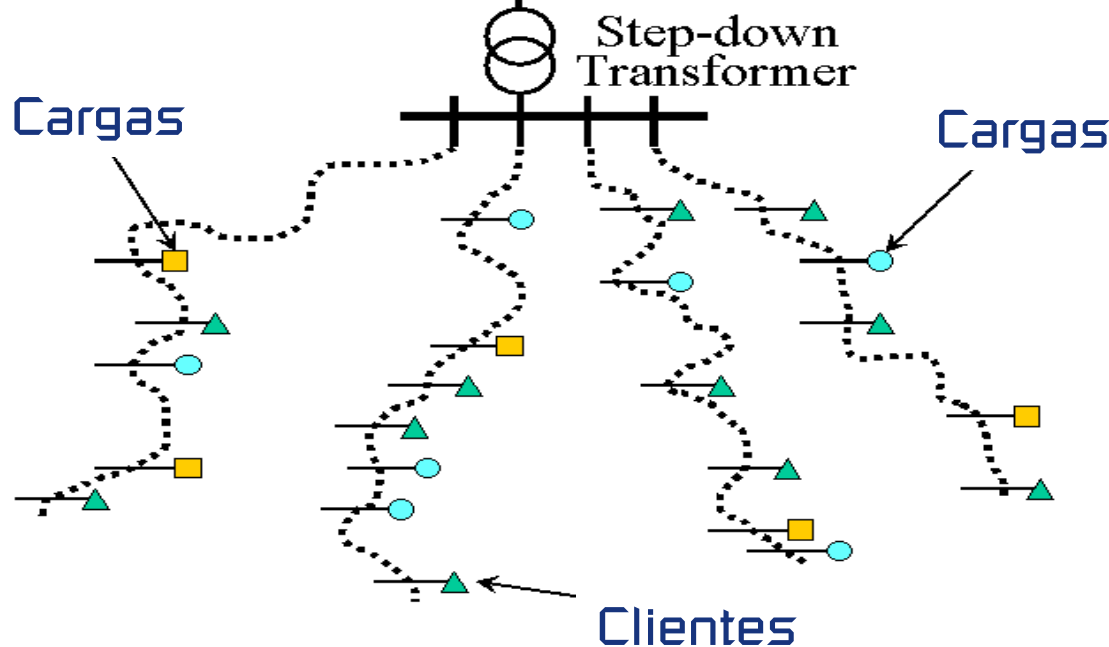
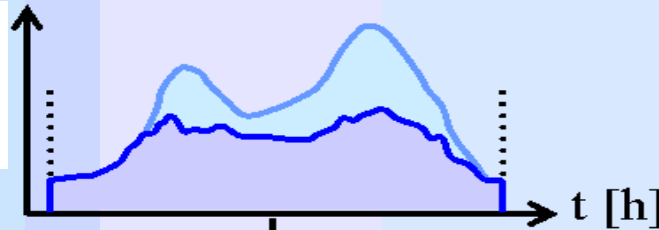


MODELOS DE CARGA

1. Estáticos: $P = P(P_o, Q_o, V_o, f_o, V, f)$ $Q = Q(P_o, Q_o, V_o, f_o, V, f)$

2. Dinámicos: $f(\frac{\partial^n P}{\partial t^n}, \dots, \frac{\partial P}{\partial t}, P, \frac{\partial^m V}{\partial t^m}, \dots, \frac{\partial V}{\partial t}, V) = 0$ $f(\frac{\partial^r Q}{\partial t^r}, \dots, \frac{\partial Q}{\partial t}, P, \frac{\partial^s V}{\partial t^s}, \dots, \frac{\partial V}{\partial t}, V) = 0$

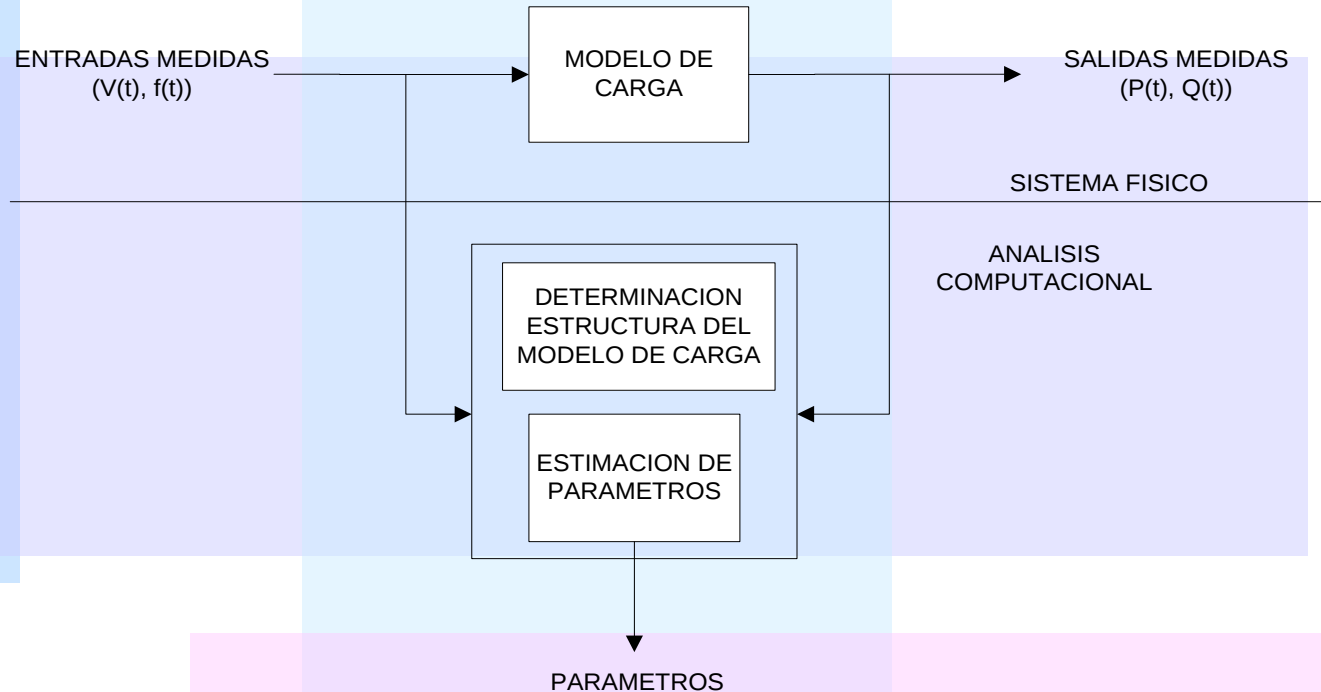
P MW
Q MVAR





MODELOS DE CARGA

DESARROLLO DE UN MODELO DE CARGA

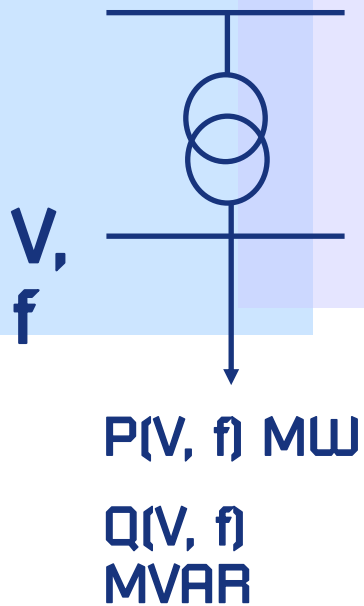


- ❖ Determinación o elección de la estructura del modelo de carga.
- ❖ Estimación de los parámetros de la estructura del modelo de carga considerado.
- ❖ Validación y Aplicación del modelo obtenido.



Modelos estáticos. Se usan en Flujos de Potencia, Estabilidad, Despacho, Predespacho, etc.

- Modelos básicos



P, Q

P_0, Q_0

Impedancia
Constante

Corriente
Constante

Carga
Constante

V

- Modelo Polinomial: Combinación lineal de tres básicos



- Modelo Exponencial

$$P = P_o \left(\frac{V}{V_o} \right)^\alpha$$

$$Q = Q_o \left(\frac{V}{V_o} \right)^\beta$$

	α	β
Aire Acondicionado	0.5	2.5
Cargador de Batería	2.59	4.06
Fluorescente	2.07	3.21
Fluorescente Electrónico	0.95 – 1.03	0.31 – 0.46



