

*FUNDACIÓN BARILOCHE  
INSTITUTO DE ECONOMÍA ENERGÉTICA  
CONICET*

*ENDIO XXII – EPIO XX*

*OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN  
ELÉCTRICA CONSIDERANDO EL  
EMPLAZAMIENTO DE GENERACIÓN  
DISTRIBUIDA. UNA APLICACIÓN DE LA  
METAHEURÍSTICA FEPSO (Fuzzy Evolutionary  
Particle Swarm Optimization)*

**Desde la Ponencia del Dr. Gustavo Schweickardt**  
**Autores: Gustavo Schweickardt (CONICET-IdEE/FB) y**  
**Vladimiro Miranda (INESC Porto –Portugal)**

**Buenos Aires, Febrero de 2010**

# *1. El Sistema de Distribución de Energía Eléctrica (SDEE) Considerado.*

- 1. Caracterización del Sistema de Distribución de Energía Eléctrica (SDEE).*
- 2. Sistema de Distribución de Energía Eléctrica Analizado. Esquema Unifilar.*

# *2. Descripción del Problema en el Contexto Tradicional.*

- 1. El Problema y su Descripción Contextual según el Enfoque Tradicional.*

# *3. Contexto Propiciado por la Reforma Eléctrica Introduciendo Condiciones Competitivas.*

## **4. *Formulación Clásica del Problema Utilizando Técnicas de Programación Matemática.***

- 1. *Variables en la Formulación del Problema de Clásico de la Planificación de la Expansión.***
- 2. *Formulación Clásica del Problema (Múltiples Problemas de Optimización Subordinados).***
- 3. *Planificación de los SDEE en el Largo Plazo.***

## **5. *La Metaheurística EPSO.***

- 1. *Formulación. Operadores Evolutivos.***
- 2. *Formulación. Ecuación Evolutiva del EPSO.***
- 3. *Regla Básica del Movimiento del PSO.***
- 4. *Regla Básica del Movimiento del EPSO.***
- 5. *EPSO MultiObjetivo.***

## **6. *La Metaheurística FEPSO.***

- 1. *Modelación de Incertidumbres e Imprecisiones.***
- 2. *Contracción y Dilatación Exponenciales en un Conjunto Difuso. Ponderadores PE.***
- 3. *La Partícula o Agente EPSO para el Problema Abordado: Dimensiones (D).***

## **7. *Metaheurística FEPSO MultiObjetivo.***

- 1. *Número de Dimensiones del Problema.***
- 2. *Función de Aptitud Difusa – FEPSO.***
- 3. *Comparación de Aptitudes Difusas – FEPSO.***

## **8. *Simulación y Resultados.***

- 1. *Caracterización del SDEE Considerado.***
- 2. *Descripción del Sistema Analizado.***
- 3. *Algunos Datos y Resultados Numéricos.***
- 4. *Red Resultante en el Año Horizonte (2007).***

## **9. *Síntesis y Conclusiones.***

***El Sistema de  
Distribución de  
Energía Eléctrica  
(SDEE) Considerado***

# ***Caracterización del Sistema de Distribución de Energía Eléctrica Eléctrica (SDEE)***

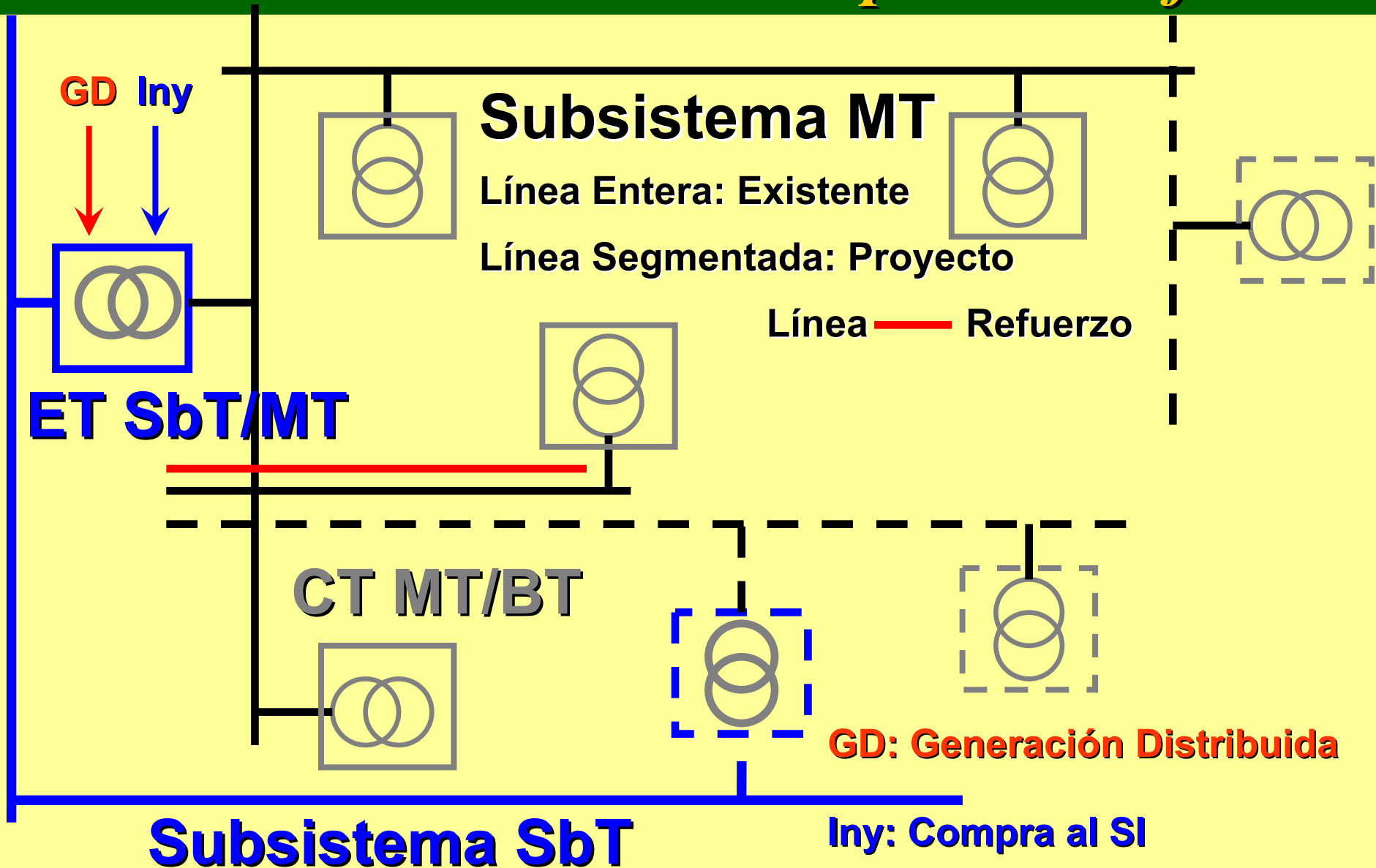
- I. De manera general, y aplicable al problema abordado, en el SDEE considerado pueden identificarse dos *niveles de tensión* fundamentales: *SubTransmisión - SbT* (33 [kV]) y *Media Tensión - MT* (13.2 [kV]).**
- II. Así, se puede hablar del *Subsistema de Redes de Subtransmisión* o *SbT* y el *Subsistema de Redes de MT* o *Primario*.**
- III. Desde el *Subsistema de Redes MT*, son abastecidos los Centros de Transformación Media Tensión Baja Tensión (CT MT/BT).**
- IV. El vínculo entre ambos Subsistemas, lo constituyen las Estaciones Transformadoras o Subestaciones SbT/MT (ET SbT/MT).**
- V. En el Modelo Propuesto en este trabajo se analiza, Dinámicamente, en el *horizonte temporal de Largo Plazo*:**

