

Artículo

Using Synchrophasors for Controlled Islanding. A Prospective Application in the Uruguayan Power System.

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6356001>

Celia Sena, Glauco Taranto, Álvaro Giusto, Ricardo Franco

Publicado en: IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 28, N° 2, mayo 2013

Presentado en: IEEE PES General Meeting 2013, Vancouver, Canada

Resume los resultados de las tesis de maestría de Celia Sena y Ricardo Franco:

<http://http://iie.fing.edu.uy/publicaciones/2010/Sen10/Sen10.pdf>

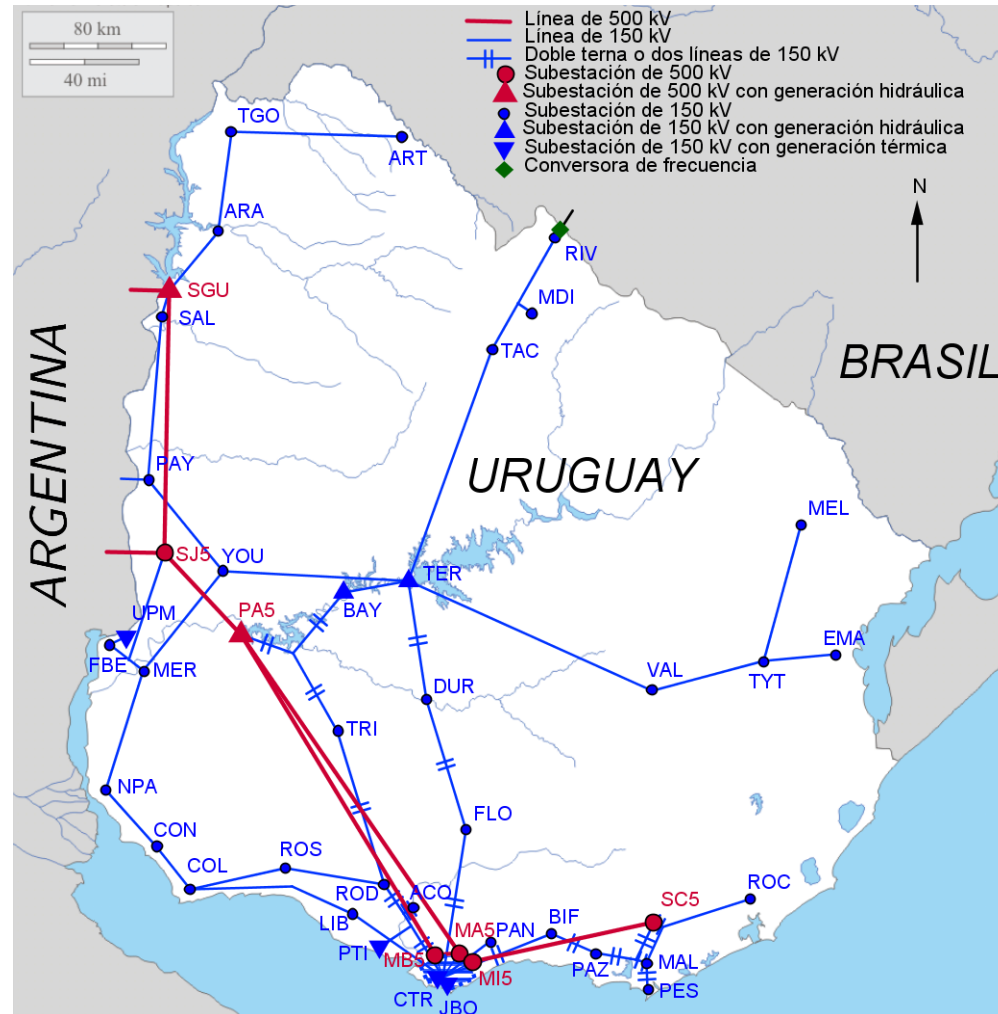
<http://http://iie.fing.edu.uy/publicaciones/2012/Fra12/Fra12.pdf>



El sistema eléctrico uruguayo

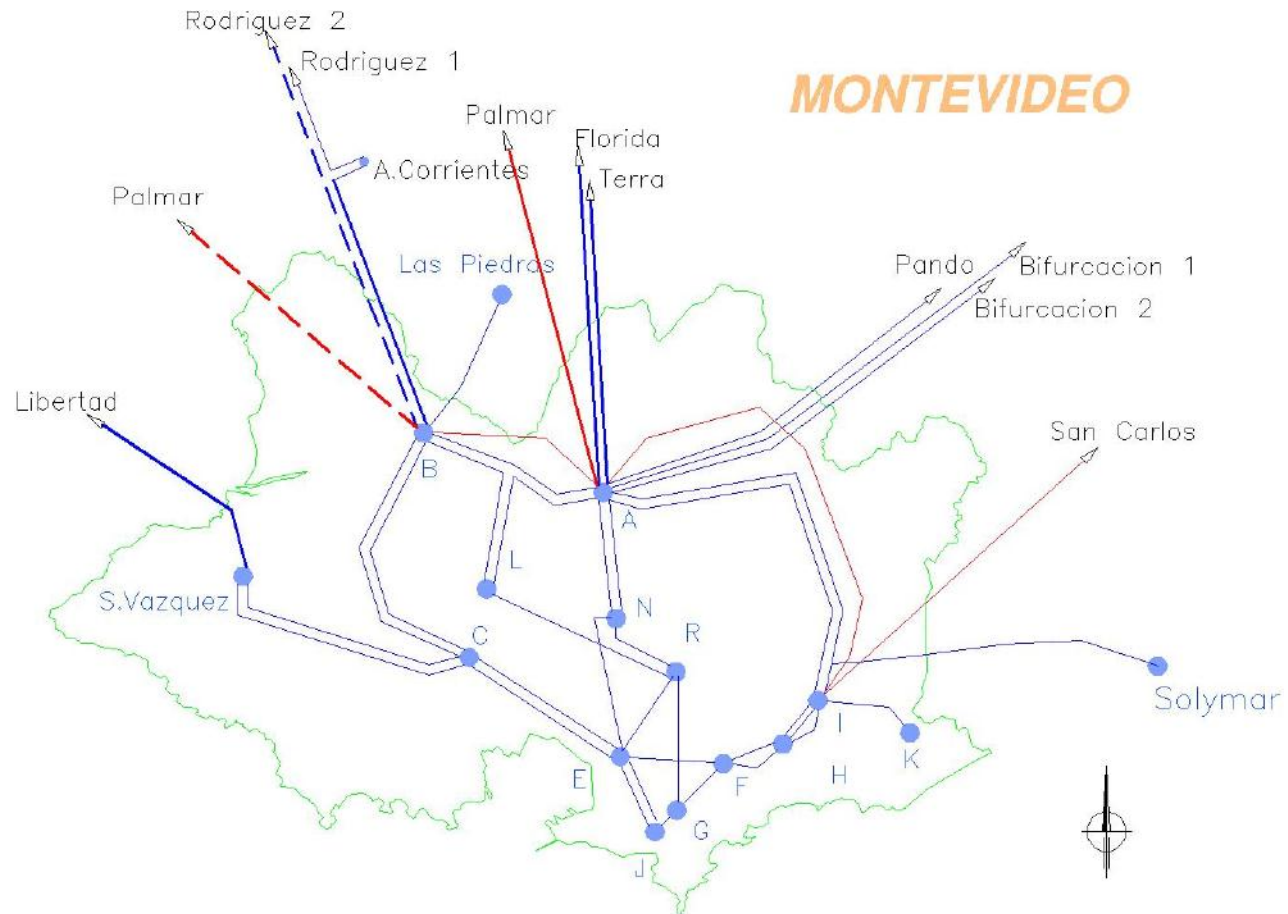
- El sistema eléctrico uruguayo

- Pico de carga: 1.7 GW
(80% in great Montevideo)
- Capacidad gen.: 2.6 GW
(53% hidro, 47% térmico)
- Generación hidráulica en el centro-norte
- Generación térmica concentrada en el sur