- Dependencia de la frecuencia

$$P = P_o \left(\frac{V}{V_o} \right)^\alpha (1 + af(f - f_o))$$

$$Q = Q_o \left(\frac{V}{V_o} \right)^\beta (1 + af(f - f_o))$$

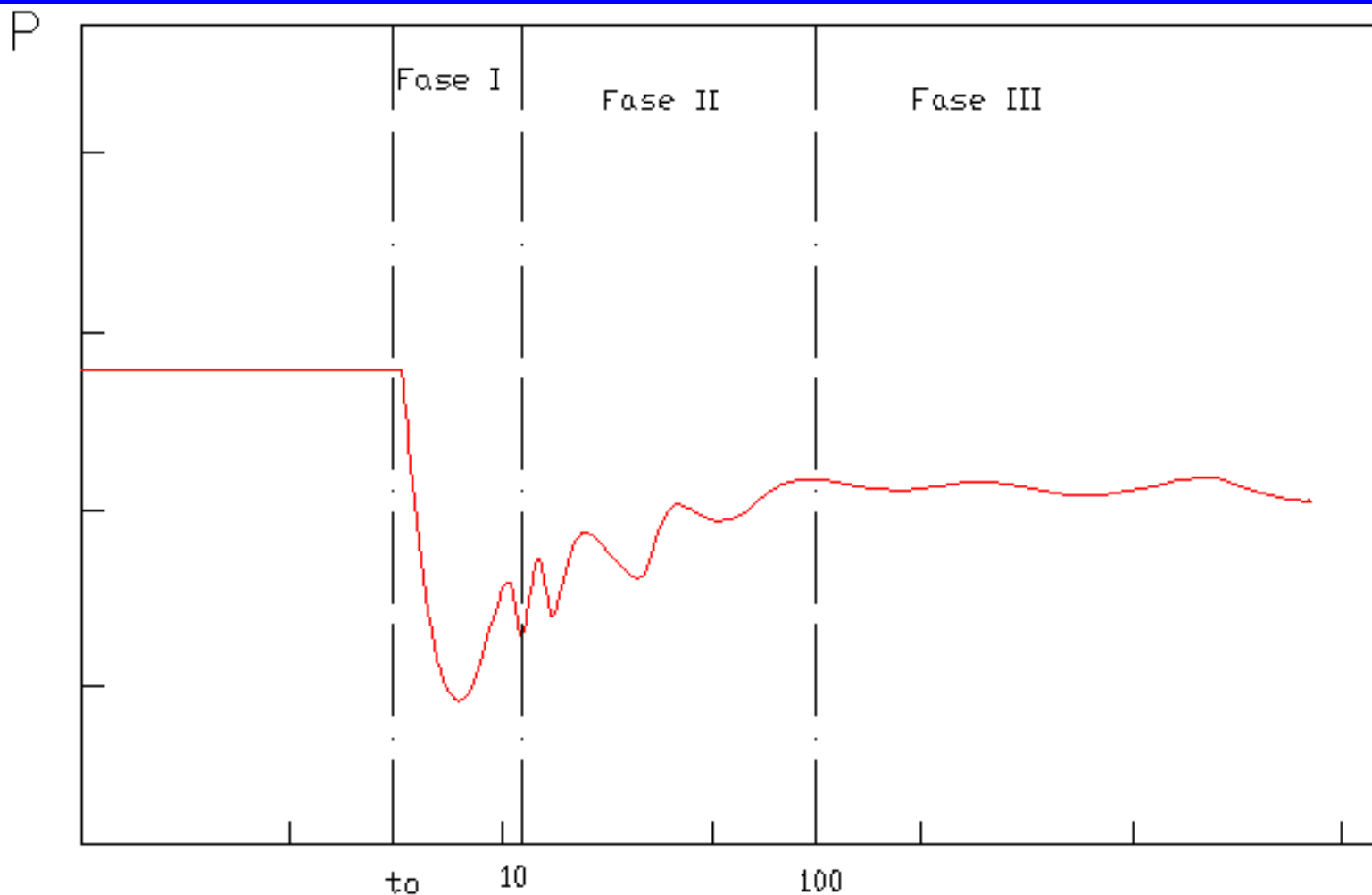


RESIDENTIAL:	p.f	α	β	Kpf	Kqf
Elec. Heating Northeast					
Summer	.90	1.2	2.7	.7	-2.3
Winter	.99	1.7	2.6	1.0	-1.7
North-Central					
Summer	.90	1.1	2.6	.8	-2.3
Winter	.99	1.7	2.6	1.0	-1.7
South					
Summer	.87	.9	2.4	.9	-2.1
Winter	.97	1.5	2.5	.9	-1.8
West					
Summer	.92	1.3	2.7	.8	-2.2
Winter	.99	1.7	2.5	1.0	-1.5
Non-Elec. Heating					
Northeast					
Summer	.91	1.2	2.8	.7	-2.3
Winter	.93	1.6	3.1	.7	-1.9
North-Central					
Summer	.91	1.3	2.8	.7	-2.2
Winter	.96	1.5	3.0	.8	-1.7
South					
Summer	.89	1.1	2.5	.9	-2.0
Winter	.97	1.6	2.9	.8	-1.6
West					
Summer	.94	1.4	2.9	.7	-2.1
Winter	.97	1.5	2.8	.9	-1.3
COMERCIAL					
Elec. Heating Northeast					
Summer	.85	.5	2.5	1.2	-1.6
Winter	.90	.6	2.5	1.5	-1.1
Non-Elec. Heating					
Summer	.87	.7	2.5	1.3	-1.9
Winter	.90	.8	2.4	1.7	-0.9
INDUSTRIAL					
PRIMARY ALUMINUM	.90	1.8	2.2	-0.3	.6
STEEL MILL	.83	.6	2.0	1.5	.6
POWER PLANT AUX.	.80	.1	1.6	2.9	1.8
AGRICULTURAL PUMPS.	.85	1.4	1.4	5.6	4.2

Source: IEEE Task Force on Load Representation for Dynamic Performance, "Load Representation for Dynamic Performance Analysis", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 8, No.2, May 1993, pp. 472-481.



Modelos Dinámicos de carga



Respuesta a un escalón de voltaje



$$\tau_p \frac{\partial P}{\partial t} + P = P_\infty$$

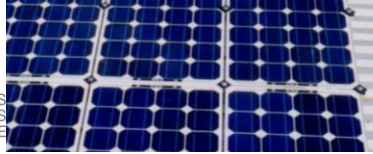
condiciones iniciales

$$P(t = t_0) = KP_o$$

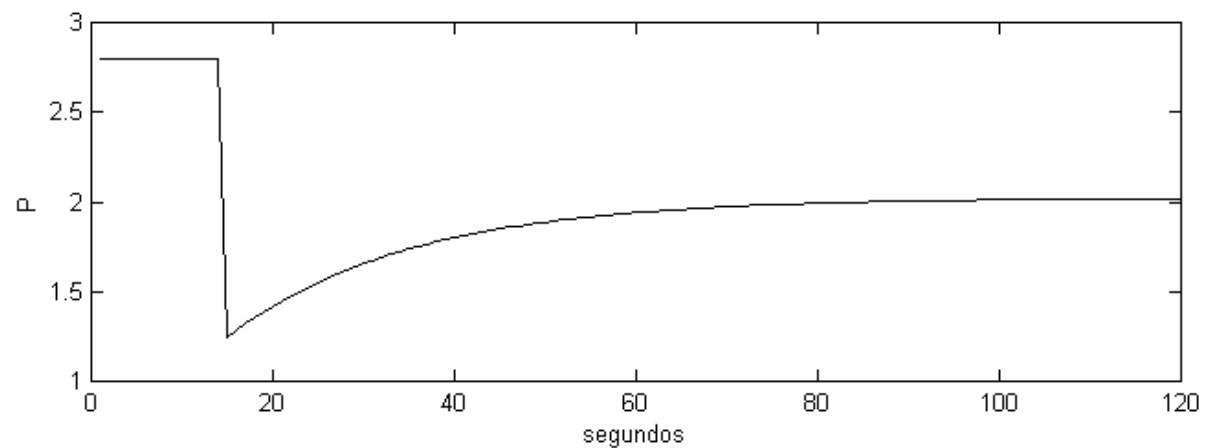
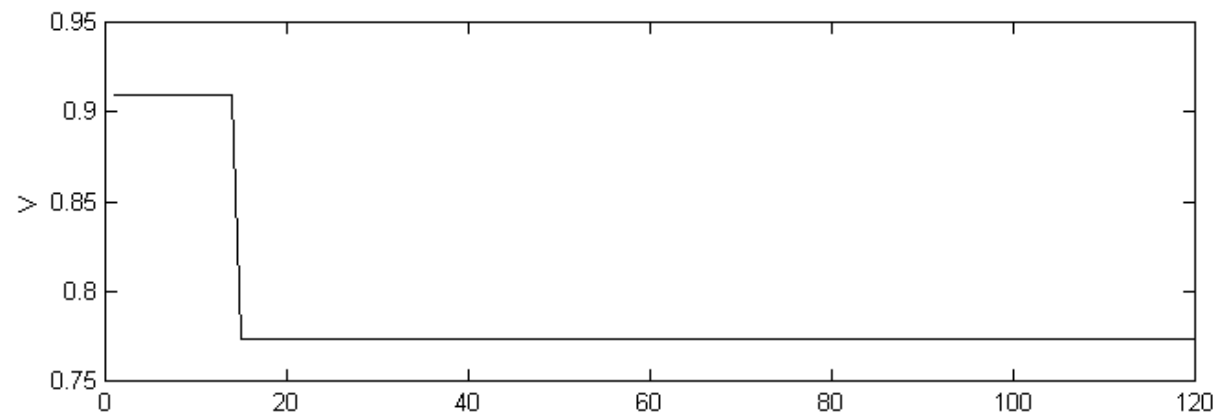
K da cuenta del descenso inicial (primera fase)

τ_p es la constante de tiempo de la carga que da cuenta del período de recuperación (segunda fase)

P_∞ son los valores de potencia en la carga cuando se alcanza el régimen permanente (tercera fase).