# *Caracterización del Sistema de Distribución de Energía Eléctrica (SDEE)*

- 1. El Refuerzo o Ampliación de Potencia de las ET's existentes (ET o Subestación refiere lo mismo)**
- 2. La Ubicación de Nuevas ET's y su Potencia**
- 3. La identificación de la Potencia Inyectada por Compra al Sistema Interconectado (SI), en las ET's**
- 4. La Identificación de la Potencia Inyectada desde las ET's existentes o nuevas, proveniente del emplazamiento de Generación Distribuida sobre el Subsistema de SbT, en las mismas ET's**
- 5. El Refuerzo (Recambio de Conductores por aumento de sección) de Conductores del Subsistema MT (Alimentadores existentes)**
- 6. La Ubicación de Nuevos Conductores (Alimentadores Nuevos) en el Subsistema MT**
- 7. La Ubicación de Nuevos Puntos de Abastecimiento o CT MT/BT**



# *Sistema de Distribución de Energía Eléctrica Eléctrica Analizado. Esquema Unifilar*



*Descripción del  
Problema en el  
Contexto Tradicional*

# *El Problema y su Descripción Contextual según el Enfoque Tradicional*

- I. Se trata de la Planificación de la Expansión de un Sistema de Distribución de Energía Eléctrica (SDEE) en el Largo Plazo.**
- II. El Objetivo consiste en el Emplazamiento de Estaciones Transformadoras (ET's) y definición de la Topología de los Alimentadores Óptimos.**

- 1. Cadena Productiva de la Electricidad Verticalmente Integrada.**
- 2. Planificación de la Expansión mediante técnicas de Programación Matemática (PL – Branch and Bound). Solución Aproximada sujeta a restricciones Operacionales.**
- 3. Esquema Regulatorio por Costos de Servicio.**

*Contexto Propiciado por  
la Reforma Eléctrica  
Introduciendo  
Condiciones  
Competitivas*

# *Descripción Contextual según el Enfoque Propiciado por la Reforma Eléctrica*

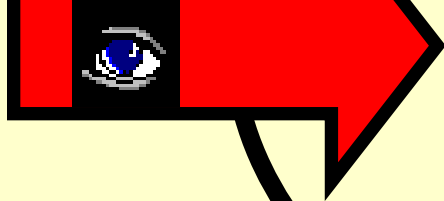
- 1. Cadena Productiva de la Electricidad Verticalmente Segmentada: Generación – Transmisión – Distribución – Comercialización.**
  - a. Principio de Libre Acceso de Terceros a las Redes.**
  - b. Esquema de Regulación por Incentivos.**
  - c. Introducción de Controles sobre la Calidad Eléctrica (Servicio y Producto Técnico) y Ambiental.**
  - d. Incentivos para el Uso Racional de la Energía (URE).**
  - e. Los SDEE prestan el Insumo Red a sus Usuarios.**
  - f. Introducción de la Generación Distribuida.**
- 2. Planificación de la Expansión mediante técnicas de Híbridas: Programación Matemática y Heurísticas.**
- 3. Criterios No Monetizables e Incertidumbres No Estocásticas.**

# *Distribución Eléctrica en un CONTEXTO* *ABIERTO A LA COMPETENCIA*

*Cientes No Regulados*

*Mercado Eléctrico Mayorista*

**URE**



*Eficiencia Productiva*

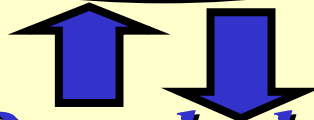
*Calidad Eléctrica y Ambiental en el Servicio*

*Cientes Regulados*

*Distribuidor*

*Generadores Independientes*

*Comercializadores Especializados*



*Regulador*

*Eficiencia Asignativa*

*Formulación Clásica del  
Problema mediante  
Técnicas de  
Programación  
Matemática*

# ***Variables en la Formulación del Problema de Clásico de la Planificación de la Expansión***

- I. Se tienen dos Objetivos a Minimizar: FO1: Costos Globales del SDEE (CGSDEE) y FO2: Energía No Suministrada por cortes (ENS)
- II. Los CGSDEE dependen de los *Costos Totales de Inversión* ( $C_{Inv}$ ) y de los *Costos de las Pérdidas* ( $C_{Perd}$ ) en el Horizonte Considerado (Anualidades)
- III. La ENS es una función compleja, dependiente, en general, de la topología del sistema, y de las variables: *Tasa de Falla* (anual) de cada *alimentador* ( $\lambda_{Falla}$ ) *Longitud de la Líneas/Alimentadores*,  $L_{Líneas}$ , *Tiempos de Interrupción* ( $t_{Interrupción}$ ) y de la *Potencia Interrumpida* ( $P_{interrumpida}$ )
- IV. Existen Dos Restricciones Básicas: R1: El SDEE opera *Radialmente* y R2: *Las Variantes de Equipamiento del año  $n+1$ , incluyen (son combinables) a las variantes del año  $n$ .* Además, en las *Restricciones Secundarias*, se consideran: el *Límite de Capacidad en las Líneas/Alimentadores* ( $C_{Lim}$ ) la *Satisfacción de la Demanda* (Dem), y los *Límites en las Caídas de Tensión* ( $\Delta U_{Lim}$ )



# *Formulación Clásica del Problema (Múltiples Problemas de Optimización Subordinados)*

- El Horizonte Temporal adoptado, es entre 10 y 15 años (Optimización Temporal).
- El Problema de Optimización, se formula como sigue (Programación Entera Mixta No Lineal):

**Minimizar**

$$1.- \text{CGSDEE} = f(C_{\text{Inv}}, C_{\text{perd}})$$

$$2.- \text{ENS} = f(\lambda_{\text{Falla}}, L_{\text{Líneas}}, t_{\text{Interrupción}}, P_{\text{interrumpida}})$$

**Sujeto a {Restricciones Primarias}**

1.- Restricción de Radialidad

2.- Variantes de Equipamiento Combinables

$$V_{j,k} \subseteq V_{i,k+1}$$

**{Restricciones Secundarias}:  $C_{\text{Lin}}$ , Dem,  $\Delta U_{\text{Lim}}$**

# *Planificación de los SDEE en el Largo Plazo*

## *Metodología Multi-Etapa Pseudo-Dinámica*

- 1) Se consideran diferentes Etapas Temporales.*
- 2) Se procede a sucesivas Optimizaciones Mono-Etapa estableciendo subordinación entre ellas.*