El sistema eléctrico uruguayo

SEP



El sistema eléctrico uruguayo

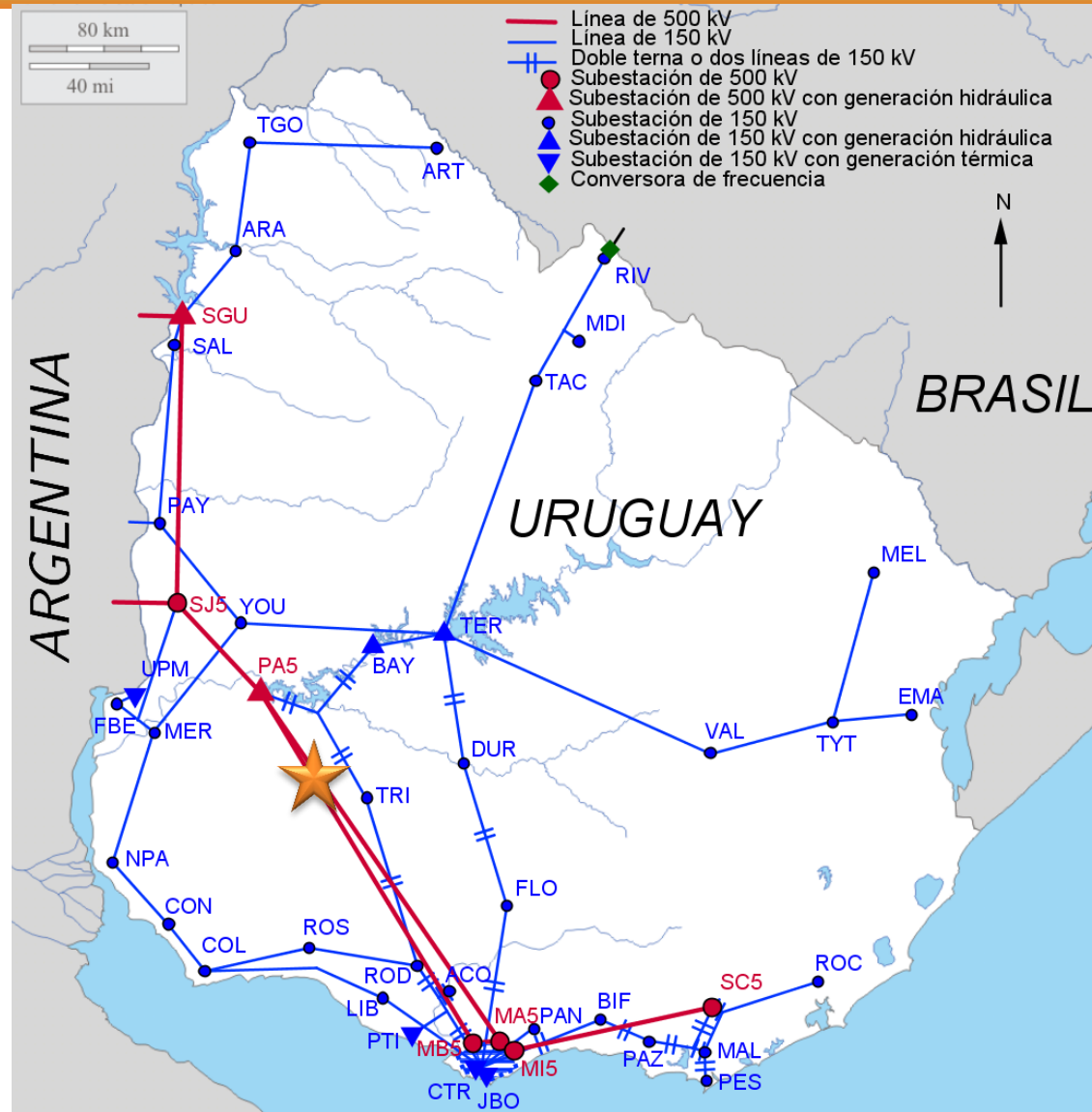
Contingencia estudiada

Contingencia

Estudiada

- Desvinculación Norte-Sur en 500 kV
- Grave
- Requiere SPS para evitar gran apagón

3 Estrategias WAP



El sistema eléctrico uruguayo

Contingencia estudiada

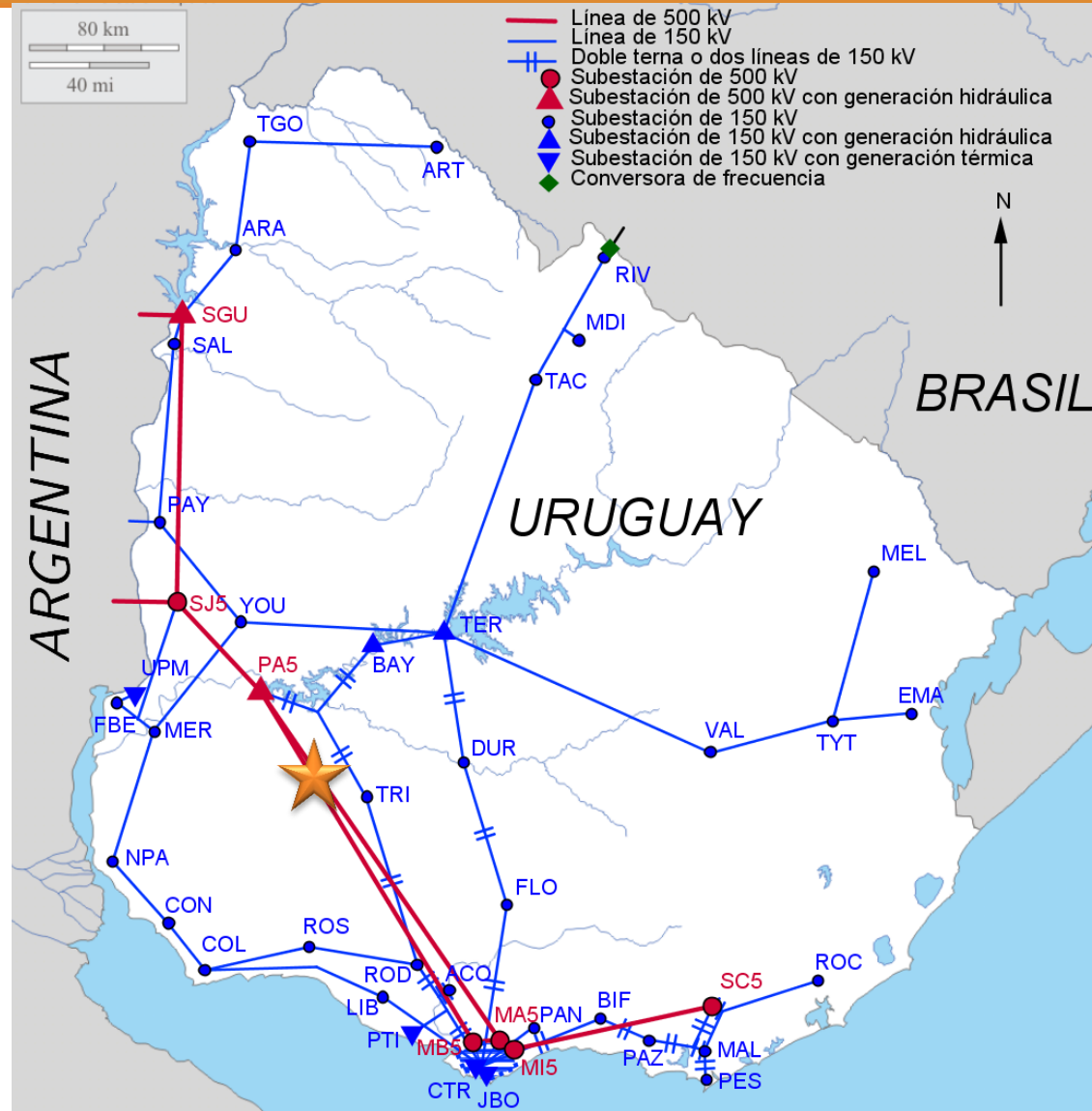
- Se estudió y usó como comparación un escenario con máxima generación térmica y algo de generación hidroeléctrica.
- La contingencia estudiada es el caso en que:
 - Una de las líneas de 500 kV Palmar-Montevideo está fuera de servicio y
 - Ocorre un cortocircuito trifásico en la otra línea Palmar-Montevideo.

El tiempo de despeje del cortocircuito es de:

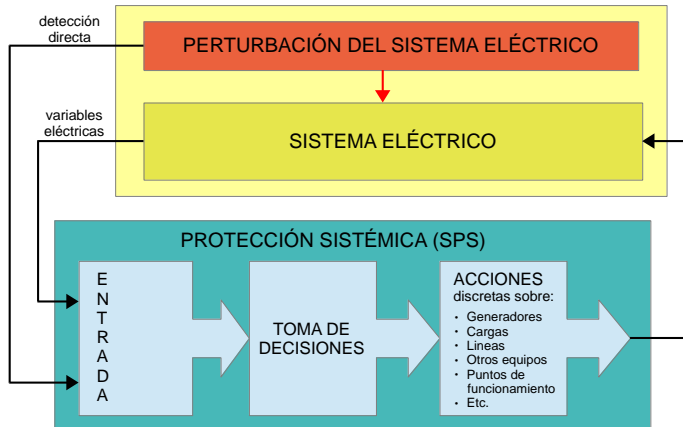
- $t=60\text{ms}$ (3 ciclos) en el extremo Palmar
- $t=80\text{ms}$ (4 ciclos) en el extremo Montevideo