$$P(t) = P_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^\alpha + P_0 \left(K - \left(\frac{V}{V_0} \right)^\alpha \right) e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau_p}} \quad K = 1 + \Delta V$$



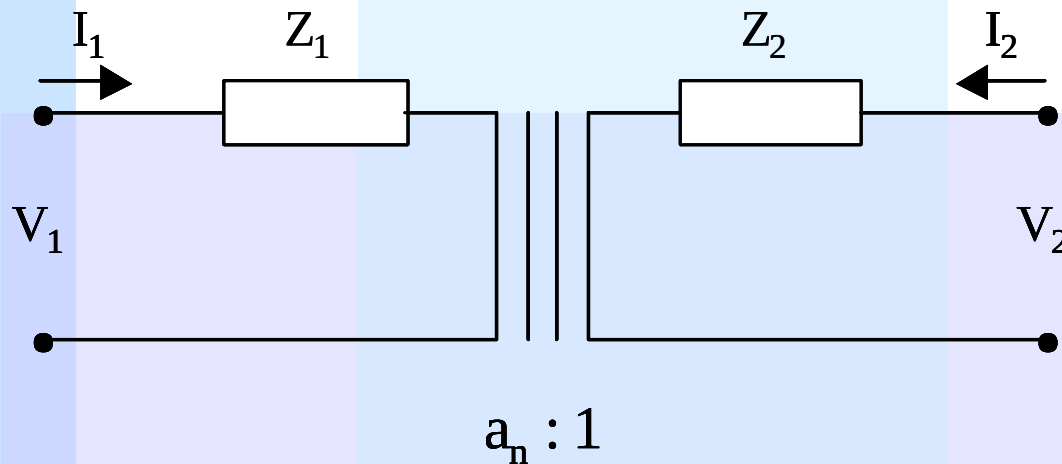


Modelos dinámicos por dispositivo

- Motores de inducción
- Motores sincrónicos
- Efecto de los transformadores



Efecto de los transformadores con OLTC



Funcionamiento de tap

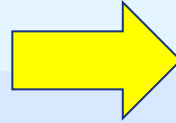
- Poseen banda muerta
- Luego de activados, operan con un tiempo de paso definido
- Luego de un número finito de pasos se saturan.



Circuito equivalente en por unidad

$$Z_{T1}(pu) = \frac{Z_{T1}}{Z_{n1}} = \frac{(Z_1 + a_n^2 Z_2)}{Z_{n1}}$$

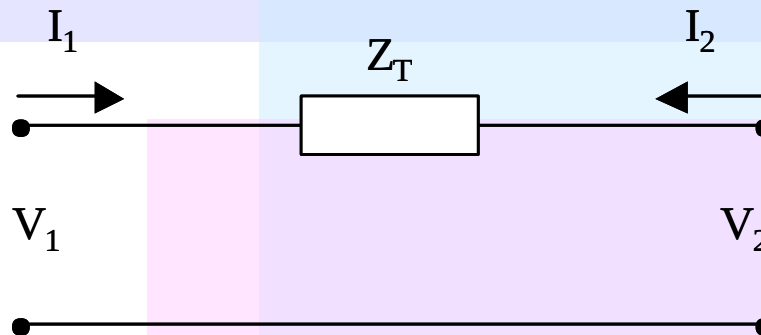
$$Z_{T1}(pu) = \frac{(Z_1 + a_n^2 Z_2) S_n}{V_{n1}^2}$$



$$Z_{T2}(pu) = \frac{Z_{T2}}{Z_{n2}} = \frac{(Z_2 + \frac{Z_1}{a_n^2})}{Z_{n2}} = \frac{(a_n^2 Z_2 + Z_1)}{a_n^2 Z_{n2}}$$

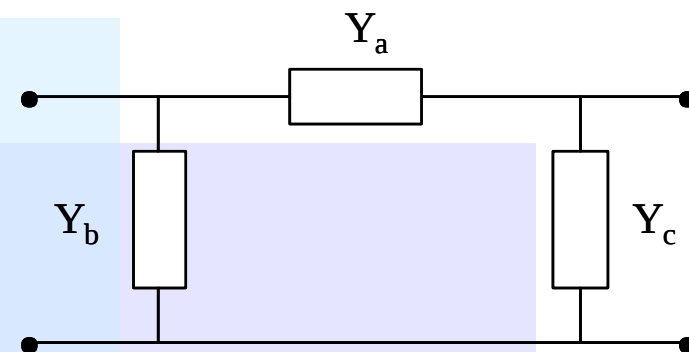
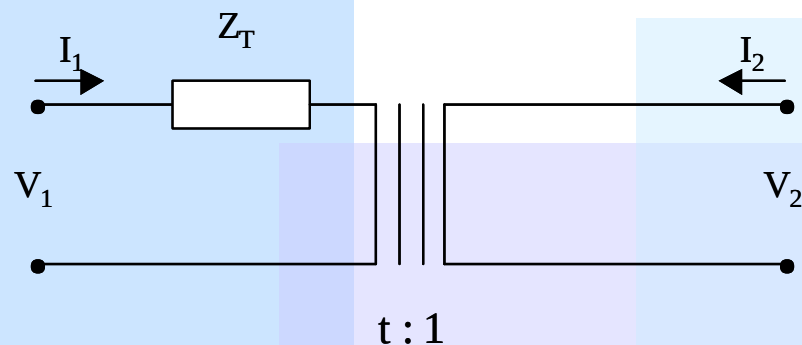
$$Z_{T2}(pu) = \frac{(a_n^2 Z_2 + Z_1) S_n}{a_n^2 V_{n2}^2} = \frac{(Z_1 + a_n^2 Z_2) S_n}{V_{n1}^2} = Z_{T1}(pu)$$