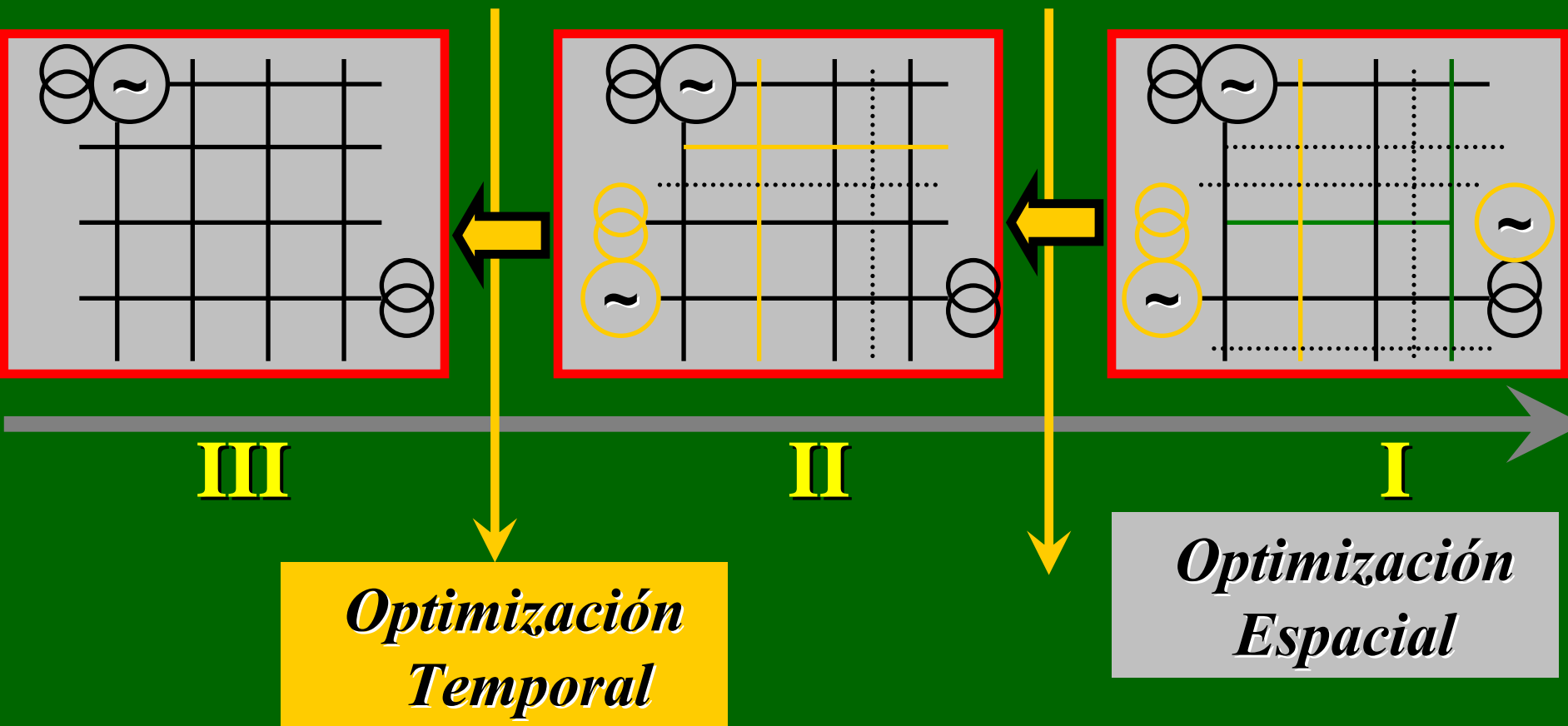
- Se parte del SDEE en el Año Base y se plantea la primer Optimización MonoEtapa en el Año Horizonte.*
- A partir de las topologías de redes resultantes se plantean Optimizaciones para Etapas Intermedias. Se agrupan años de corte del período considerado:*

**I      II      III      Horizonte: 7 años**

**{[7, 6]; [5, 3); (3, 0]} → 3 optimizaciones**

# Planificación de los SDEE en el Largo Plazo

## Metodología Multi-Etapa Pseudo-Dinámica



III

II

I

*Optimización  
Temporal*

*Optimización  
Espacial*

I II III

**Horizonte: 7 años**

**{[7, 6]; [5, 3); (3, 0]} → 3 optimizaciones**

***La Metaheurística***  
***EPSO***

# META-HEURÍSTICA EPSO – *Formulación*

## EPSO y los *Operadores Evolutivos*

Para un cierto *número de generaciones* se aplican los *operadores evolutivos*

1) **Replicación**



$\rho(p_i) \rightarrow n$  copias de  $p_i$

2) **Mutación**



$\mu(w_{i[l,c,s]}) \rightarrow$  Parámetros  
 $w_{i[l,c,s]}^*$  Mutados

3) **Reproducción**



Movimiento Evolutivo

4) **Evaluación**



$f(p_i)$  a todos los sucesores

5) **Selección**



*Supervivencia de los  $f(p_i)$  mejores*  
*+ algunos aleatoriamente elegidos*

# META-HEURÍSTICA EPSO – *Formulación*

## Ecuación Evolutiva del EPSO

### *Regla de Movimiento Evolutiva*

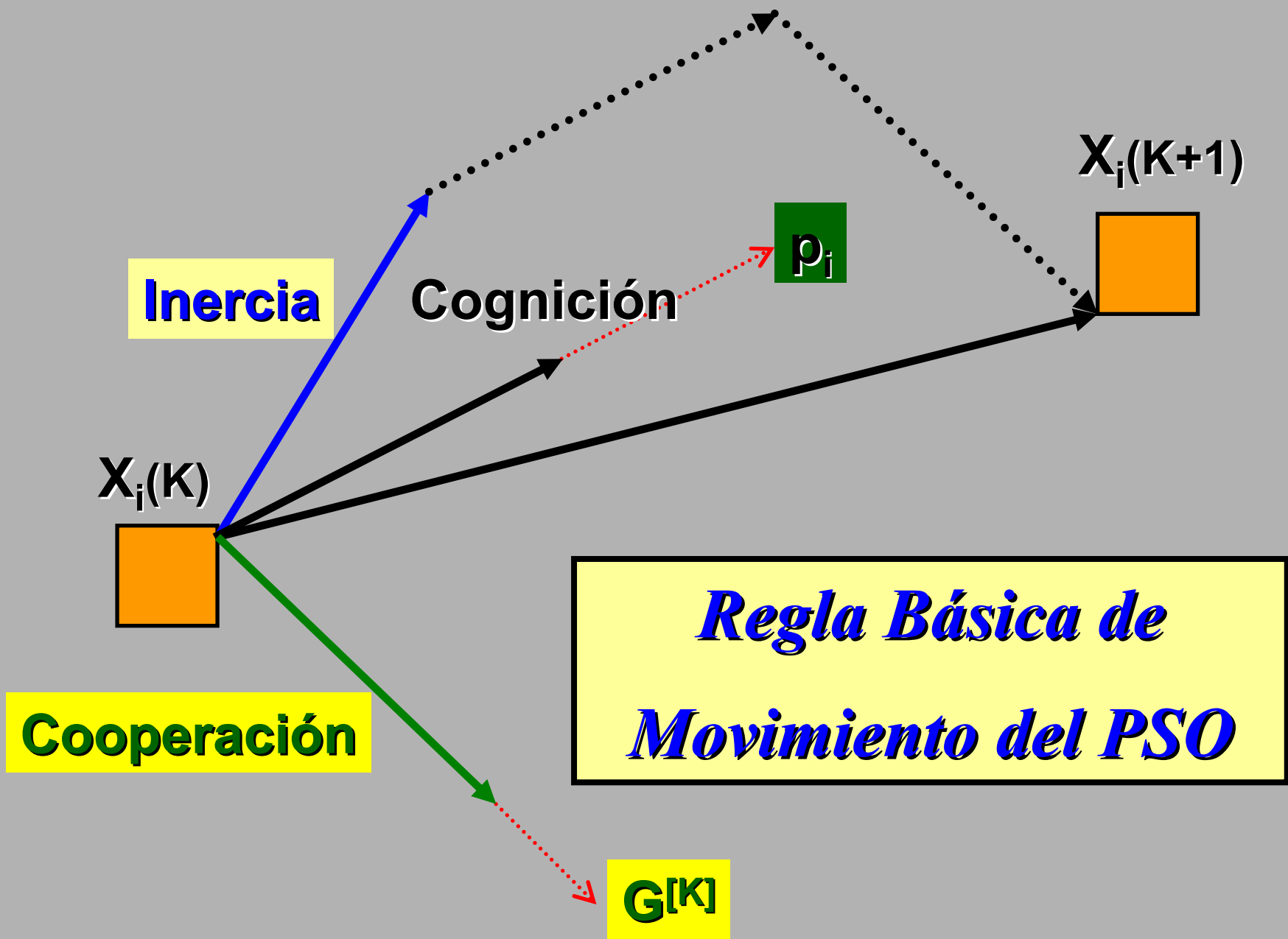
$$v_{in}(k+1) = \{w_i^*(k) \times v_{in}(k)\} + w_i^*c(k) \times r_1 \times [p_{in}(k) - x_{in}(k)] + w_i^*s(k) \times r_2 \times [G_n^*(k) - x_{in}(k)]$$