WAP Estrategia #0

1. Disparo de carga por subfrecuencia en el Sur



WAP Estrategia #0



Entradas

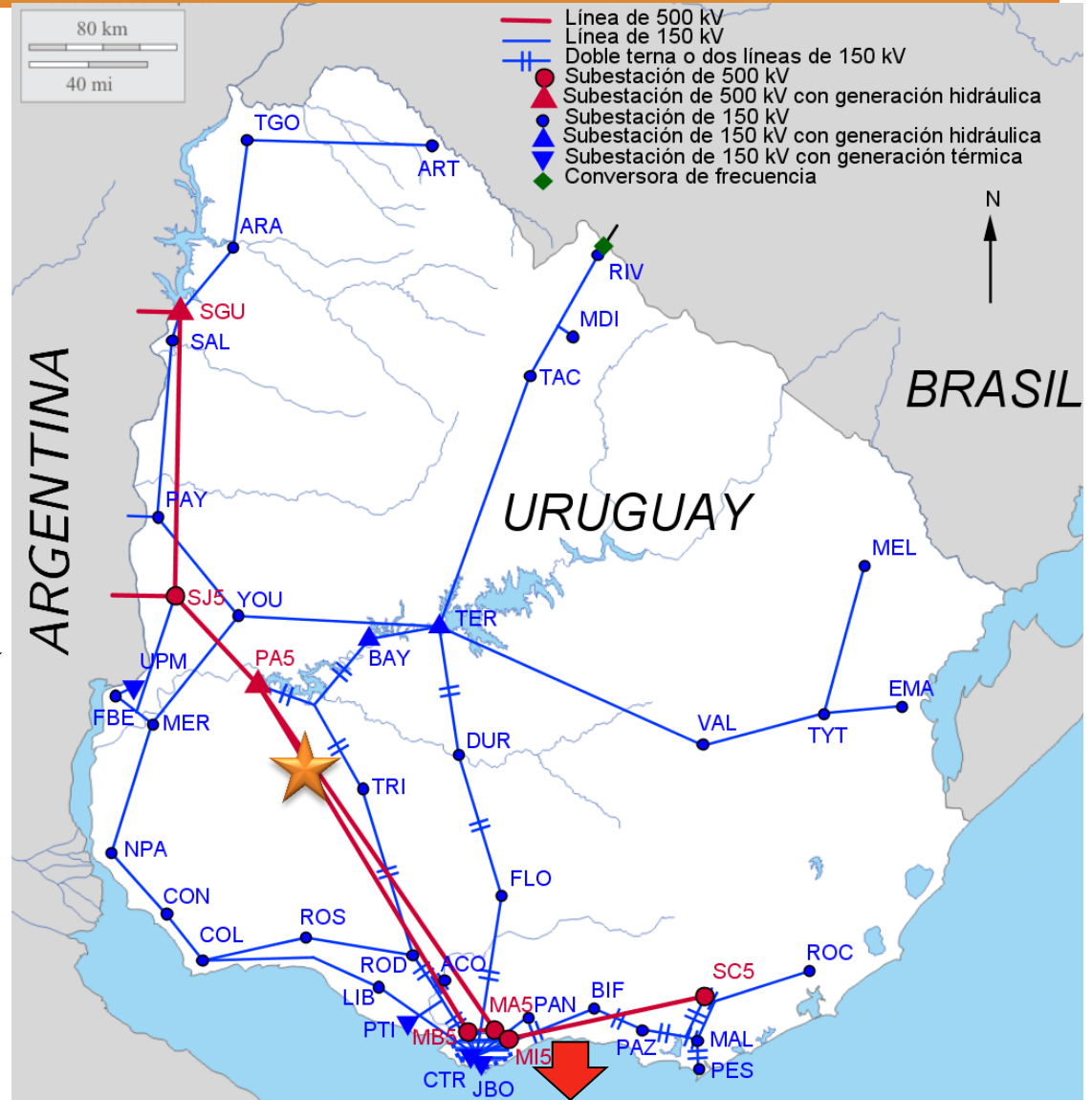
- U en SSEE del Sur ↓

Toma de Decisiones

- Funciones $f<$ en SSEE medidas ↓

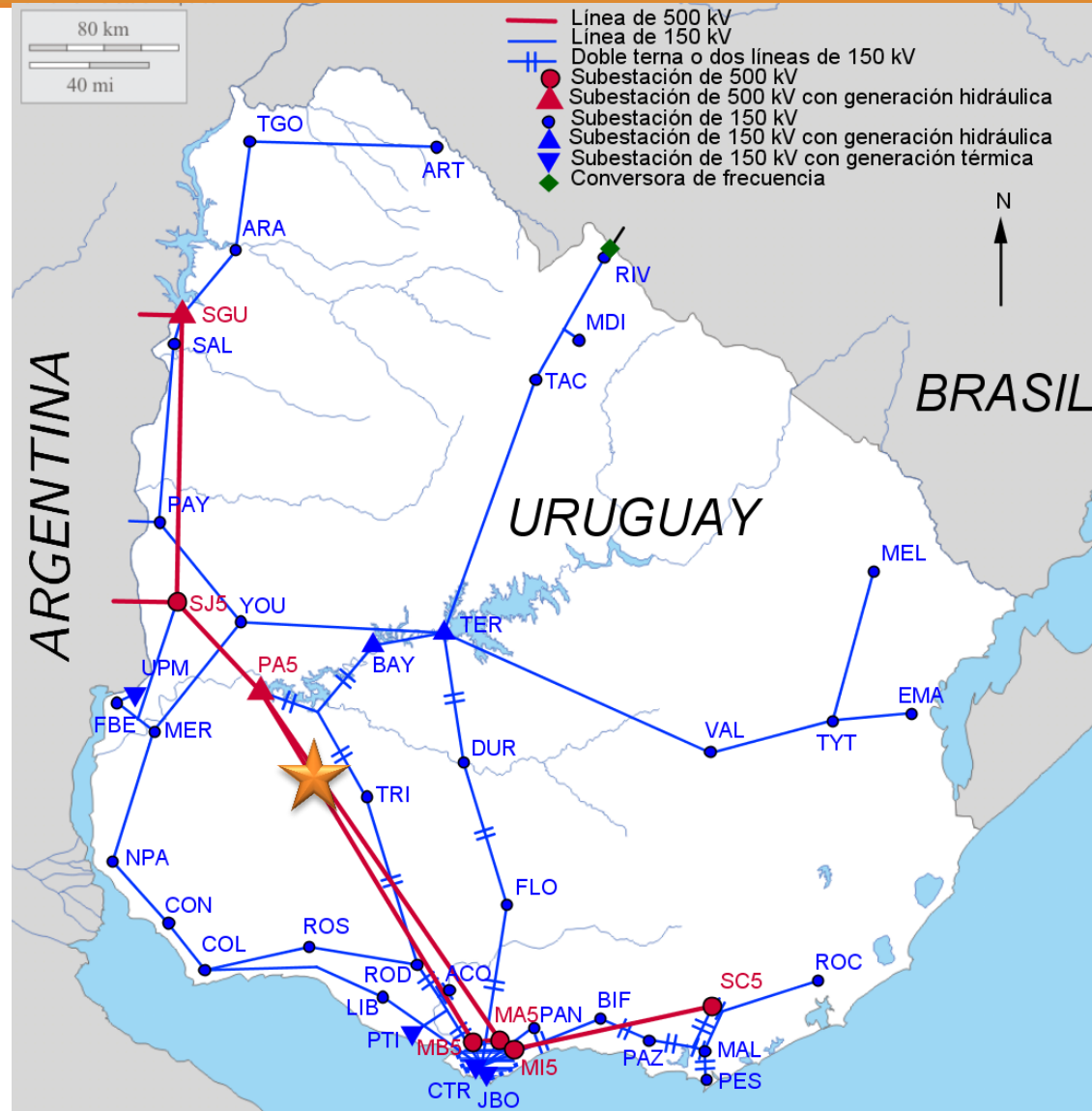
Acciones

- Disparo de carga en Sur ($f<$) ↓

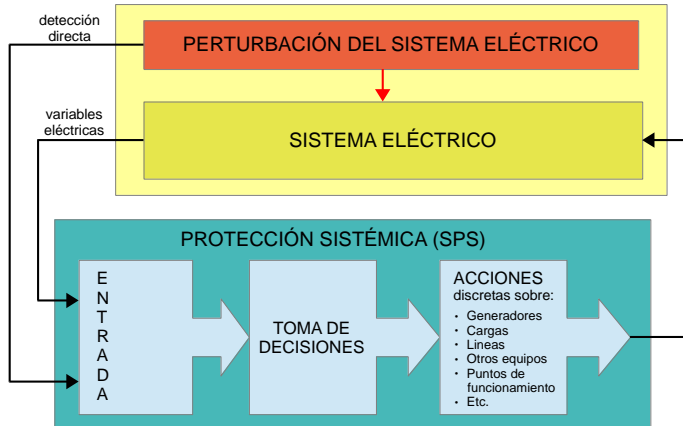


WAP Estrategia #1

1. Formación de Isla Sur
2. Disparo de carga por subfrecuencia en el Sur



WAP Estrategia #1



Entradas

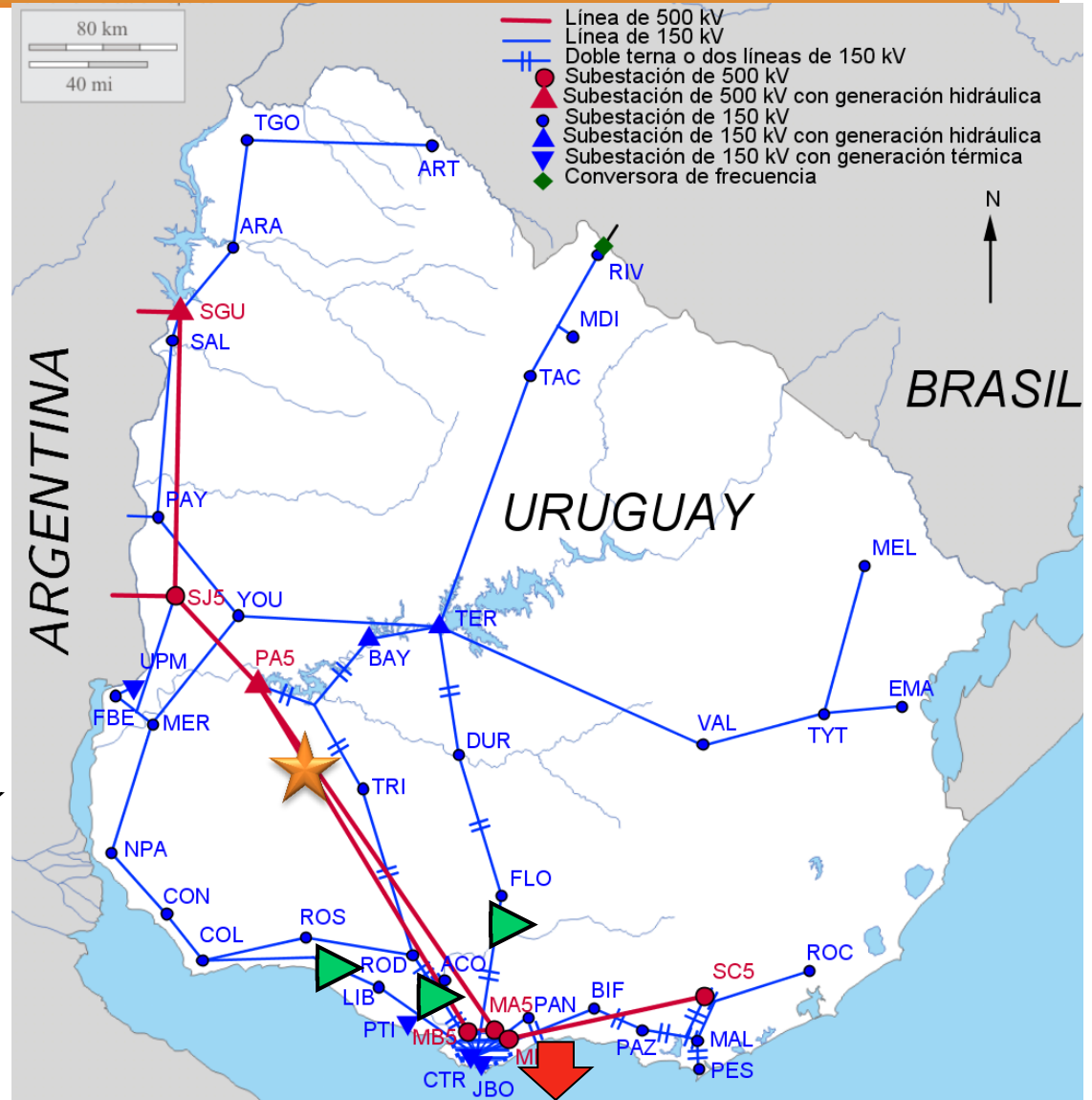
- U y I relés distancia (lín.150)
- U en SSEE del Sur