Circuito equivalente en por unidad





Modelo Transformador con Tap



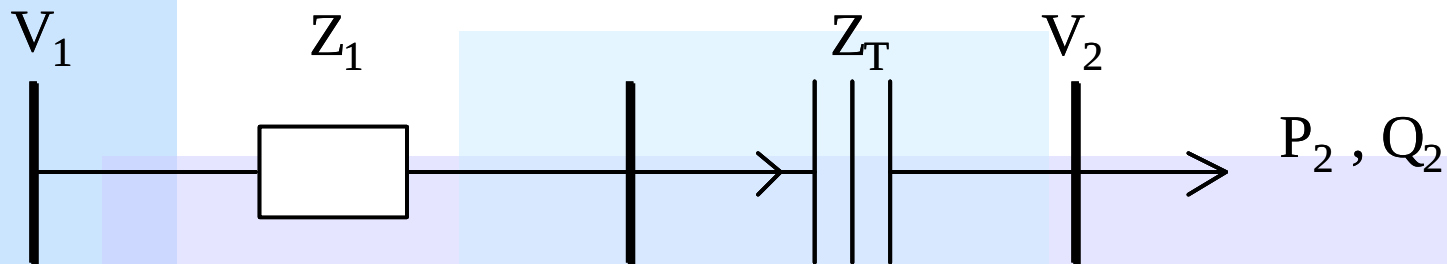
$$Y_a = \frac{t}{Z_T}$$

$$Y_b = \frac{(1-t)}{Z_T}$$

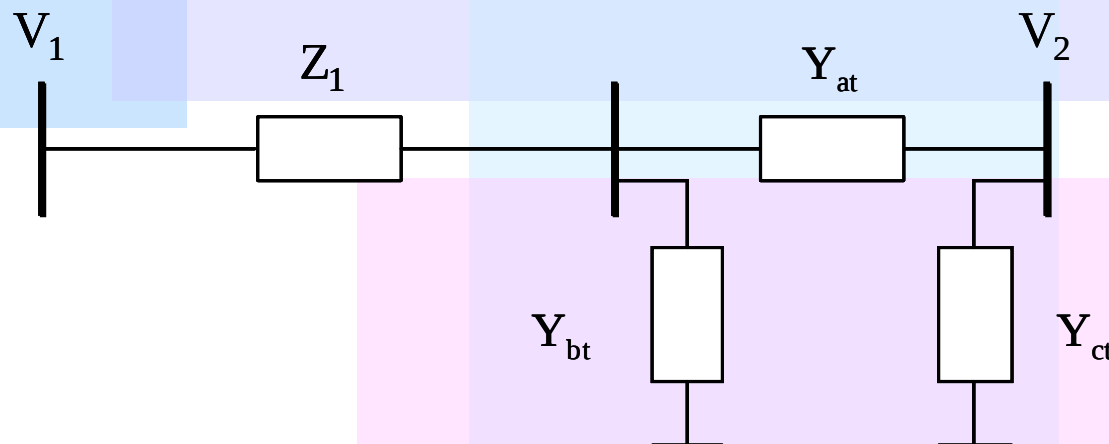
$$Y_c = \frac{t(t-1)}{Z_T}$$



Análisis Acción Directa



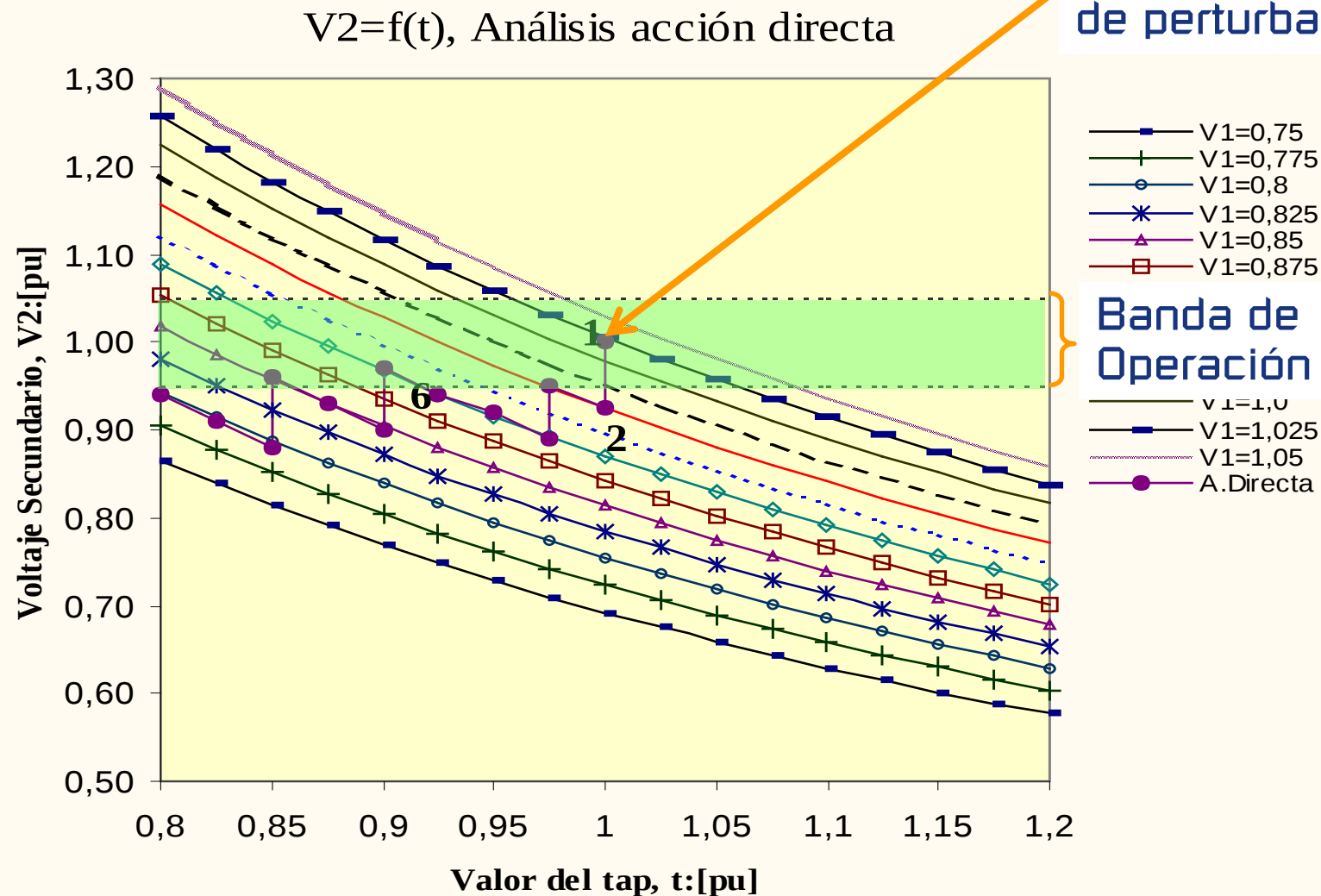
Modelo del transformador con taps referido a los enrollados del primario