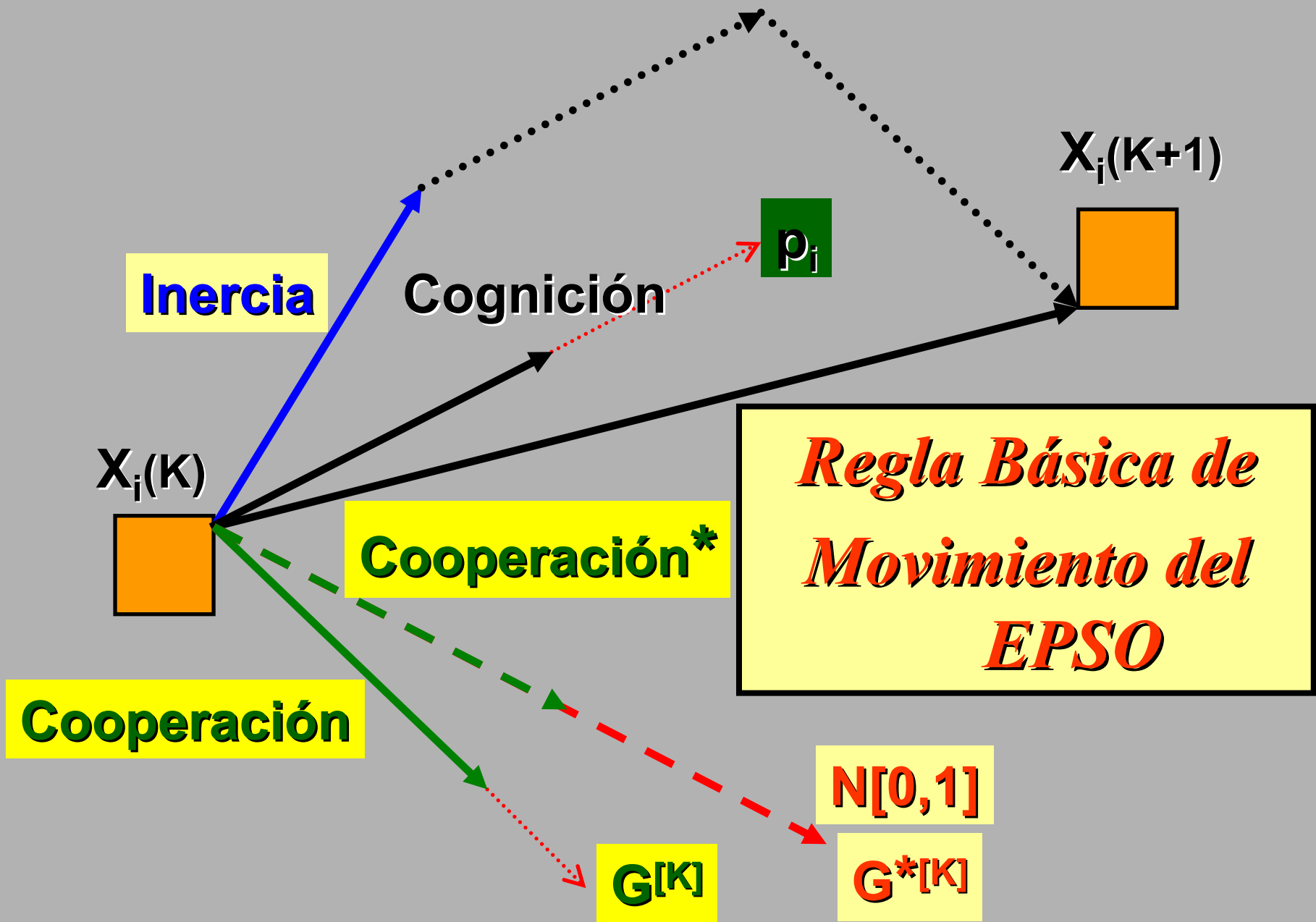
$$w_{ij}^*[k] = w_j \times [1 + \sigma \times N(0,1)] \quad j=\{I,C,S\}$$

$\sigma$  controla la amplitud de las mutaciones

$$G^*(k) = G^*(k-1) + w_{iA}^*(k-1) \times N(0,1)$$

$w_{iA}^*(k-1)$  controla la amplitud del vecindario donde es más probable localizar la mejor Solución Global  $G^*$







***La Metaheurística***  
***FEPSO***

# META-HEURÍSTICAS EPSO *MultiObjetivo*

***EPSO*** → primigeniamente en dominios donde existe ***un único objetivo de optimización.***

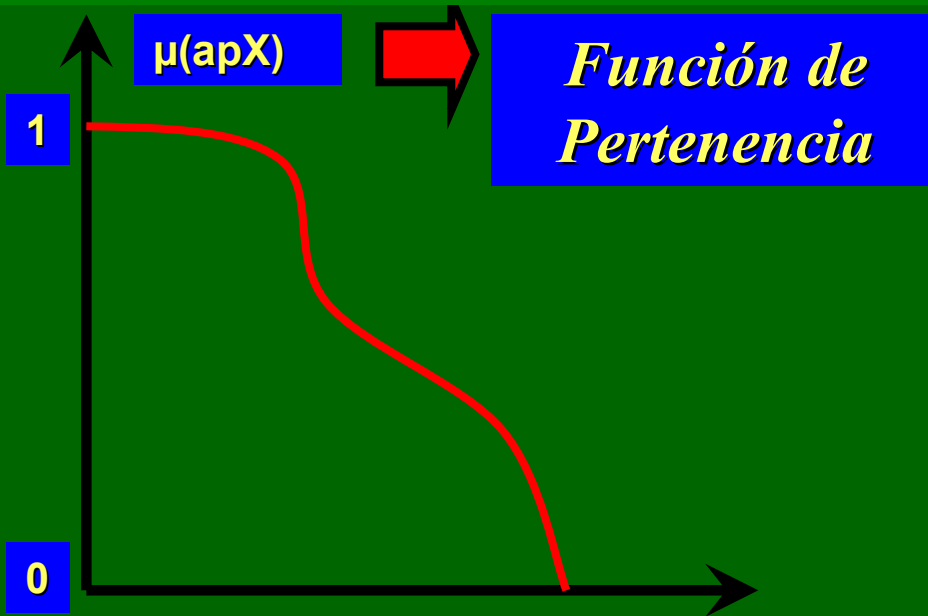
Si bien han sido propuestos diferentes enfoques (***Métricas Pareto-Óptimas***) el Principio De ***Optimalidad de Bellman-Zadeh*** ha proporcionado una modelación ***adecuada y metodológicamente consistente:***