Toma de Decisiones

- OST (TOWI) relés distancia
- Funciones $f <$ en SSEE medidas

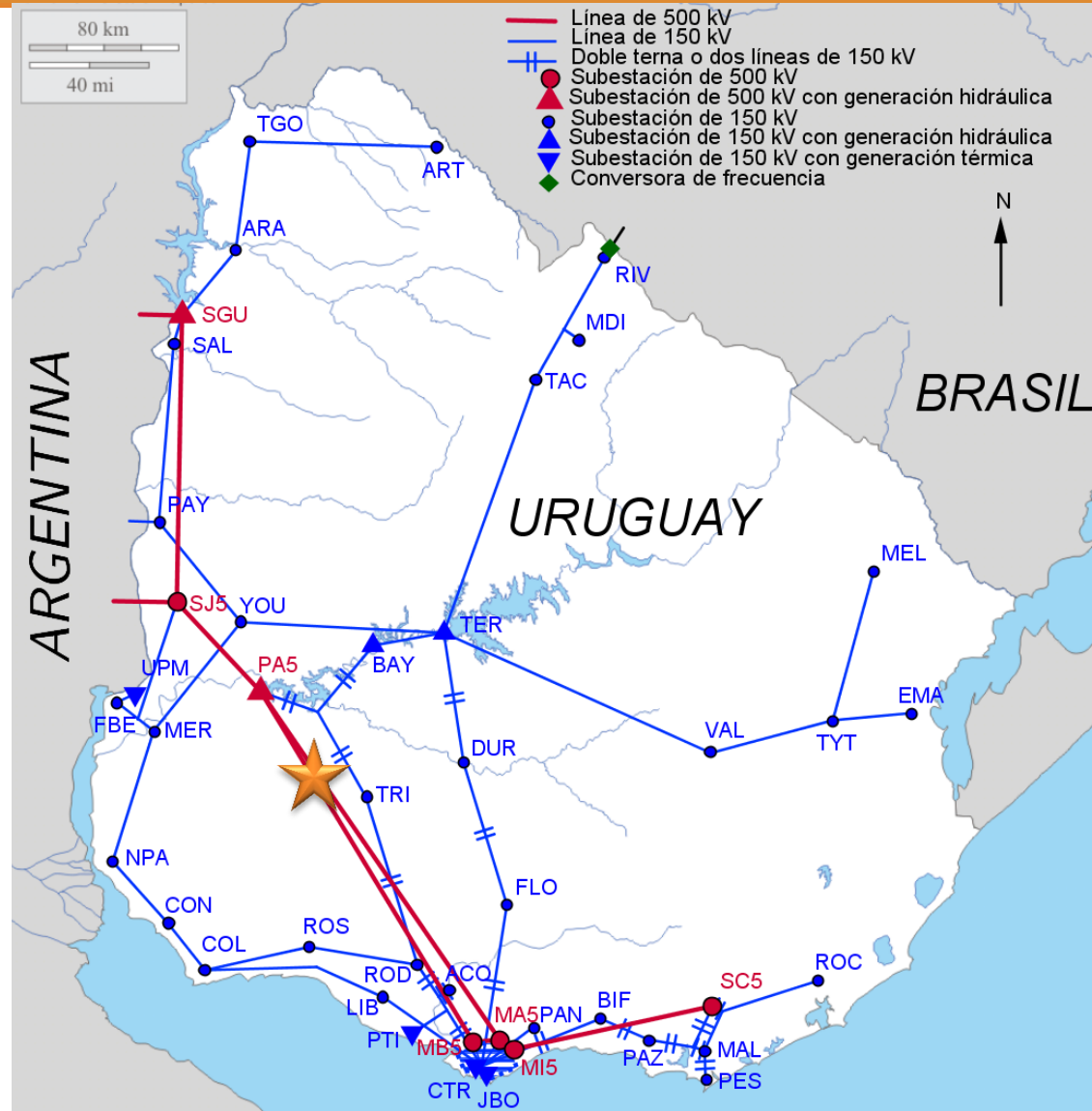
Acciones

- Isla Sur (disparo 4 líneas 150 kV)
- Disparo de carga en Sur ($f <$)

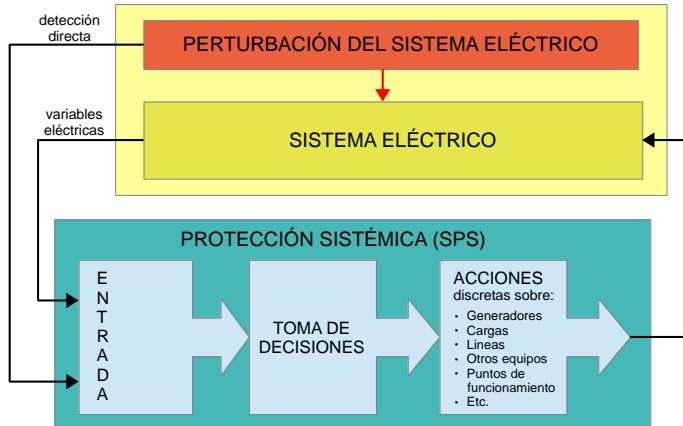


WAP Estrategia #2

1. Formación de Isla Sur
2. Disparo de carga en el Sur



WAP Estrategia #2



Entradas



- U medida en 2 SSEE (PMU) 

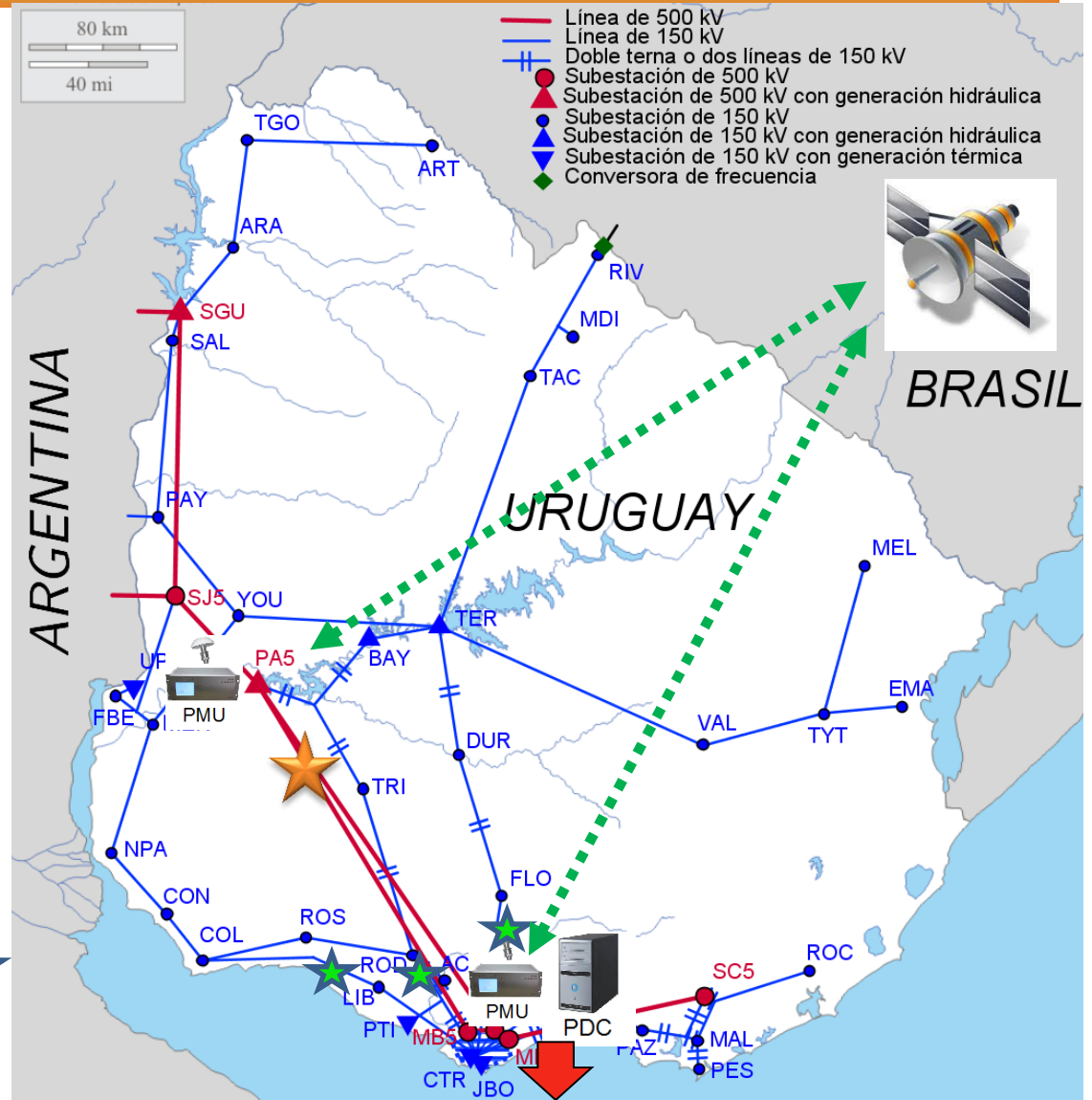
- Comunicación

Toma de Decisiones

- PSD, OOST, OOSDv en PDC+SVP 

Acciones

- Comunicación
- Isla Sur (disparo 4 líneas 150 kV) 
- Disparo de carga en Sur 



WAP Estrategia #2 (PSD y OOST)

Se estudian los algoritmos:

- PSD (Power Swing Detection)
- OOST (Predictive Out-Of-Step Tripping)

para la detección de

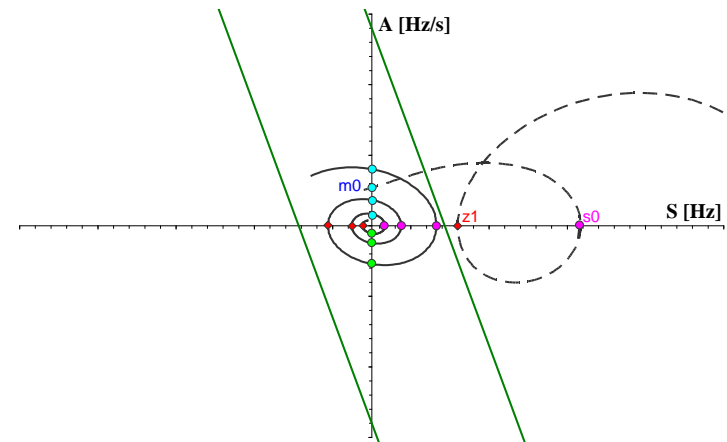
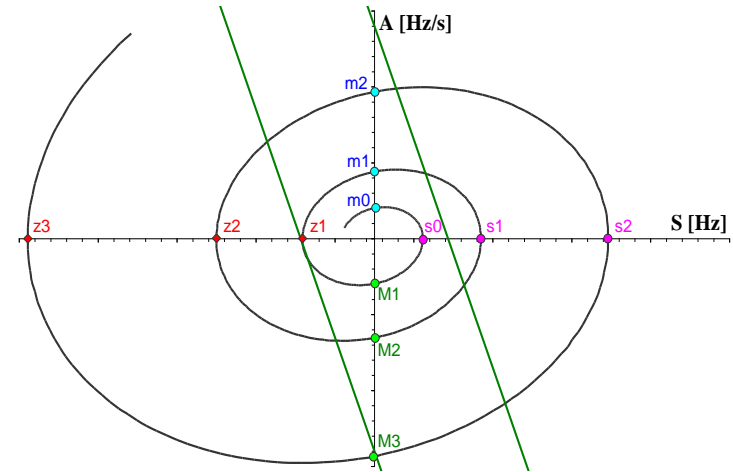
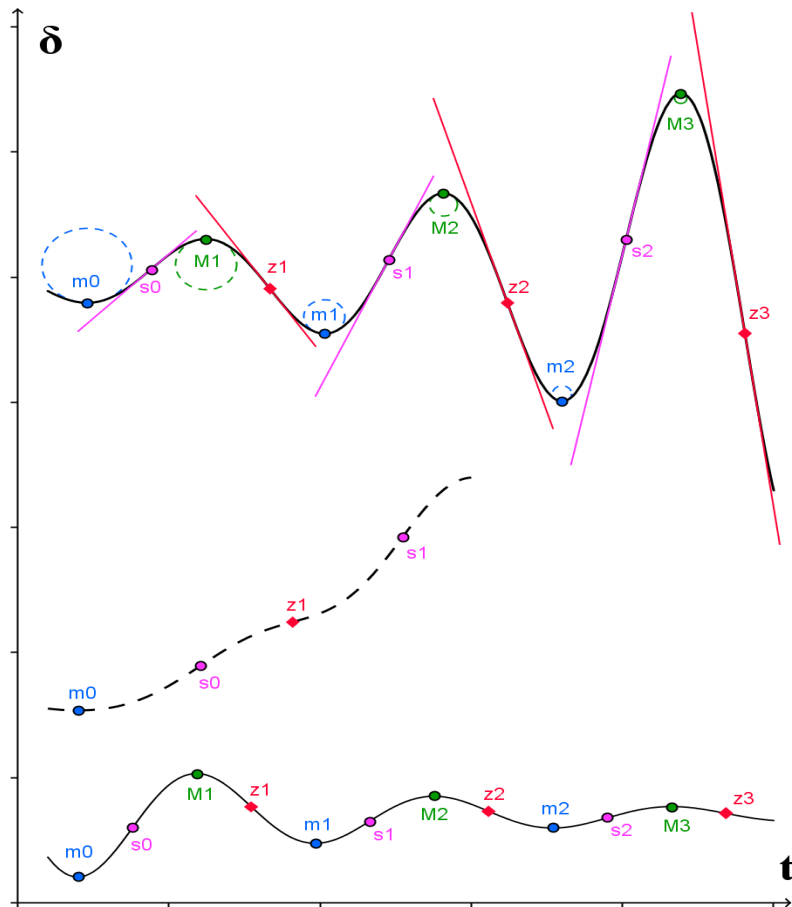
1. Oscilaciones de Potencia (PSD)
2. Pérdida de Sincronismo (oscilaciones inestables) (OOST)

Algoritmos que usan

- Aceleración y Velocidad del ángulo relativo δ entre las 2 tensiones medidas por las PMU.

Análisis cualitativo WAP Estrategia #2

Resumen

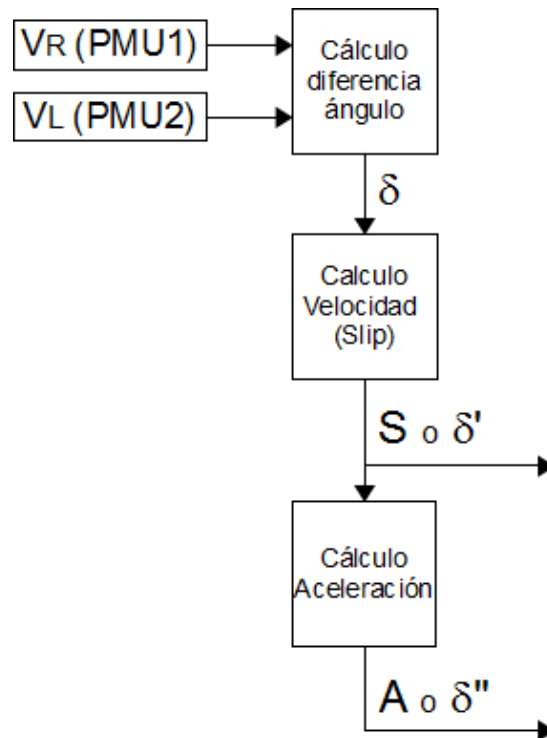


Algoritmos WAP Estrategia #2

Dos PMU (sincrofasores)

- Miden dos tensiones directas (Remota y Local)

PDC+SVP (concentrador y procesador)

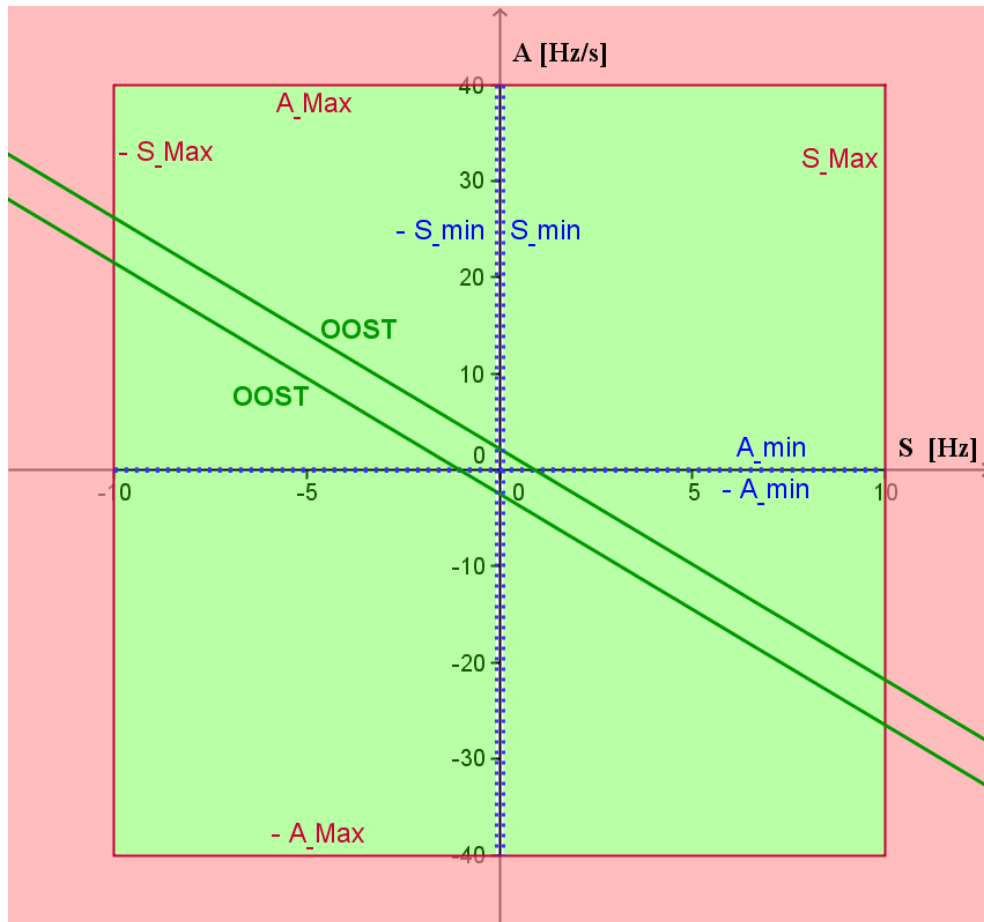


$$\dot{\delta}_i = \frac{1}{360} \frac{\delta_i - \delta_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} \quad [Hz]$$

