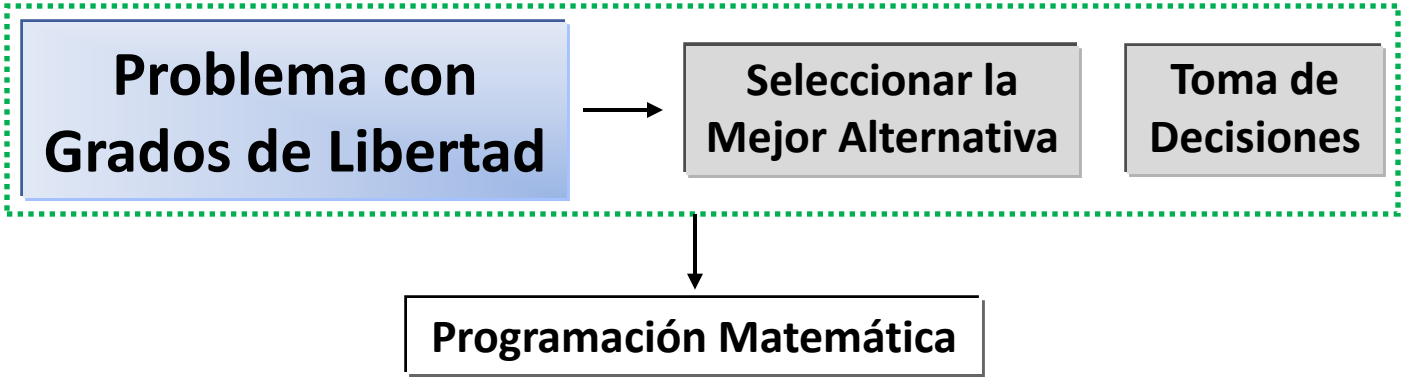
Programación NLP/MINLP. Optimización Dinámica, Global. Métodos no Determinísticos