- 
- ⇒ 1. ***Flexibilidad***
  - ⇒ 2. ***Incertidumbres No Estocásticas***
  - ⇒ 3. ***Métrica Pareto-Óptima***

# Modelación de Incertidumbres e Imprecisiones

Conjunto Difuso

$$apX = \int \mu(apX) / apX$$



$$apX = (X - X_{REF}) / X_{REF}$$

Apartamiento de la Variable X respecto de  $X_{REF}$

ENS  $\Rightarrow$   $apENS$

NCA  $\Rightarrow$   $apNCA$

Incertidumbres

Incertidumbres No Estocásticas sobre las Variables del Sistema

Imprecisiones

Refieren Límites de conceptos no definidos con precisión en las Variables del Sistema

Sistemas Difusos

Los Conjuntos Difusos

Modelan tanto

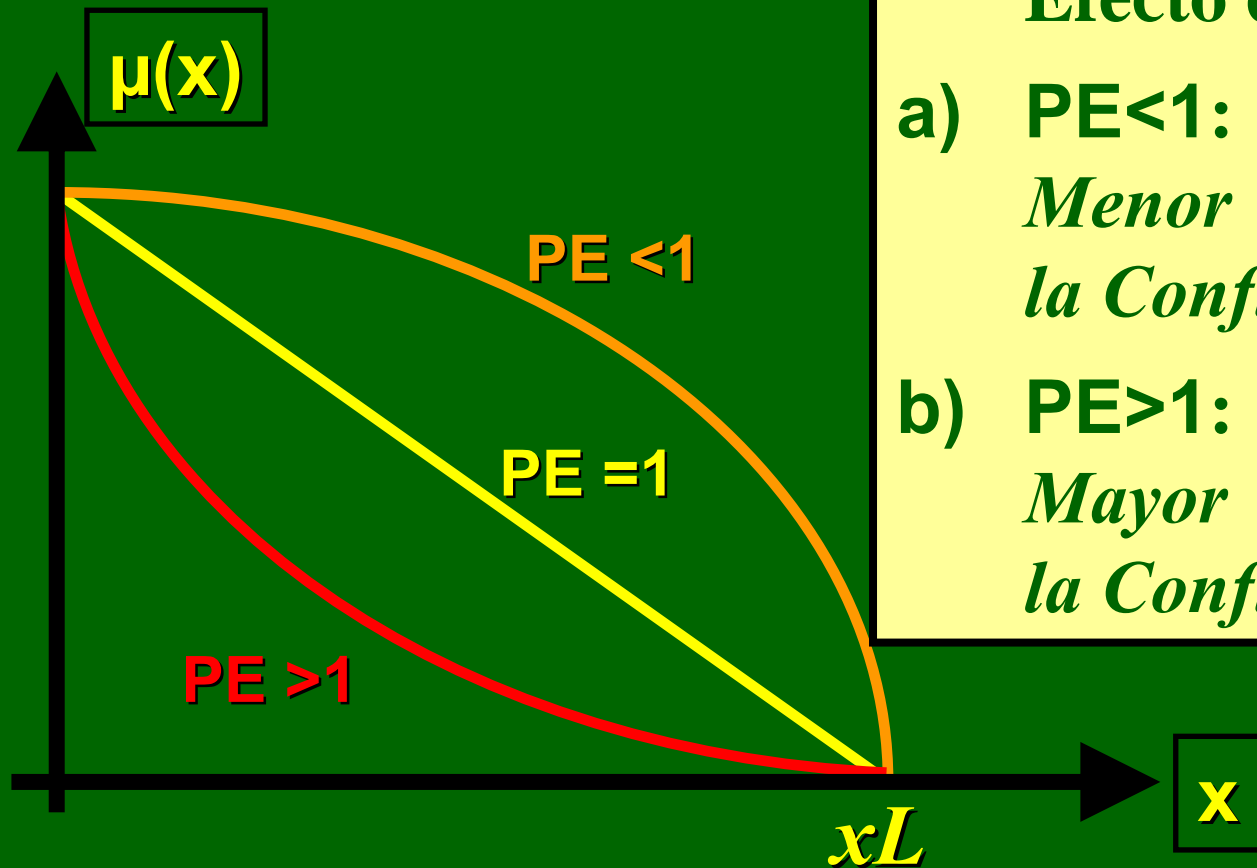
Incertidumbres como

Imprecisiones en el

Sistema Objeto

# *Contracción y Dilatación Exponenciales en un Conjunto Difuso. Ponderadores PE*

## *Función de Pertenencia Lineal $\mu(x)$*



**Efecto de PE:**

- a) **PE < 1:** *Dilatación-  
Menor Importancia en  
la Confluencia*
- b) **PE > 1:** *Contracción-  
Mayor Importancia en  
la Confluencia*

# La Partícula o Agente EPSO para el Problema Abordado: Dimensiones (D)

Es un Vector  $[X_i]$  con ND componentes:

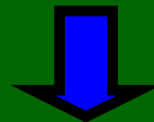
$$X_i = \begin{bmatrix} X_{d1} \\ X_{d2} \\ \vdots \\ \vdots \\ X_{dND} \end{bmatrix}$$

Por Ejemplo:

- Existe sólo una ET → lnyE e GD
- Un único Alimentador Nuevo
- No hay cambios en los Existentes
- No se proyectan ET's Nuevas

$$\text{Si: } d_{\text{lnyE}} + d_{\text{GD}} = d_{\text{Max}}$$

$$\text{ND} = D_{\text{lnyE}} + D_{\text{GD}} + D_{\text{AN}} = 3$$



0: No Nuevo  
5 Secciones

$$[0, d_{\text{Max}}]$$

$$[0, d_{\text{Max}}]$$

$$\{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$$

***La Metaheurística  
FEPSO MultiObjetivo***

# ***Número de Dimensiones del Problema***

- Para las etapas consideradas (I año 7-*horizonte*, II años 5-3-*intermedia* y I años 3-0-*referencia*), se tiene cierta *demanda proyectada* y *ciertos valores en las restricciones* que caracterizarán cada solución como *factible* o no. Con estos elementos, la *dimensión del espacio de búsqueda* se calcula como sigue:
- a) Por cada *subestación existente*, se tendrá una potencia inyectada al sistema desde la *red de subtransmisión* (33 [kV]), proveniente del punto de compra. Simultáneamente, se tendrá una potencia de generación instalada. Ambas son aparentes (Activa, Reactiva). Cada una constituye una *dimensión*, con  $n_{SbE}$  *subestaciones existentes* se agregan  $ND_{InyGDE}$  dimensiones al problema.

# *Número de Dimensiones del Problema*

- b) Por cada *subestación existente*, se tiene cierto conjunto de *alimentadores también existentes*, los cuales pueden ser reemplazados por otros de una sección distinta (en general mayor). Cada uno de estos *alimentadores existentes*, agrega una *dimensión* al problema. Si se tienen  $n_{SbE}$  subestaciones y de la  $j$ , salen  $n_{AE}(j)$  *alimentadores*, se agregan las *dimensiones*  $N_{DAE}$ .
- c) Por cada *subestación existente*, se tendrán ciertos *alimentadores que son factibles de construir, pero pueden o no ser construidos*. Su longitud y posible emplazamiento son conocidos. Indicando este número, para cierta subestación  $j$ , mediante  $n_{AN}(j)$ , se tiene un agregado de  $N_{DAN}$  dimensiones.