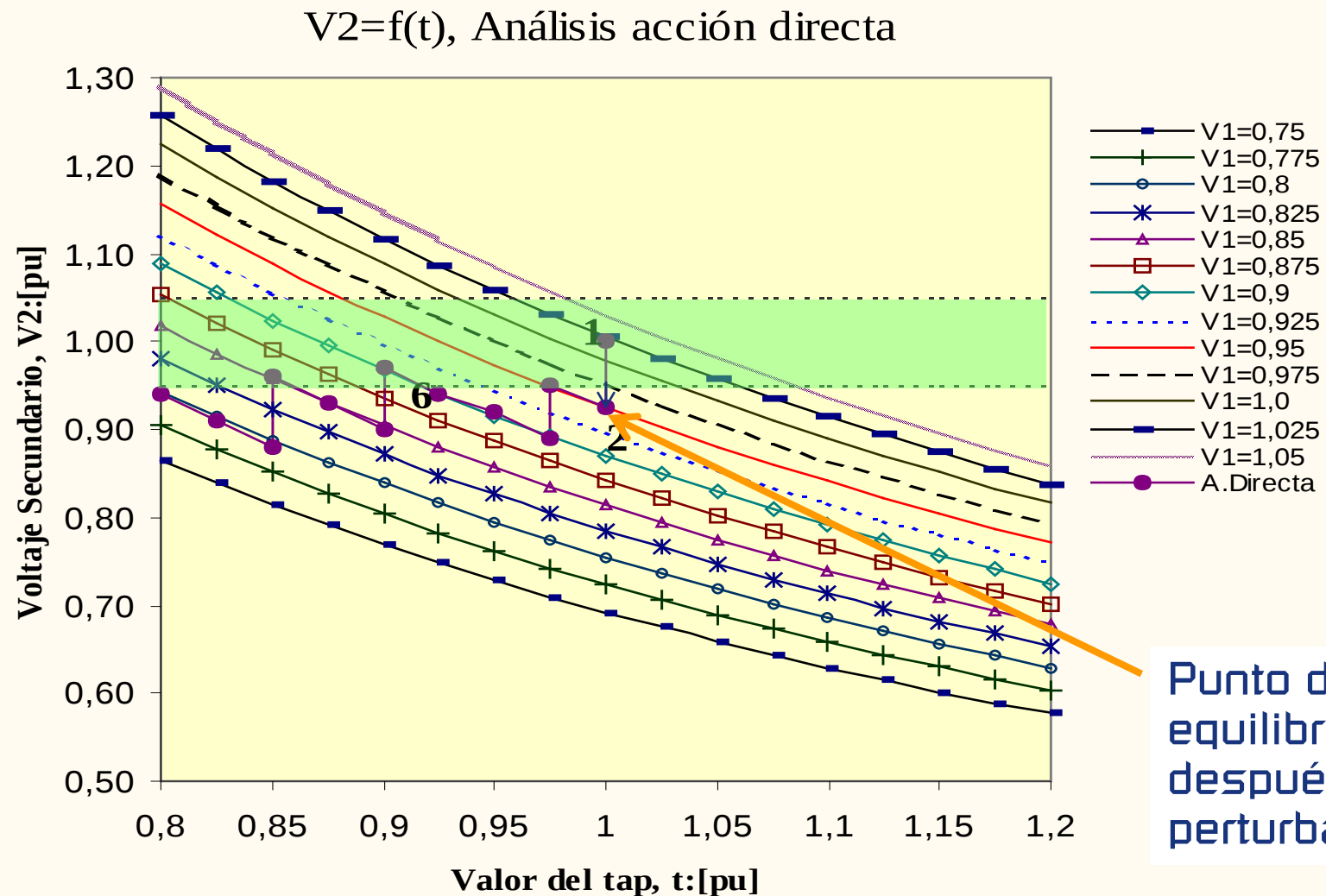
Análisis Acción Directa

Punto de equilibrio antes de perturbación



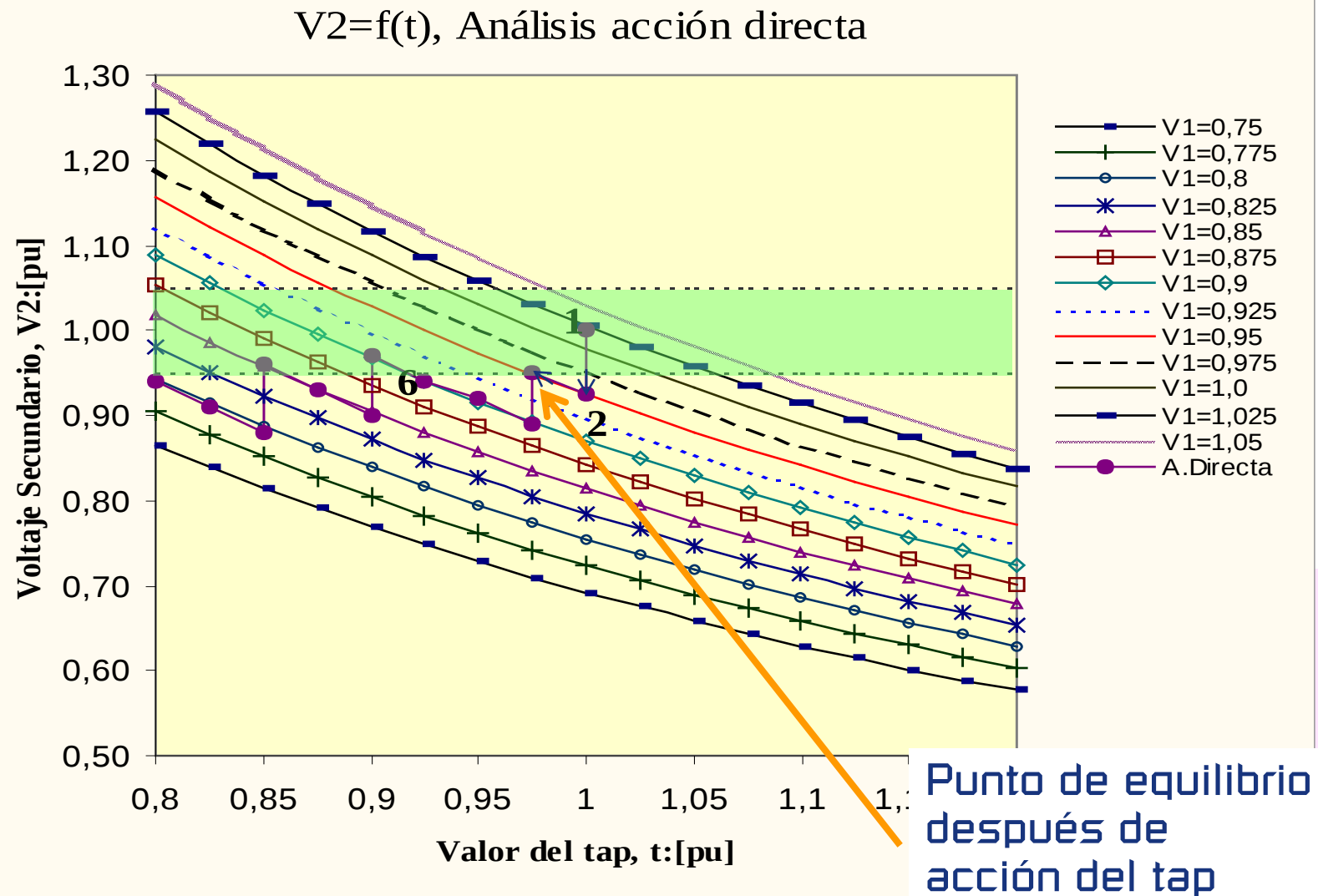


Análisis Acción Directa



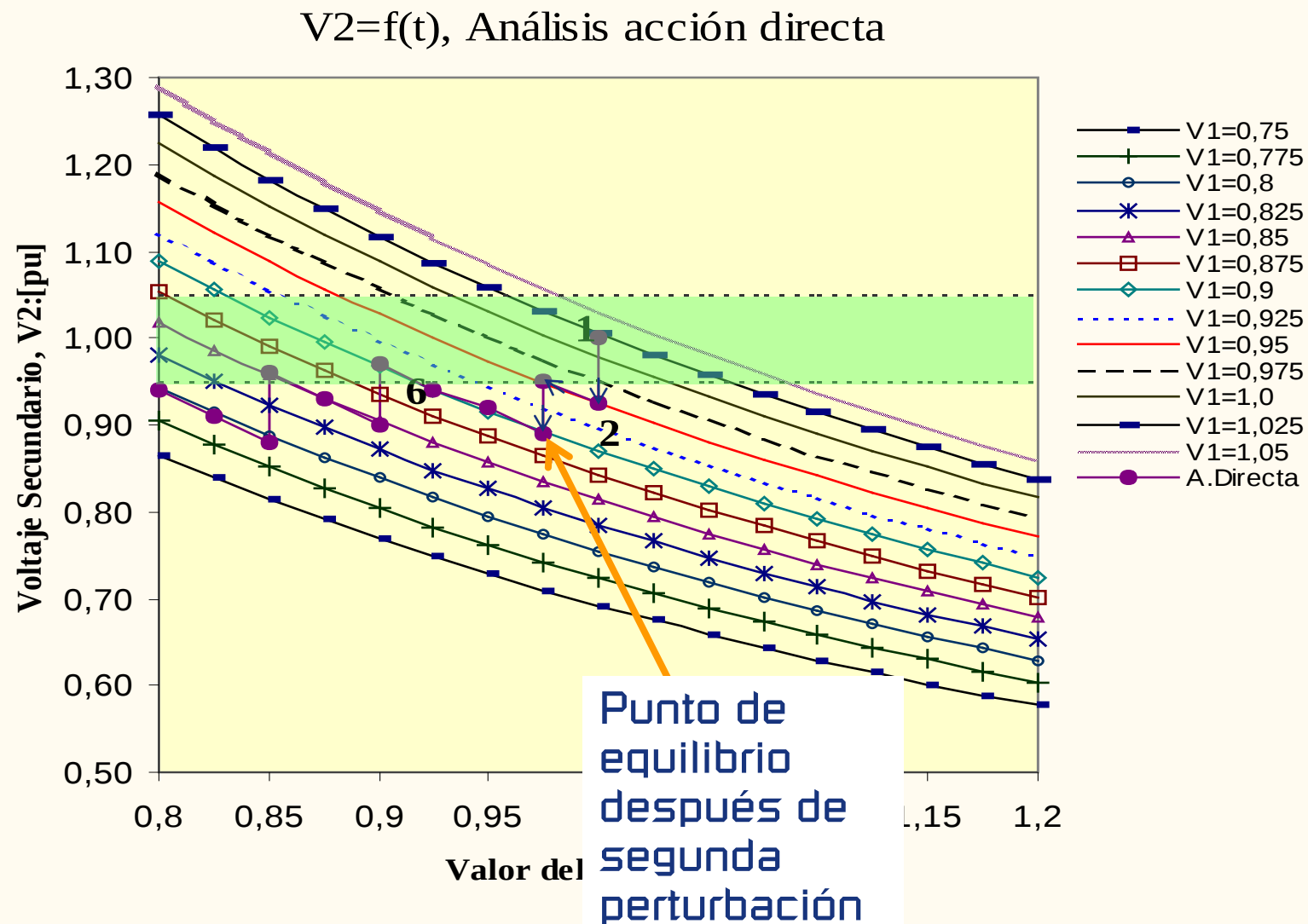