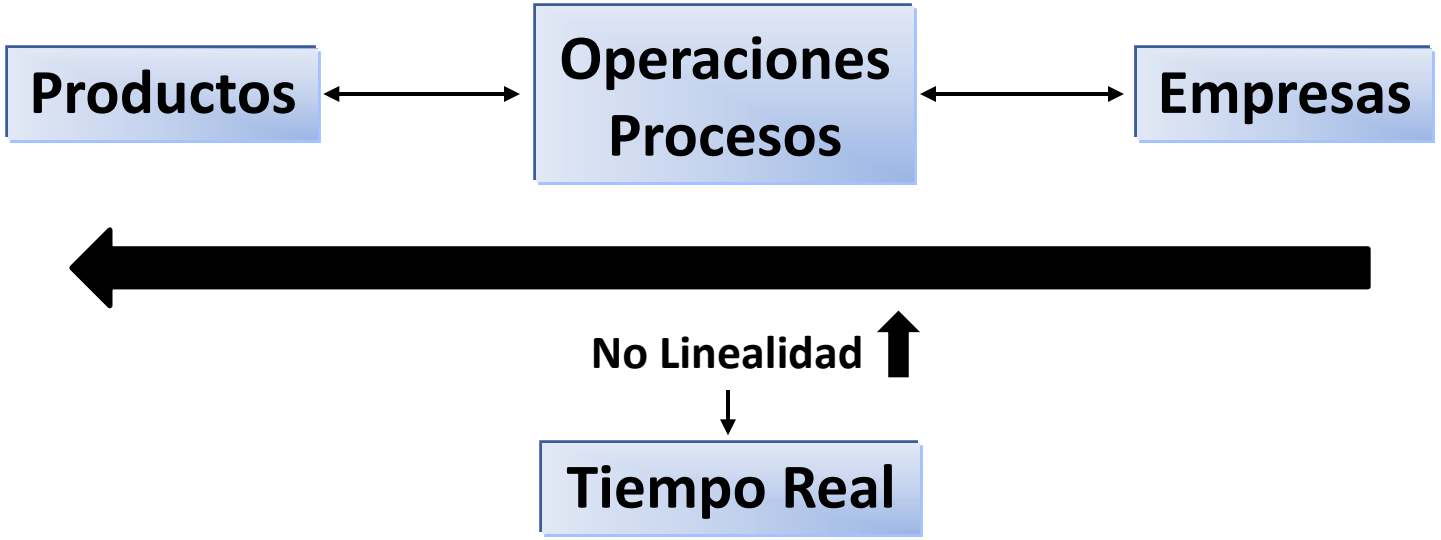
Adrián Ferrari

INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

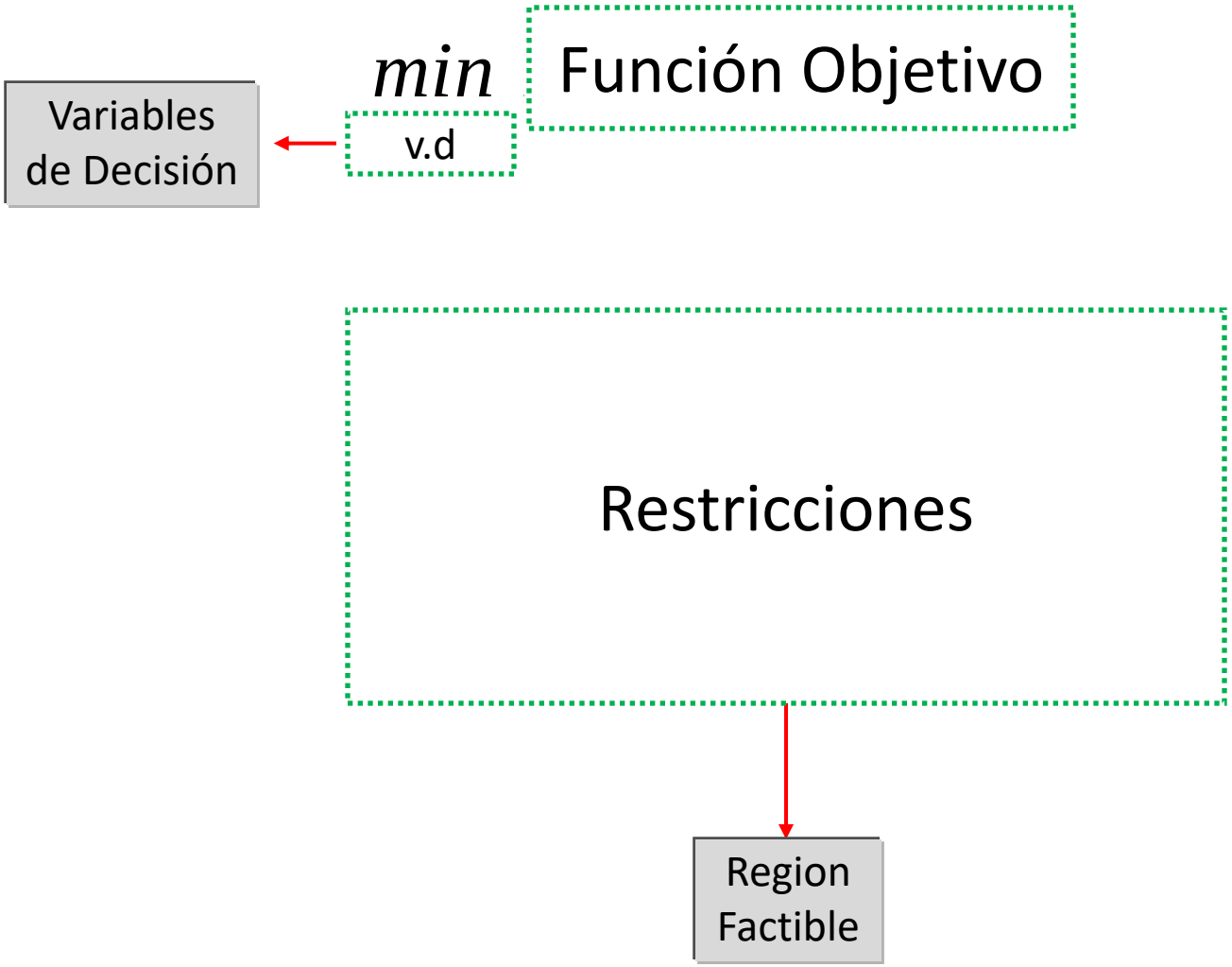
10 de Setiembre 2024

Optimización



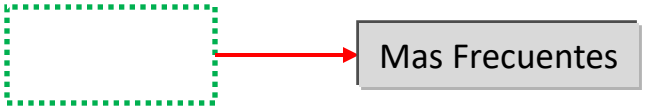


Formulación/Estructura

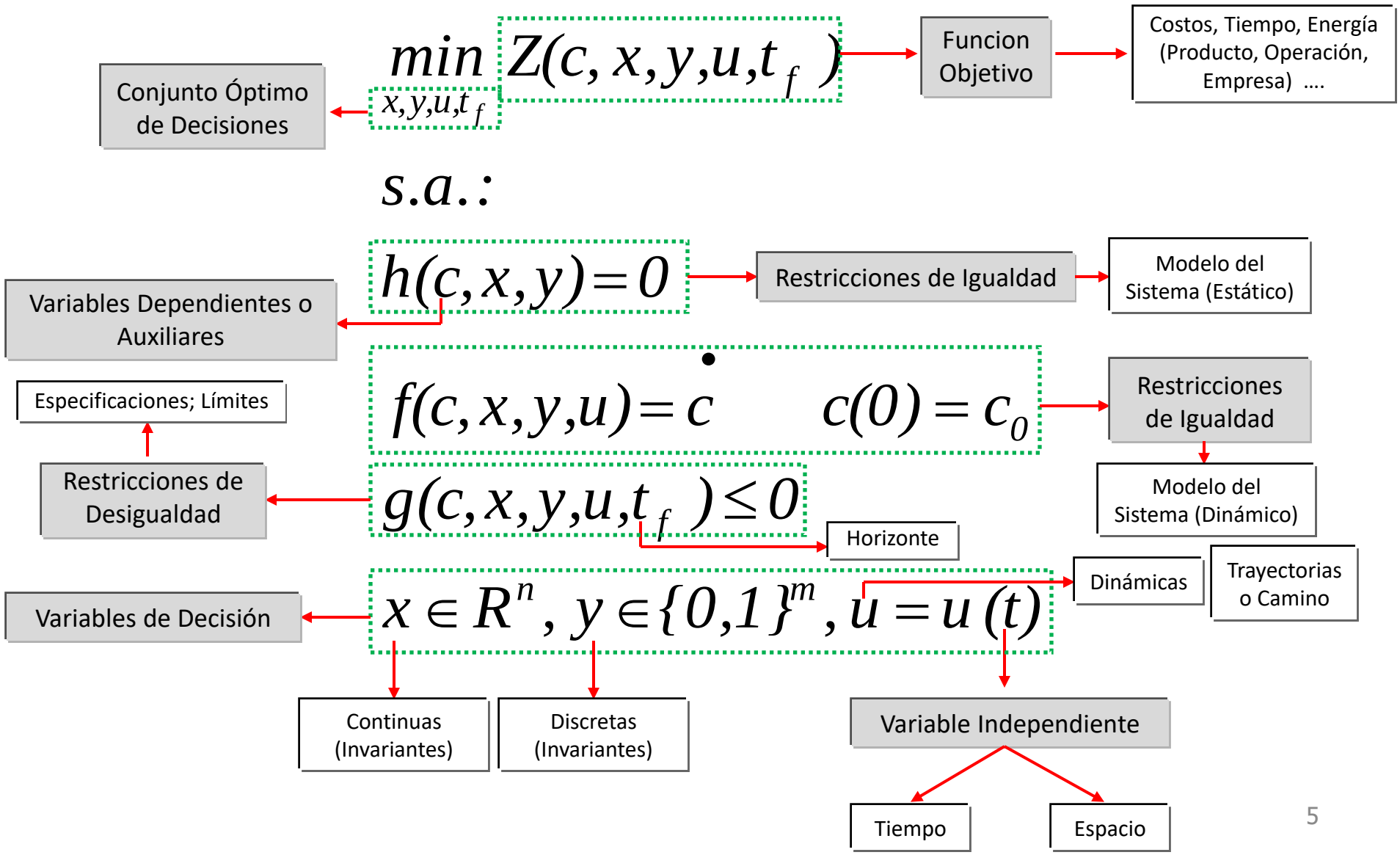


Clasificación

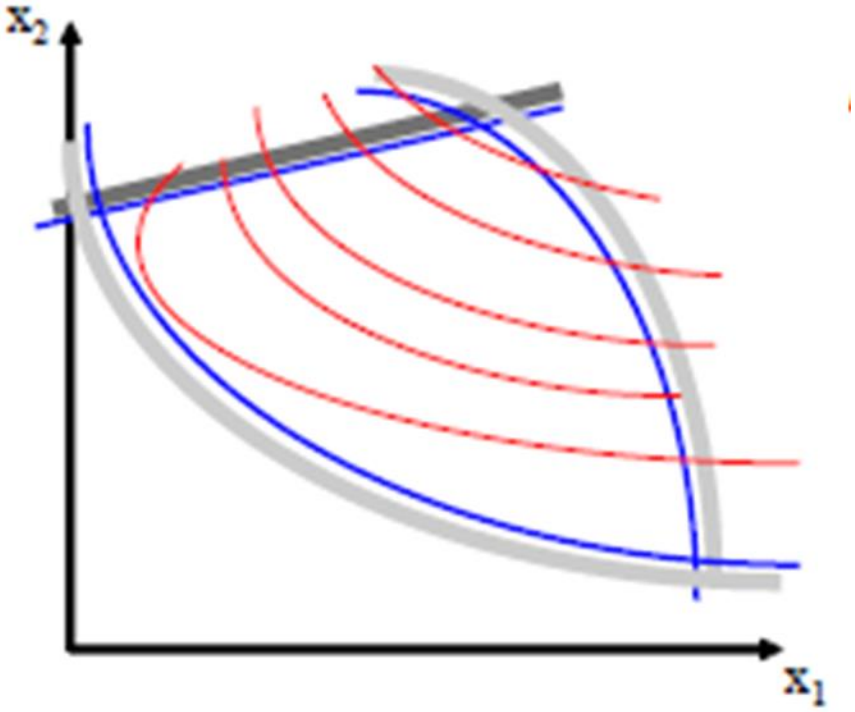
Función Objetivo	Restricciones	Variables de Decisión	Programación / Optimización	Identificación
Lineal	Lineales	Continuas	Lineal	LP
		Discretas	Lineal Entera	ILP
		Mixto	Lineal Entera Mixta	MILP
Cuadrática	Lineales	Continuas	Cuadrática	QP
		Discretas	Cuadrática Entera	IQP
		Mixto	Cuadrática Entera Mixta	MIQP
Otro Caso		Continuas	No Lineal	NLP
		Discretas	No Lineal Entera	INLP
		Mixto	No Lineal Entera Mixta	MINLP
Cualquiera		Dinámicas	Dinámica/Control Óptimo	MINLP Dinámico