# *Número de Dimensiones del Problema*

d) Como el *subsistema de subtransmisión no se modifica*, se tienen *ciertos emplazamientos donde es factible construir una nueva subestación, con las mismas características que las existentes*. Por cada una, habrá *dos dimensiones en cuanto a potencia instalada, y cierto número de dimensiones por la construcción de los alimentadores factibles, cuya ruta o emplazamiento, es conocido*. Si es factible un número  $n_{SbPr}$  de subestaciones, entonces se adicionarán al espacio de búsqueda un número de dimensiones dado por:  $(NDAPr + NDInyGDPr)$ .  $n_{ANPr}(j)$  se corresponde con cada alimentador factible de construir desde la subestación  $j$  en  $SbPr$ .

# *Número de Dimensiones del Problema*

e) Por último, por cada *alimentador existente*, (E), o *proyectado de una subestación existente*, (N), o *proyectado de una subestación proyectada*, (Pr), existirán ciertos *puntos prefijados como factibles para instalar un aparato de seccionamiento*, (ps[E, N, Pr]). Los mismos posibilitarán la *transferencia de carga, ante contingencias*, hacia otro alimentador de una subestación vecina. El aspecto evaluado aquí, *corresponde sólo a las contingencias* puesto que el objetivo es *minimizar la ENS*. Entonces se agregarán:  $(ND_{psE} + ND_{psN} + ND_{psPr})$  *dimensiones al Espacio de Búsqueda*.

# Número de Dimensiones del Problema:

**NDInyGDE =**

$$\left[ \sum_{j=1}^{nSbE} (SI_{nyE}(j) + SGDE(j)) \right] \quad (1)$$

**NDAE =**

$$(2) \left[ \sum_{j=1}^{nSbE} \left( \sum_{nA=1}^{nAE(j)} nAE \right) \right]$$

**NDnpsE =**

$$\left[ \sum_{j=1}^{nSb} \left( \sum_{nA=1}^{nAE(j)} \left( \sum_{npsE=1}^{npsAE(nA)} npsE \right) \right) \right] \quad (3)$$

**NDAN =**

$$\left[ \sum_{j=1}^{nSbE} \left( \sum_{nAN=1}^{nAN(j)} nAN \right) \right] \quad (4)$$

**NDnpsN =**

$$\left[ \sum_{j=1}^{nSb} \left( \sum_{nA=1}^{nAN(j)} \left( \sum_{npsN=1}^{npsAN(nA)} npsN \right) \right) \right] \quad (5)$$

**NDAPr =**

$$\left[ \sum_{j=1}^{nSbPr} \left( \sum_{nAN=1}^{nANPr(j)} nANPr \right) \right] \quad (6)$$

**NDInyGDPr =**

$$\left[ \sum_{j=1}^{nSbPr} (SI_{nyPr}(j) + SGDPr(j)) \right] \quad (7)$$

**NDnpsPr =**

$$(8) \left[ \sum_{j=1}^{nSbPr} \left( \sum_{nA=1}^{nAPr(j)} \left( \sum_{npsPr=1}^{npsAPr(nA)} npsPr \right) \right) \right]$$

$$\mathbf{ND = NDInyGDE + NDAE + NDAN + NDAPr + NDInyGDPr + NDnpsE + NDnpsN + NDnpsPr}$$

# Función de Aptitud Difusa - FEPSO

## I. Variables de Apartamiento

$$u_{\text{CGSR}[k]}^i = \frac{\text{CGSR}_{[k]}^i - \text{Min}^{[i=1 \dots n]}_{[k]} \{ \text{CGSR}^i \}}{\text{Min}^{[i=1 \dots n]}_{[k]} \{ \text{CGSR}^i \}}$$

$$u_{\text{ENS}[k]}^i = \text{Min} \left\{ 0; \frac{\text{ENS}_{[k]}^i - \text{ENS}_{\text{Ref}[k]}}{\text{ENS}_{\text{Ref}[k]}} \right\}$$

**i: variante**

**k: etapa**

## II. Funciones de Pertenencia

$$\mu_{\text{CGSR}[k]}^i = f^i \left( u_{\text{CGSR}[k]} \right) = e^{-\alpha \times \left[ u_{\text{CGSR}[k]}^i \right]}$$

$$\mu_{\text{ENS}[k]}^i = f^i \left( u_{\text{ENS}[k]} \right) = e^{-\beta \times \left[ u_{\text{ENS}[k]}^i \right]}$$

**Adopción:**

**$\alpha = \beta = 0.5$**

# *Función de Aptitud Difusa - FEPSO*

- **La escala de aptitudes basada en la pertenencia difusa,  $\mu_{D_{[k]}}^i$ , resultará, en general, no lineal, favoreciéndose a aquellas de mayor  $\mu_{D_{[k]}}^i$ . Supóngase que el enjambre P tiene n partículas; si se las ordena según su escala de aptitud difusa, asignándole, de menor a mayor, su número de orden (ubicación en el ranking de aptitud)  $r[1..n]$ , entonces la función de aptitud resultante, puede ser uniformizada.**

# *Función de Aptitud Difusa - FEPSO*

## 1) Enfoque por Aptitud Difusa

$$\text{Aptitud}_{[k]}^i = \mu_{D[k]}^i = \text{Min} \left\{ \left[ \mu_{\text{CGSR}[k]}^i \right]^{p^Y_{\text{CGSR}}}; \left[ \mu_{\text{ENS}[k]}^i \right]^{p^Y_{\text{ENS}}} \right\}$$