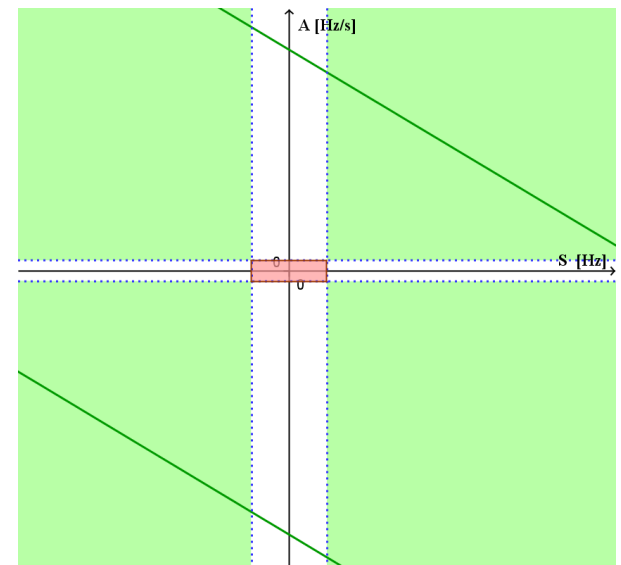
$$\ddot{\delta}_i = \frac{\dot{\delta}_i - \dot{\delta}_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} \quad \left[\frac{Hz}{s} \right]$$

Algoritmos WAP Estrategia #2 (combinación)

PSD AND OOST



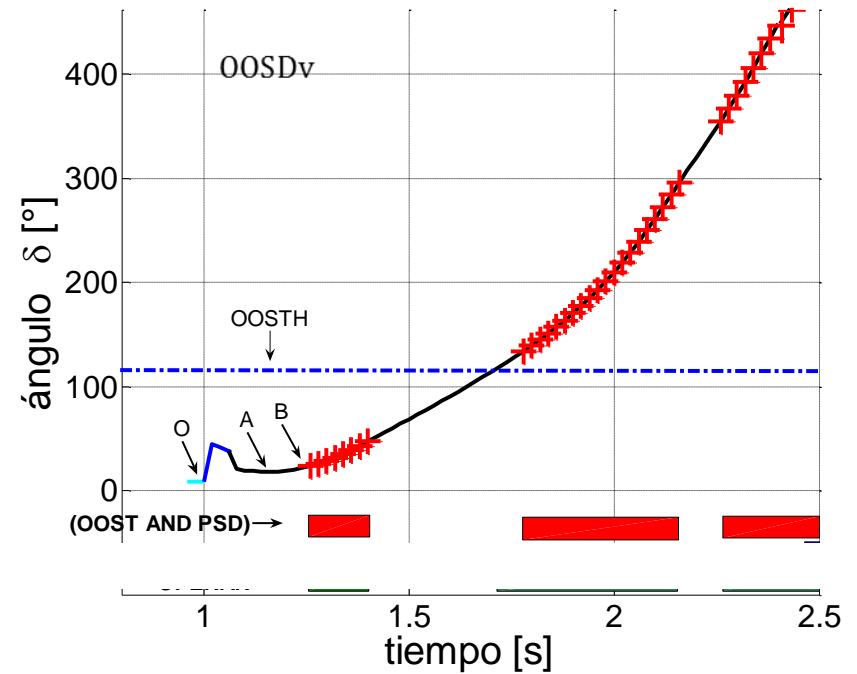
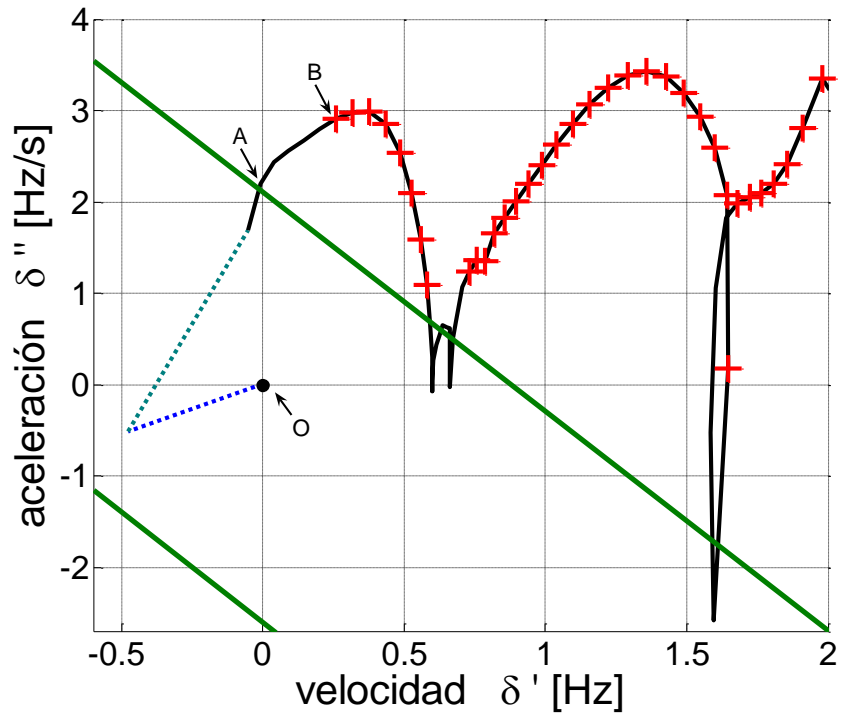
zoom en el origen



Estrategia #2

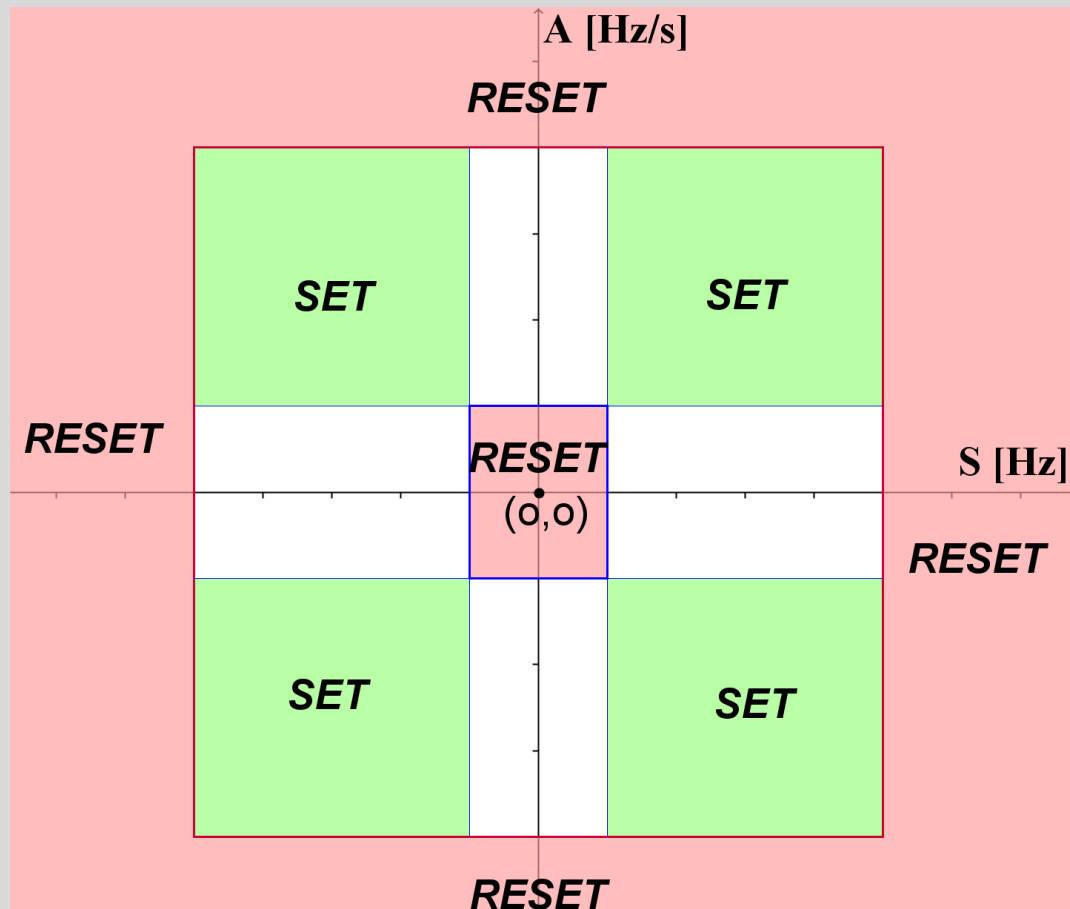
1era. Detección (punto B)