Análisis Acción Directa



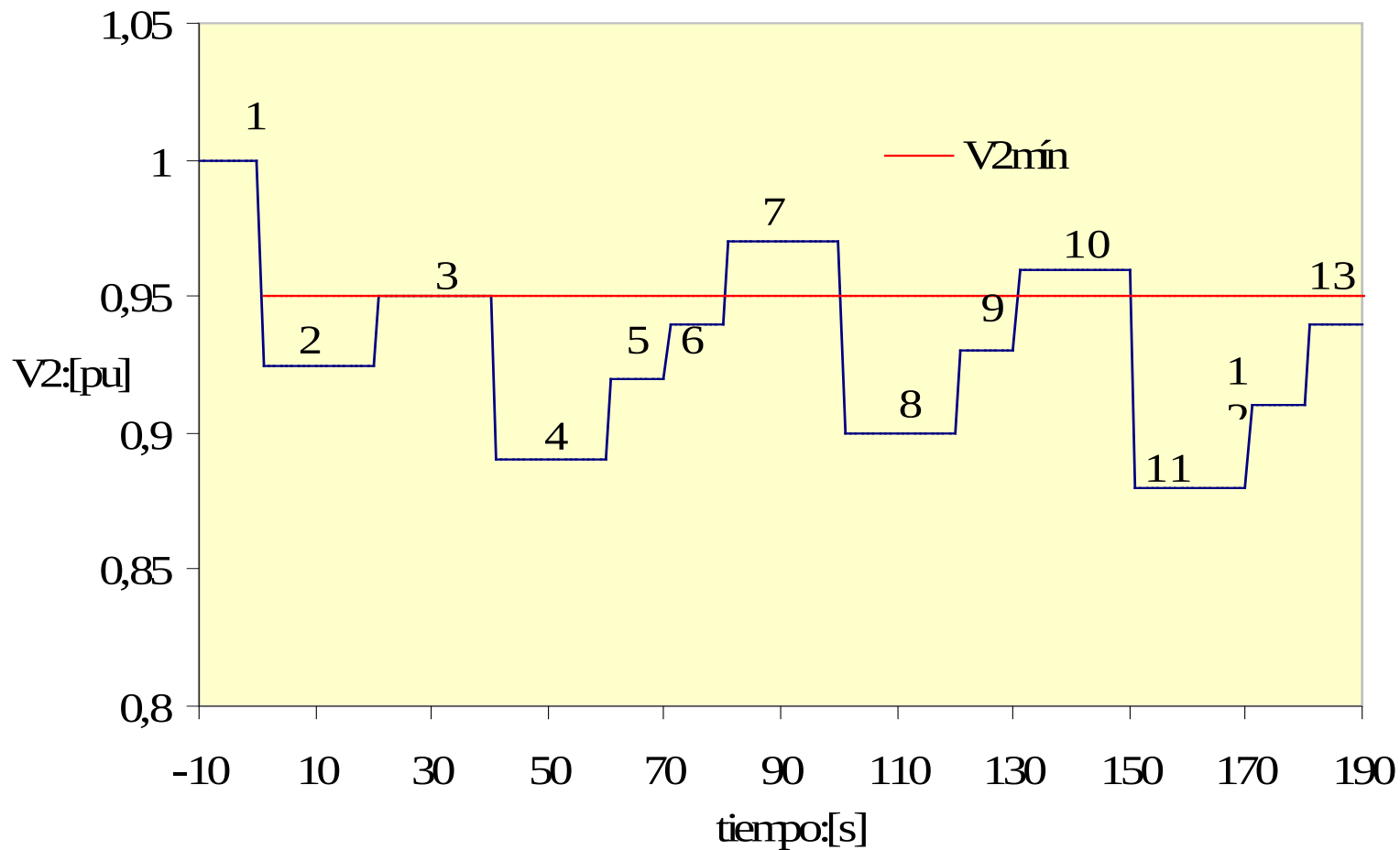


Análisis Acción Directa



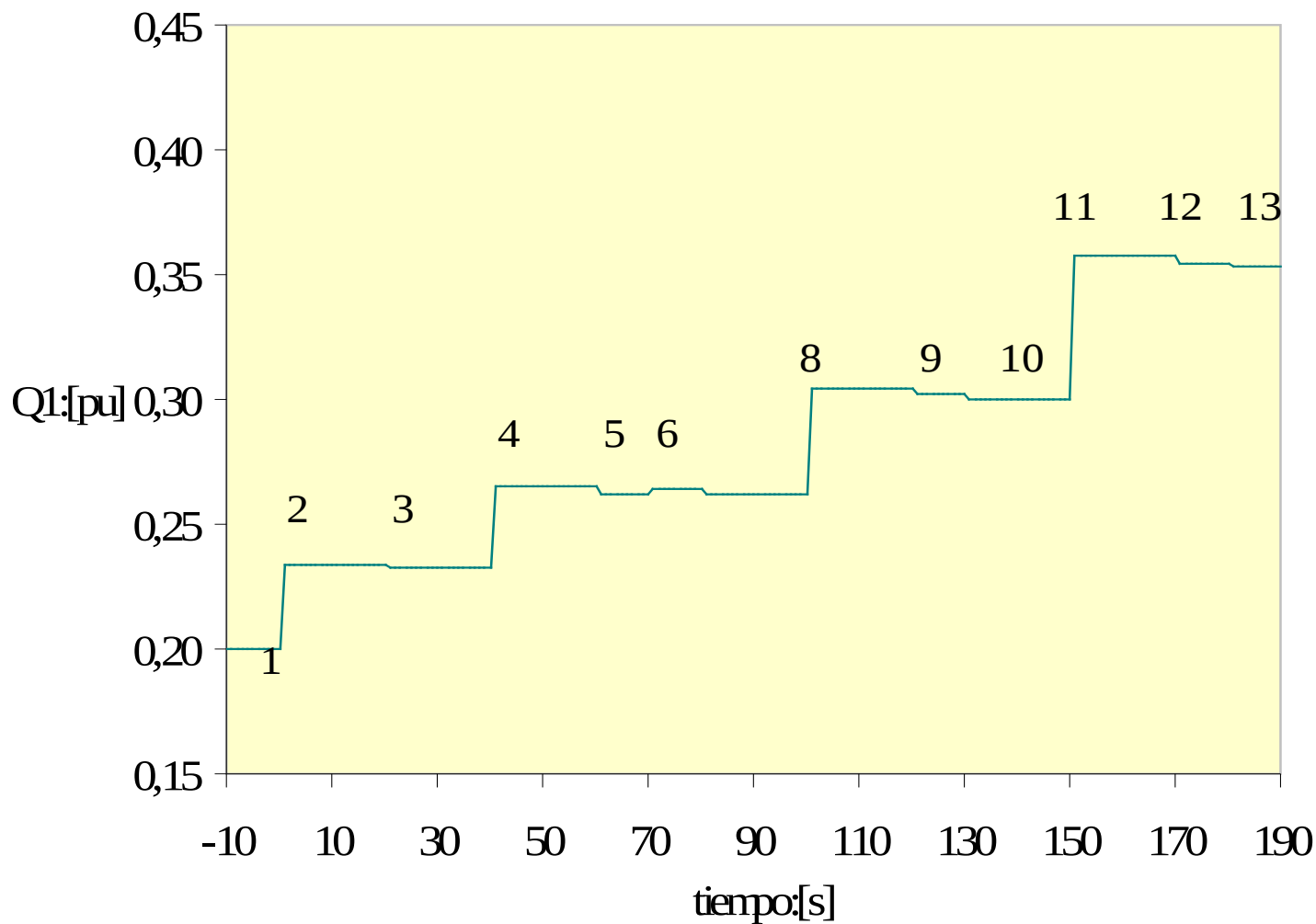


Análisis Acción Directa



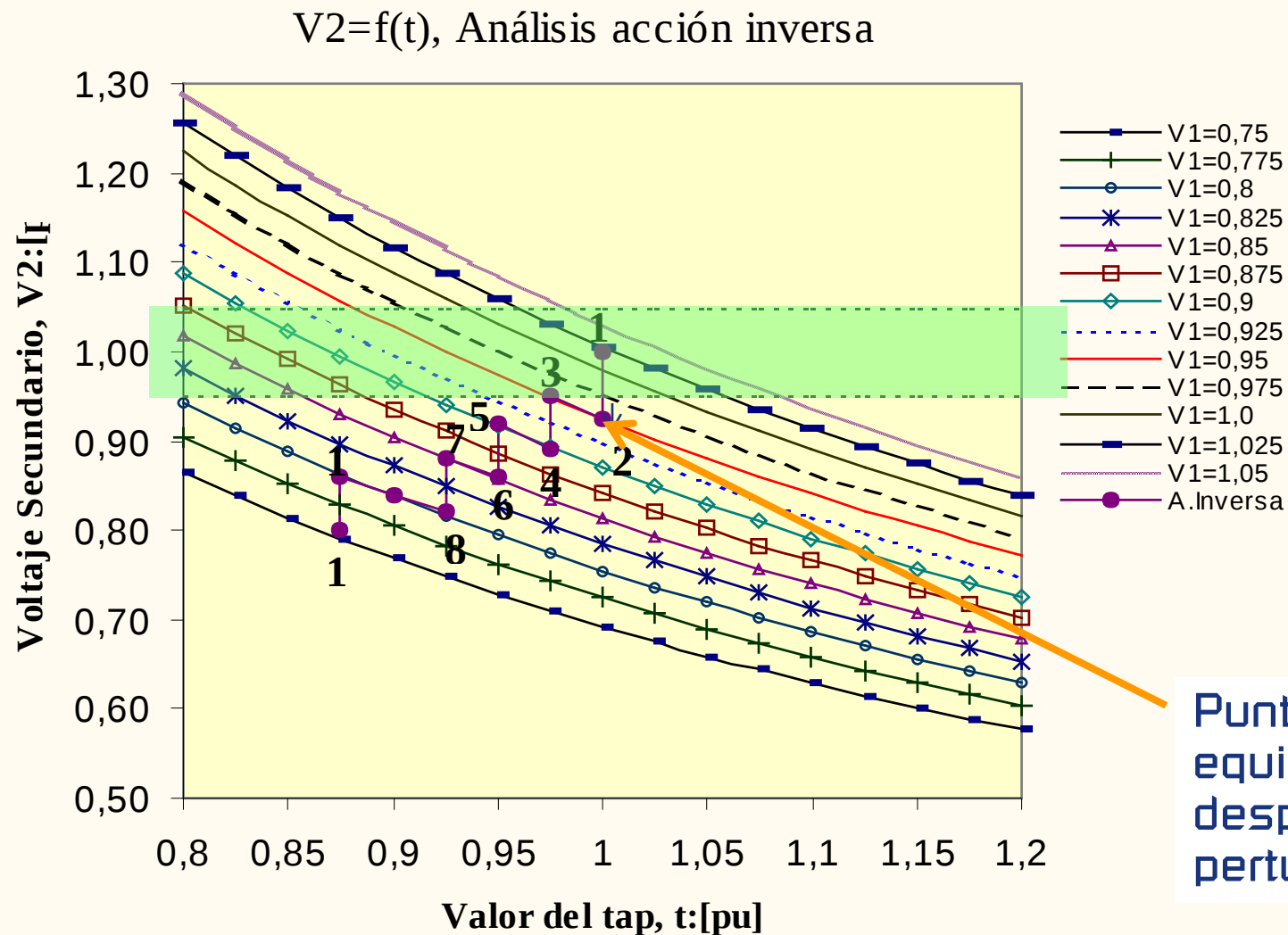


Análisis Acción Directa