## 2) Enfoque por Orden de la Aptitud Difusa

$$o_{[k]} = \sum_{i=1}^n \left[ o^{\text{Peor}}_{[k]} - o^i_{[k]} \right]$$

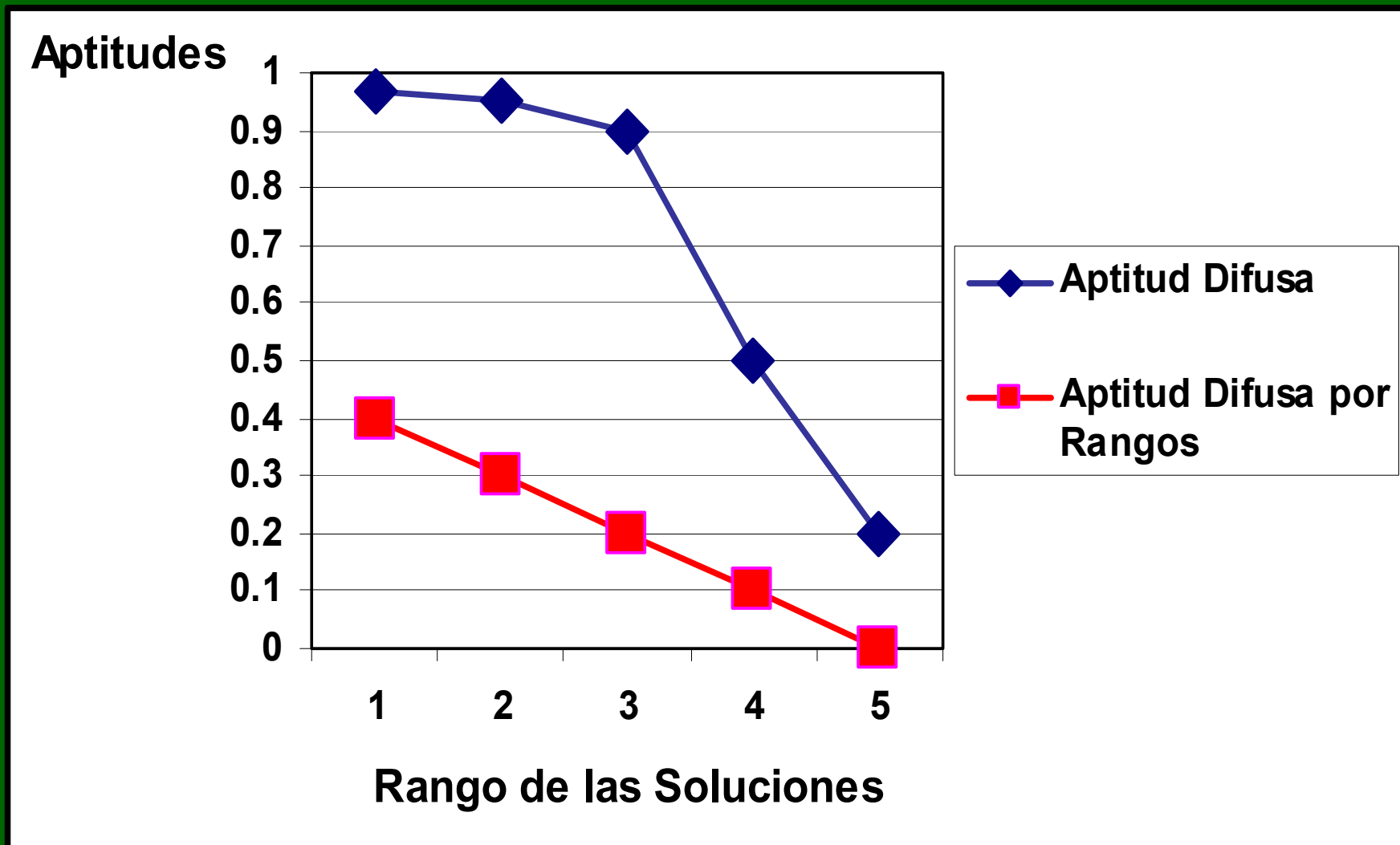
$p^Y \equiv \text{PE}$

$i$ : variante

$$\text{Aptitud}_{[k]}^i = \frac{o^{\text{Peor}}_{[k]} - o^i_{[k]}}{o_{[k]}}$$

$k$ : etapa

# *Comparación de las Aptitudes Difusas - FEPSO*



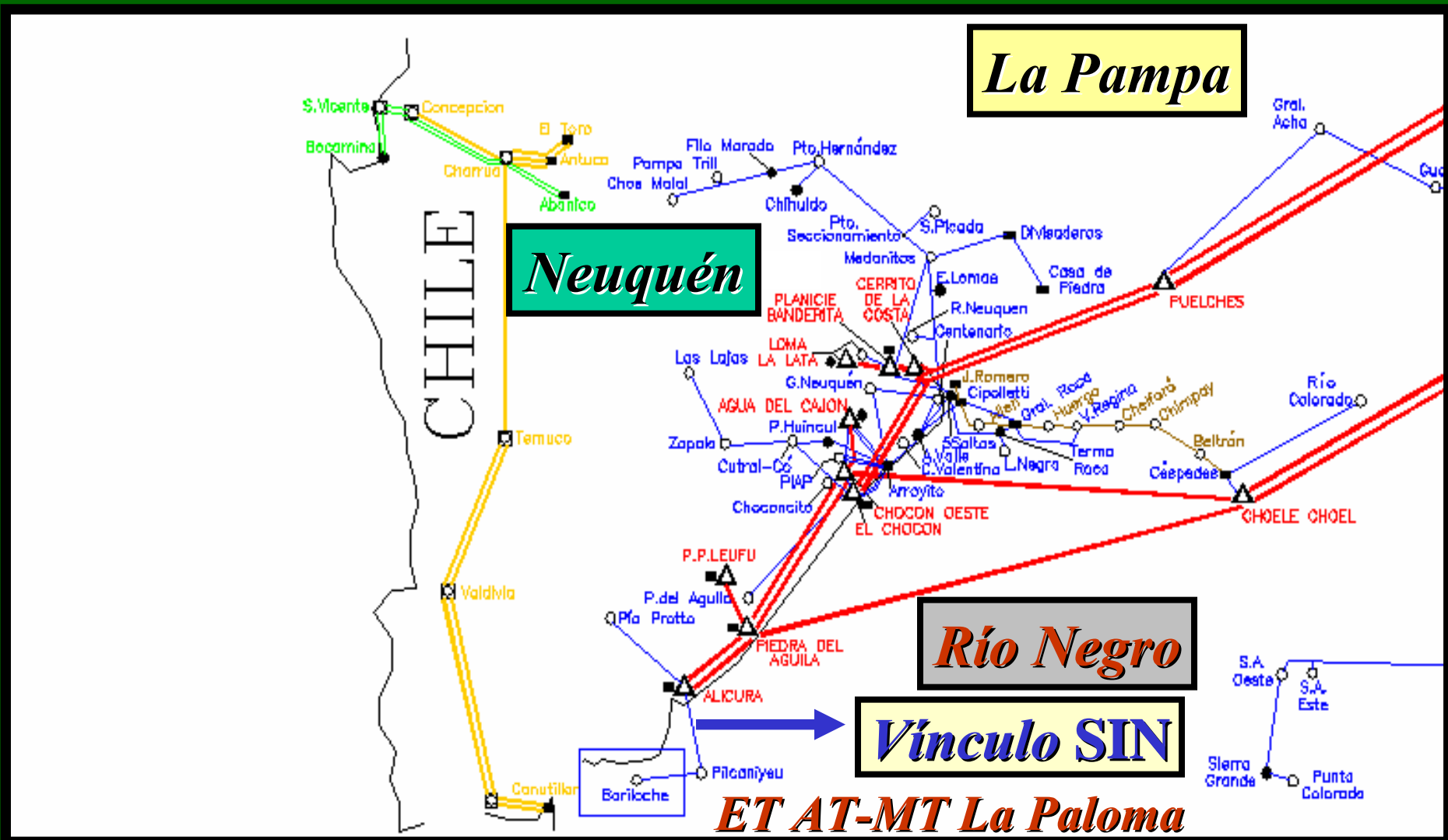
# *Simulación y Resultados*



# ***Caracterización del SDEE Considerado***

- **La simulación se ha realizado sobre un SDEE *basado en uno real* (localidad de Bariloche, provincia de Río Negro).**
- **El Análisis se corresponde con el período 2000-2007.**
- **El SDEE está ubicado en la *punta* del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y depende de una única línea de abastecimiento en 132 [kV]. Tiene un Nivel de SubTransmisión en 33 [kV], con 3 ET 33/13.2 [kV].**
- **Se dispone de Generación en *reserva fría* que cubre sólo el 40% de la demanda pico.**

# DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ANALIZADO



*Sistema Interconectado Nacional. Vínculo en 132 [kV] a San Carlos de Bariloche*

# DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ANALIZADO

## Lago Nahuel Huapi

Subestación  
Puerto Moreno

ET Pto  
Moreno

ET  
Cipresales

Subestación  
Cipresales

Norte

B

ET Pechón

Subestación  
Pechón

ET La Paloma  
132-33 kV

Año: 2000

350 [km<sup>2</sup>]

A

35000 usuarios

400 CT MT/BT

Pico de Carga: 30 [MW]