215 ms luego del fin del cortocircuito

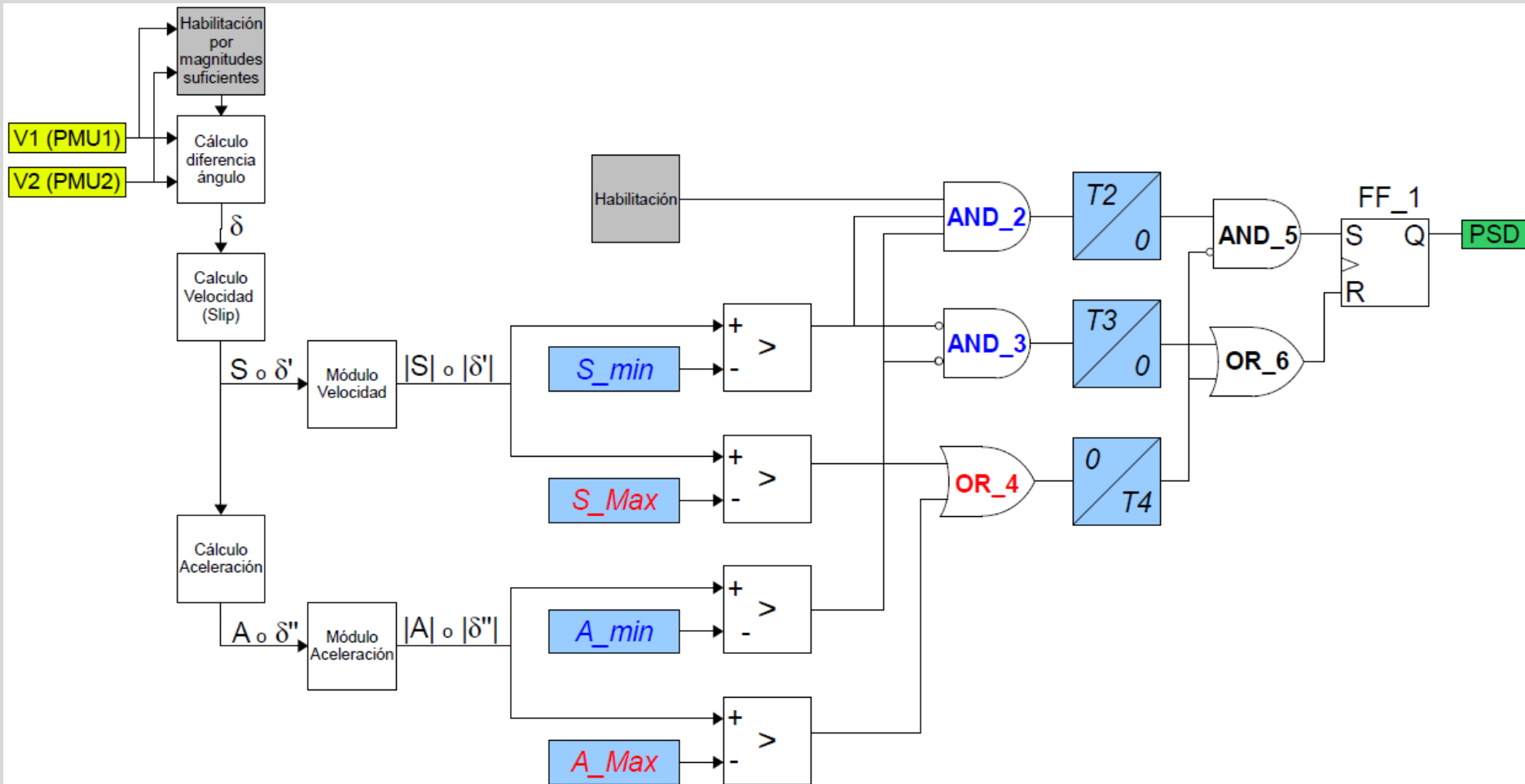


Algoritmos WAP Estrategia #2 (PSD)

PSD (Detección de Oscilaciones de Potencia) en el plano A(S)

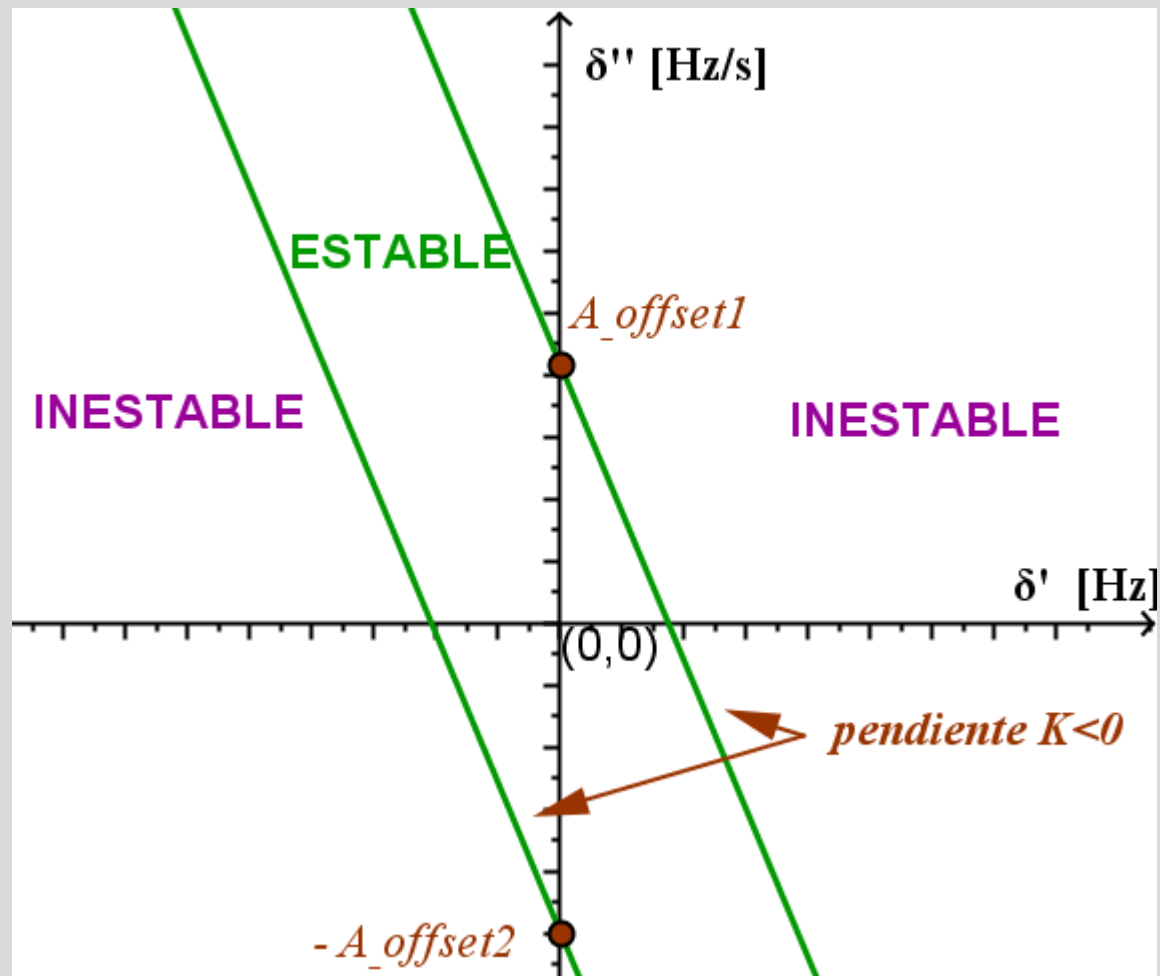


Algoritmos WAP Estrategia #2 (PSD)

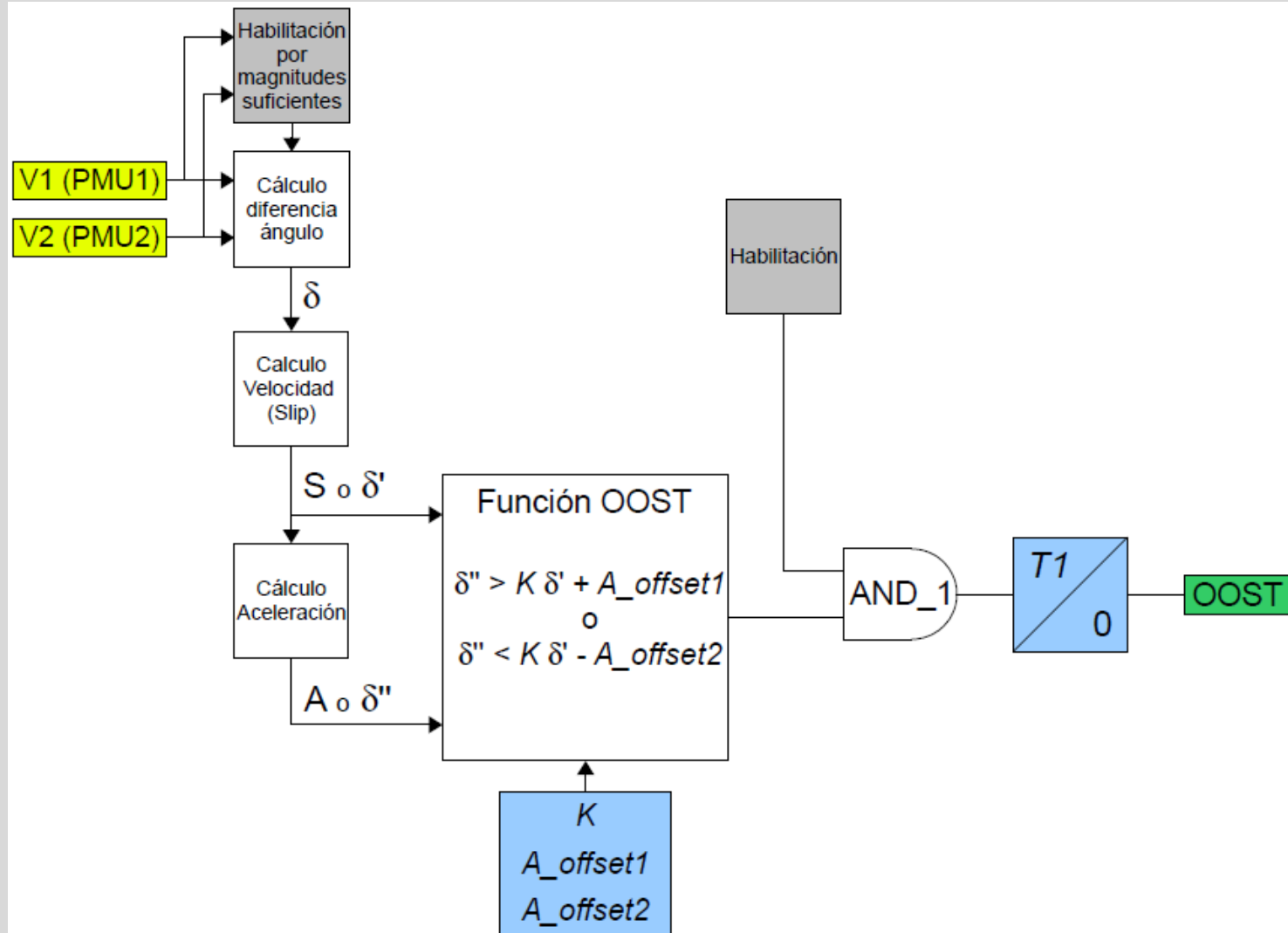


Algoritmos WAP Estrategia #2 (OOST)

OOST (Predictive Out-Of-Step Tripping) en el plano A(S)



Algoritmos WAP Estrategia #2 (OOST)