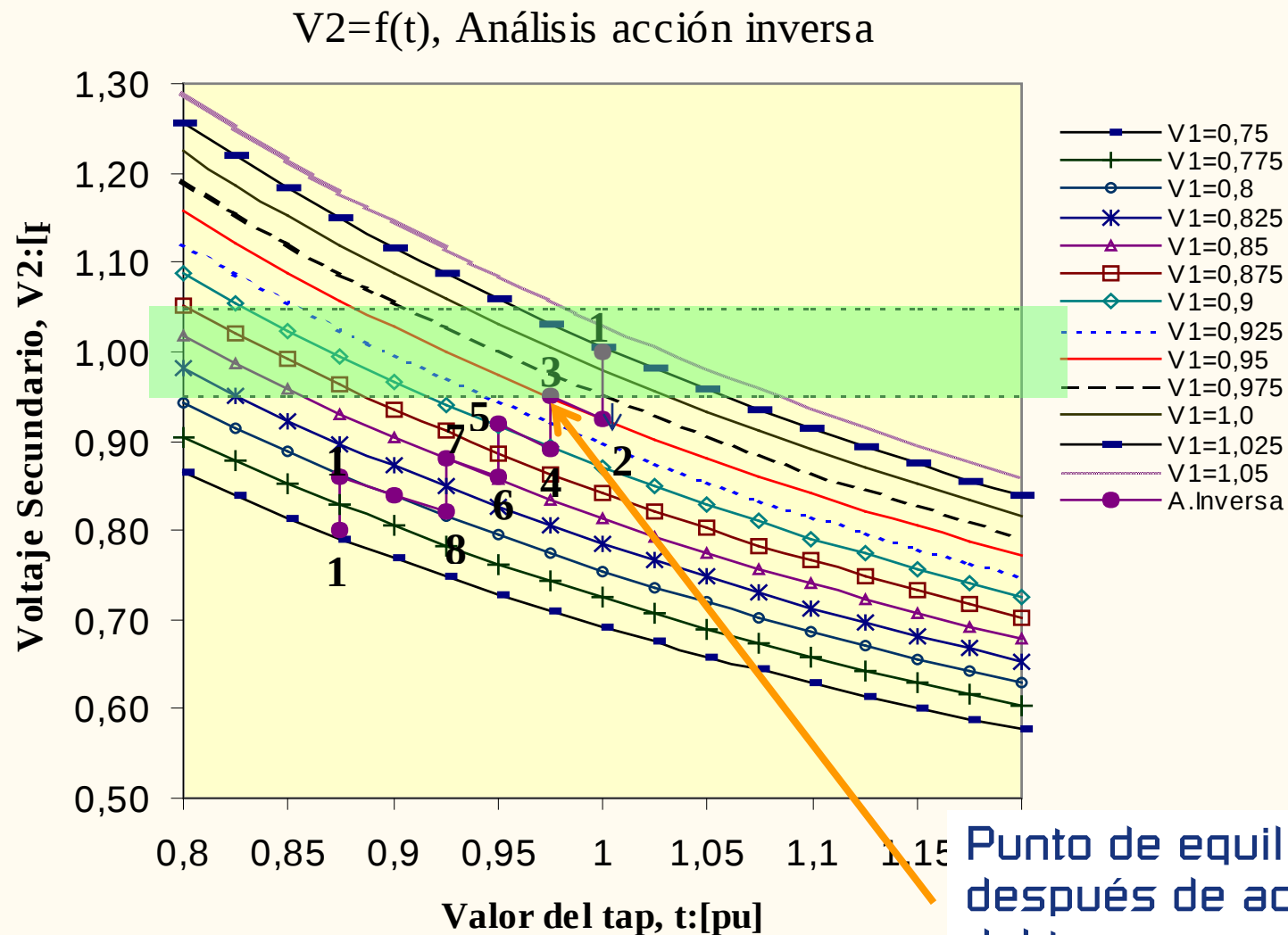


Análisis Acción Inversa



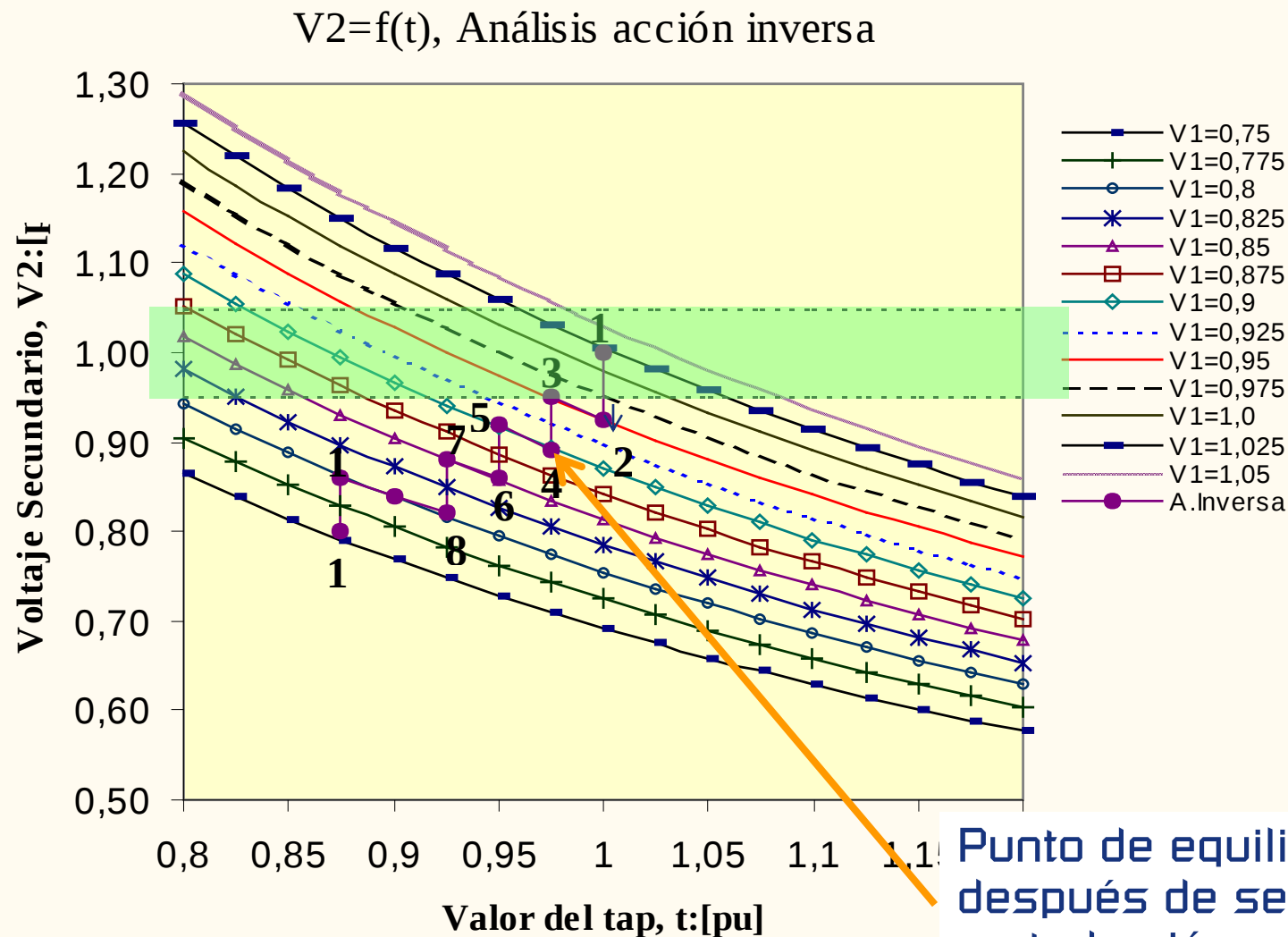


Análisis Acción Inversa



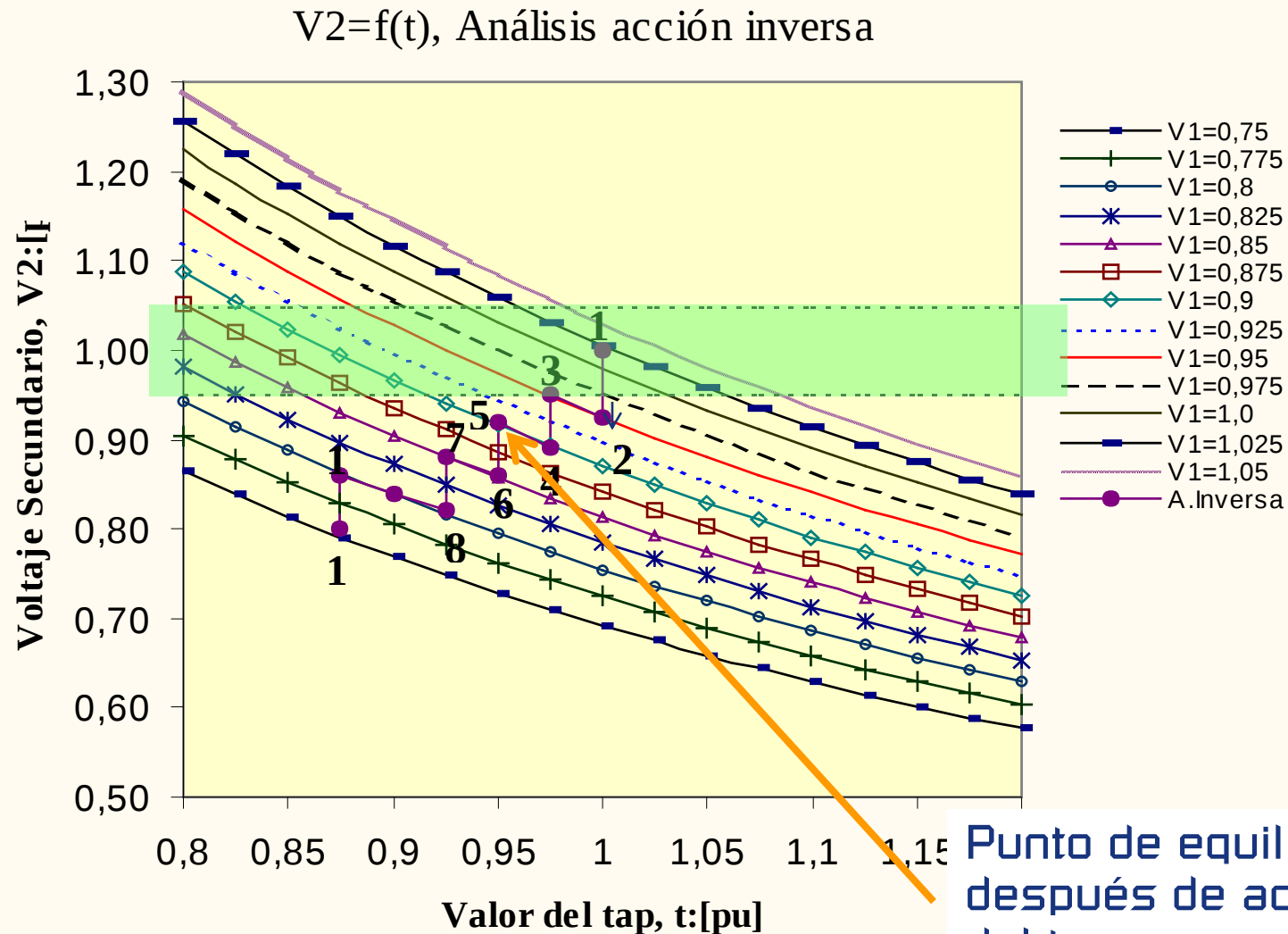


Análisis Acción Inversa