C

Sistema Interconectado Nacional

$$\overline{A B} = 52 \text{ [km]}$$

$$\overline{A C} = 2.5 \text{ [km]}$$

**Sistema de Subtransmisión - 33 [kV] - y Distribución en Media Tensión - 13.2 [kV] - de San Carlos de Bariloche.**

# *Algunos Datos y Resultados Numéricos*

1) 4 Tipos de Conductores MT: [35, 50, 95, 120] [mm<sup>2</sup>]

2) Potencias [kVA] Normalizadas en los CT MT/BT:

SCT = {315, 250, 200, 150, 100, 50, 30, 20, 15, 10, 5 }

3) Pronóstico de Demanda [MVA]:

Dem = {19.5, 20.7, 21.2, 22.7, 24.1, 26.2, 27.5}

**ET I:** A<sub>1</sub>[B: T<sub>4</sub>; H: T<sub>4</sub>]; A<sub>2</sub>[B: T<sub>3</sub>; H: T<sub>4</sub>]; A<sub>3</sub>[B: T<sub>3</sub>; H: T<sub>3</sub>]; A<sub>4</sub> [B: T<sub>2</sub>; H: T<sub>2</sub>]; A<sub>D</sub>[B: T<sub>2</sub>; H: T<sub>2</sub>]

**ET II:** A<sub>1</sub>[B: T<sub>1</sub>; H: T<sub>2</sub>]; A<sub>2</sub>[B: T<sub>1</sub>; H: T<sub>2</sub>]; A<sub>3</sub>[B: T<sub>1</sub>; H: T<sub>2</sub>]; A<sub>4</sub> [B: T<sub>1</sub>; H: T<sub>2</sub>]; A<sub>D</sub>[B: T<sub>1</sub>; H: T<sub>2</sub>]

**ET III:** A<sub>1</sub>[B: T<sub>2</sub>; H: T<sub>3</sub>]; A<sub>2</sub>[B: T<sub>1</sub>; H: T<sub>1</sub>]; A<sub>3</sub>[B: T<sub>2</sub>; H: T<sub>3</sub>]; A<sub>4</sub> [B: T<sub>1</sub>; H: T<sub>2</sub>]; A<sub>D</sub>[B: T<sub>1</sub>; H: T<sub>1</sub>]

**ET IV:** A<sub>1</sub>[B: T<sub>3</sub>; H: T<sub>4</sub>]; A<sub>2</sub>[B: T<sub>2</sub>; H: T<sub>3</sub>]; A<sub>D</sub>[B: T<sub>1</sub>; H: T<sub>2</sub>]

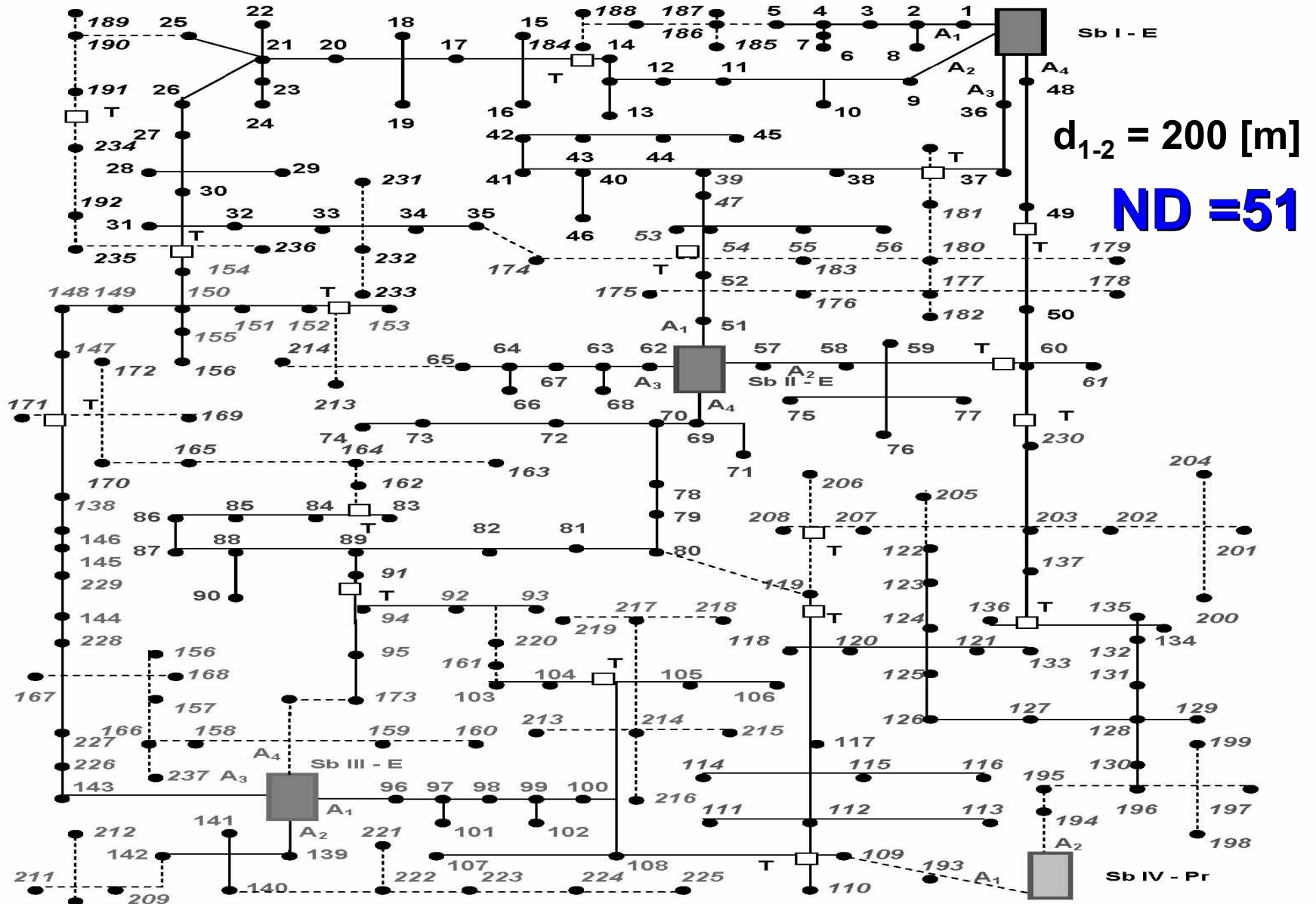
**ET I** = 6 Iny + 4 GD; **ET II** = 3 Iny + 3 GD; **ET III** = 2 Iny + 4 GD;

**ET IV** = 2 Iny + 6 GD → [MVA]

**B: Año Base**

**H: Año Horizonte**

# Red Resultante para el año Horizonte (2007)

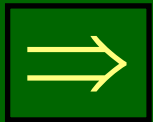


**Año Base (2000)**

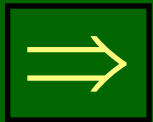
# *Síntesis y Conclusiones*

# *Síntesis y Conclusiones*

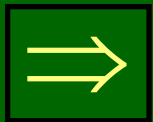
- 1. Población: 150 Partículas.*
- 2. Generaciones FEPSO: 35.*
- 3. Plataforma Software: Windows XP; VB 6.0 + SP 5; C++ y MATLAB 6.5.*
- 4. Tiempo: 1 [h] y 30 [min].*



*1. Ventajas de la Capacidad Autoadaptativa del EPSO.*



*2. Ventajas del FEPSO con Función de Aptitud Difusa por Rangos.*



*3. Implementación Paralelizada.*

*Fin*