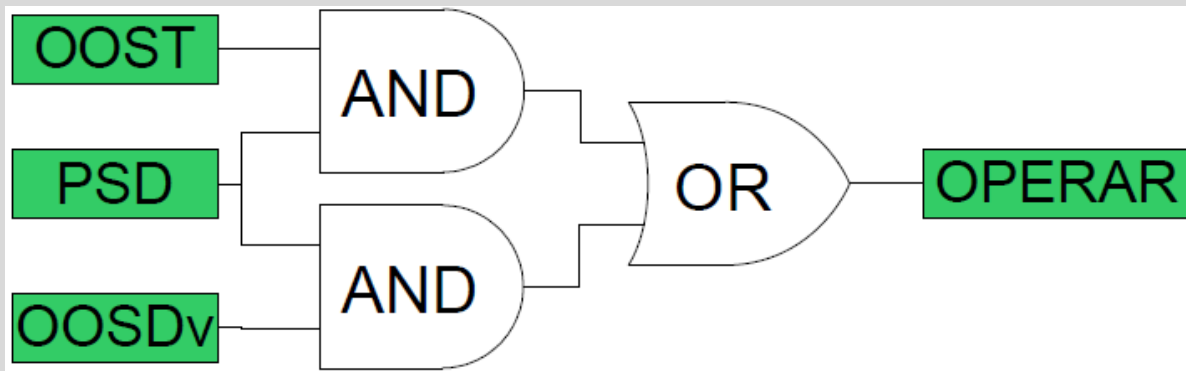


Algoritmos WAP Estrategia #2 (combinación)

PSD, OOST, OOSDv

Algoritmos usados para:

1. Detectar si hay oscilación de potencia (PSD)
2. Determinar si la oscilación es inestable (OOST, OOSDv)



Aplicación al Sistema Eléctrico Uruguayo (Evaluación)

Comparativo

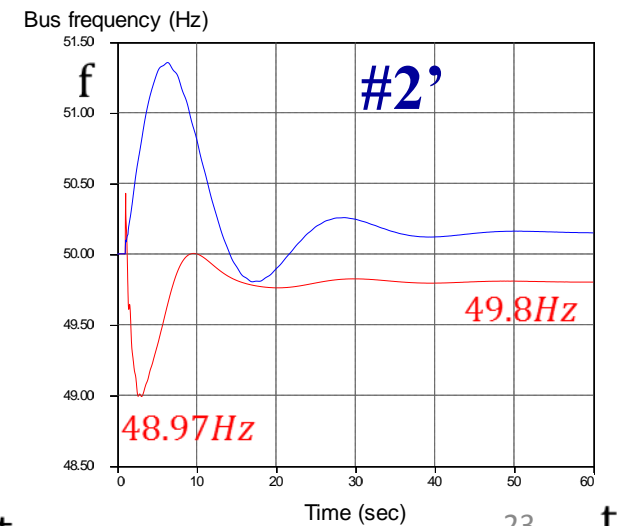
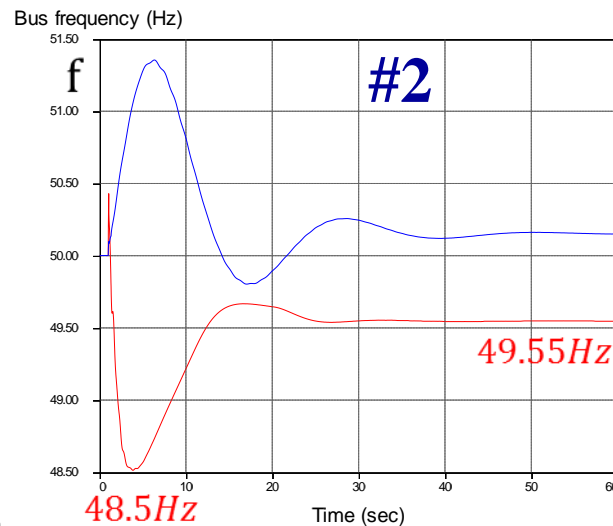
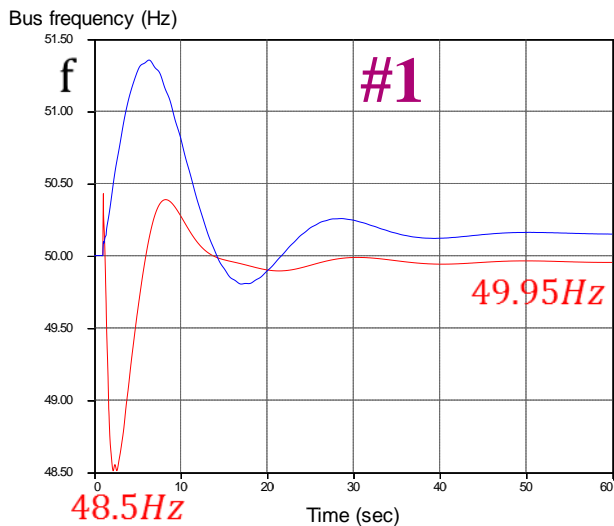
Estrategia #1 (relés distancia)	Estrategia #2 (sincrofasores)	
- 80ms	- 80 ms	Comienzo del cc
0ms	0 ms	Fin del cc
250 ms	215 ms	Detección separación N-S en 500 kV
300 ms	270 ms	Formación isla Sur (desconexión 150 kV)
600 ms	270 ms	Disparo de carga en isla Sur

		S [MVA]	% respecto estrategia #0	% respecto estrategia #1
	SEP uruguayo	1818		
#0	Carga disparada estrategia #0	618	100%	
#1	Carga disparada estrategia #1	509	82.4%	100%
#2	Carga disparada estrategia #2	430	69.5%	84.4%

Aplicación al Sistema Eléctrico Uruguayo (Evaluación)

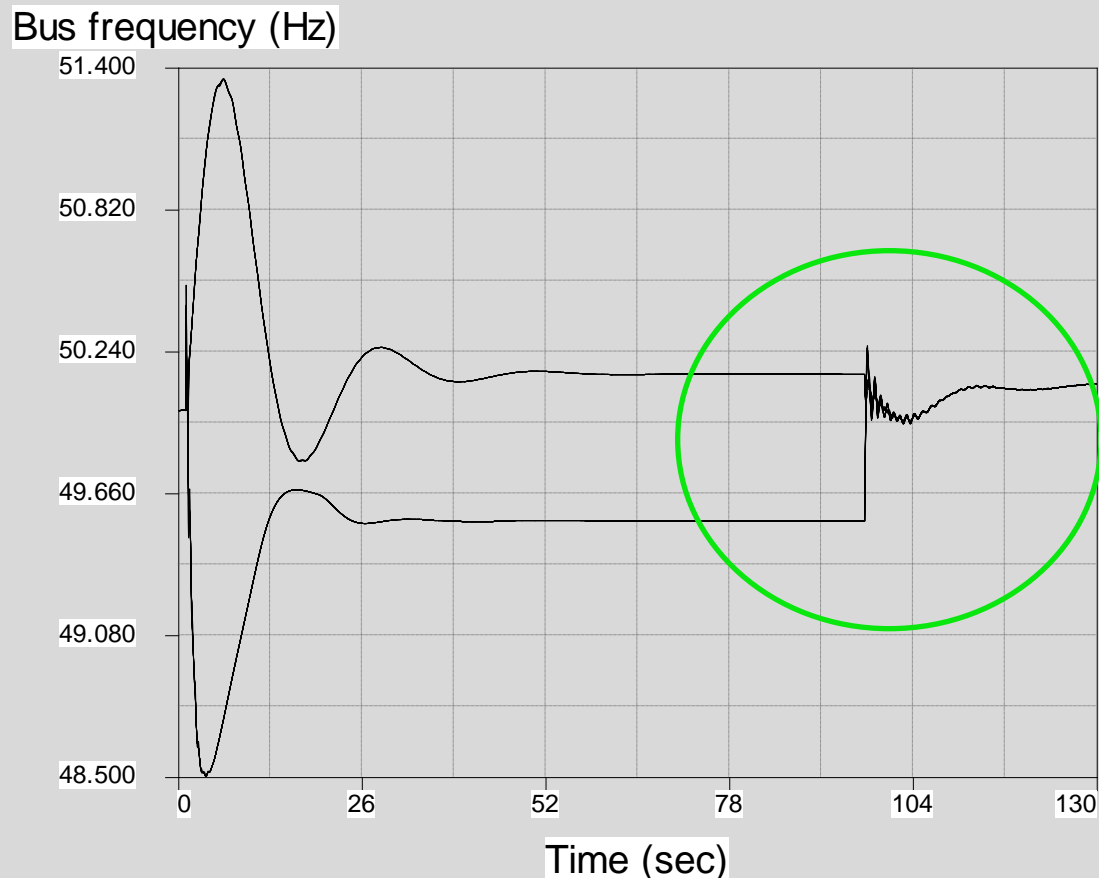
Comparativo

		S [MVA]	% respecto de Est.#1	% respecto de Est # 2
	SEP uruguayo	1818		
#0	Estrategia actual en SEP real	618	100%	
#1	Carga disparada estrategia #1	509	82.4% (-17.6%)	100%
#2	Carga disparada estrategia #2	430	69.5% (-30.5%)	84.4% (-15.6%)
#2'	Carga disparada estrategia #2 (alt.)	478	77.3% (- 22.7%)	93.8% (- 6.2%)



Aplicación al Sistema Eléctrico Uruguayo (Evaluación)

Re-sincronización de isla Sur con el sistema Norte



Resumen y Conclusiones

Estrategia	#0	#1	#2
Formación de isla	NO	SI (distancia - OST) local	SI (PSD+OOST) con comunicación
Disparo de carga	SI (f<) local 618 MVA	SI (f<) local 509 MVA	SI (PSD+OOST) con comunicación 430 MVA

- La formación controlada de isla en el Sur con disparo de carga tiene un desempeño mejor que la práctica actual (estrategia #0).
- El disparo de carga necesario se reduce aproximadamente 20% con estrategia #1 y 30% con estrategia #2.
- Estrategia #2 se muestra atractiva por disparar menos carga por su capacidad predictiva. Es posible con las tecnologías existentes.
- Estrategia #1 no debe ser descartada por ser una solución sencilla y costo-eficiente, usando protecciones existentes en el sistema.