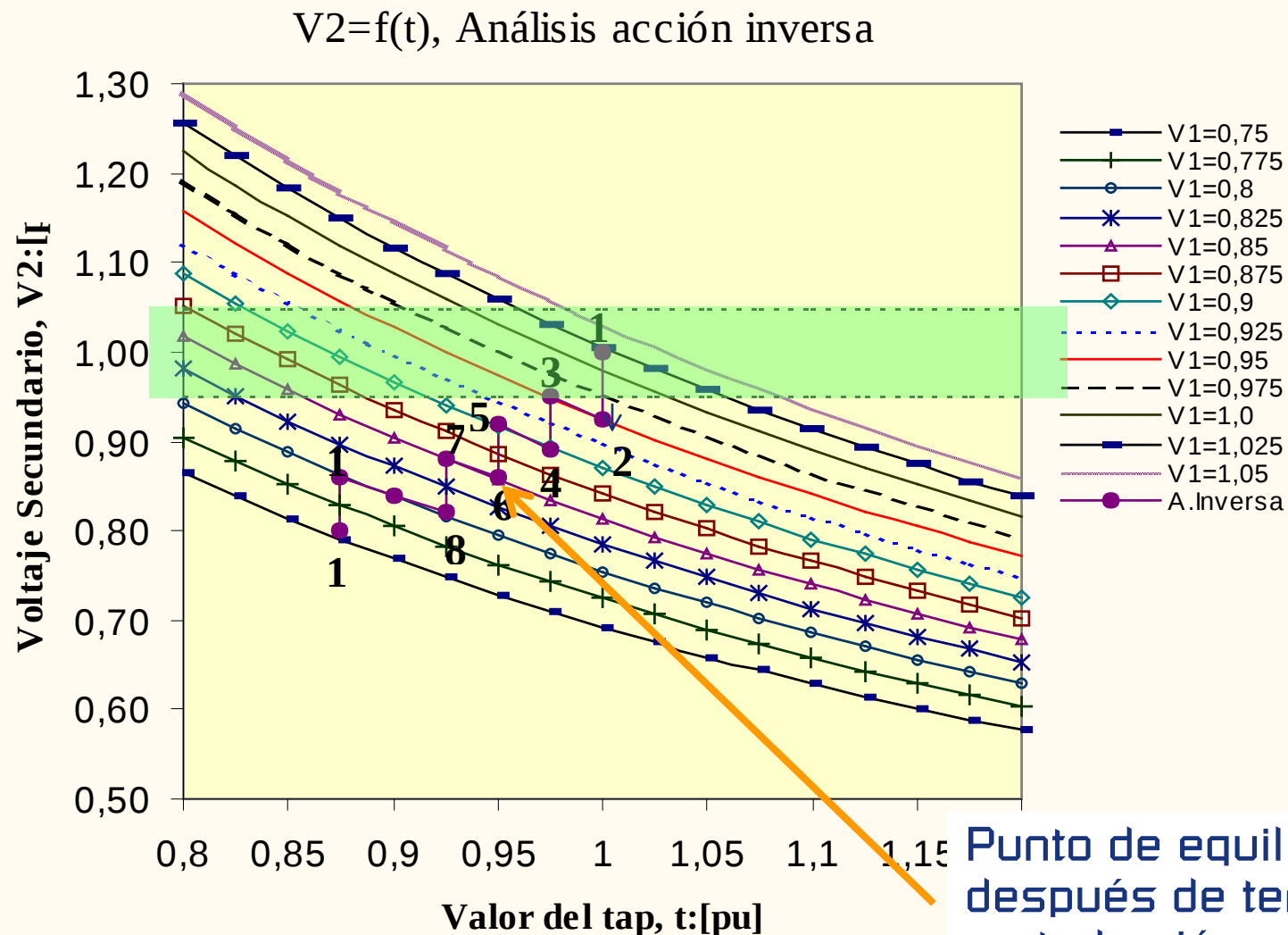


Análisis Acción Inversa





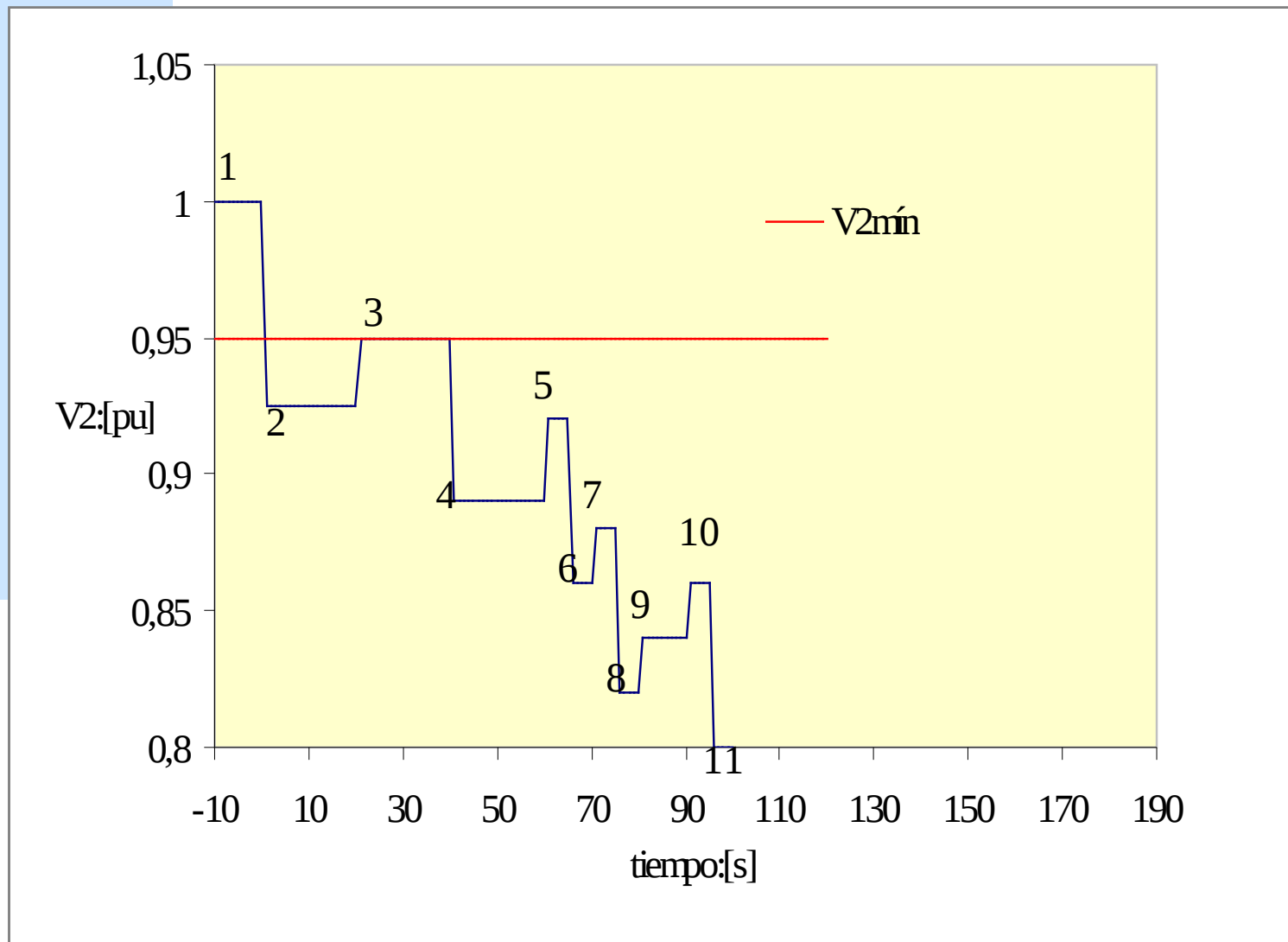
Análisis Acción Inversa



Punto de equilibrio
después de tercera
perturbación



Análisis Acción Inversa





Análisis Acción Inversa