Formulación/Estructura

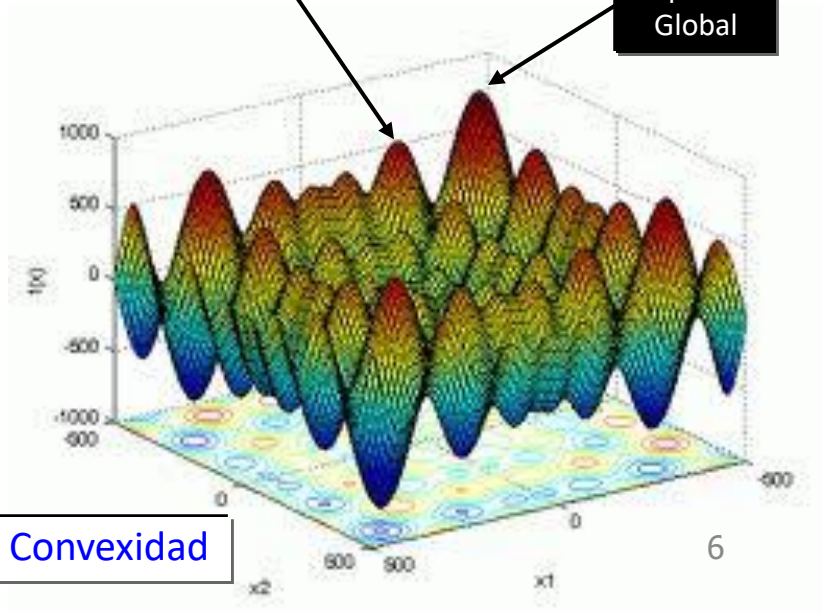


Programación No Lineal (NLP)



Métodos Numéricos de Resolución

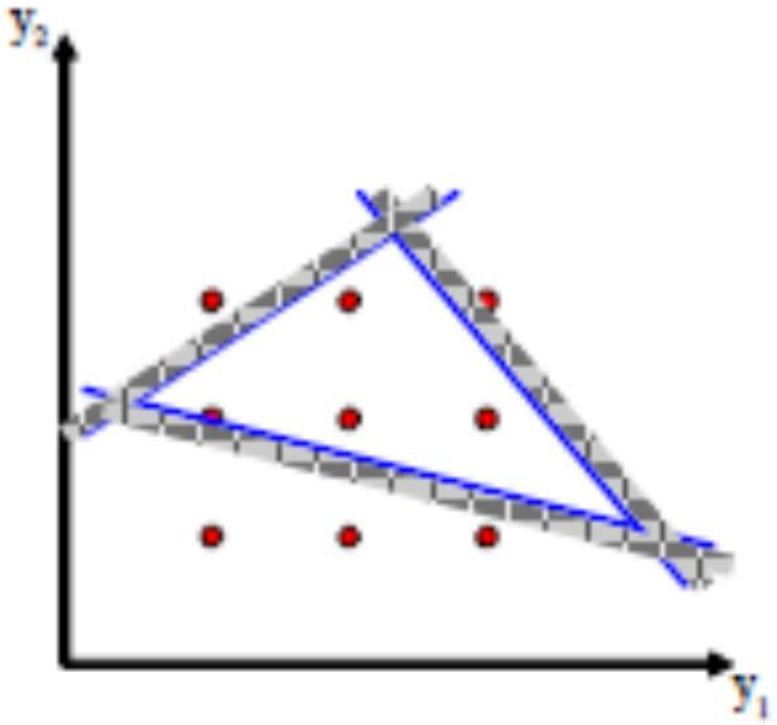
- SQP [Sucessive Quadratic Programming]
- GRG [Generalized Reduced Gradient]
- Punto Interior
- Determinísticos Tipo Gradiente
- Métodos No Determinísticos

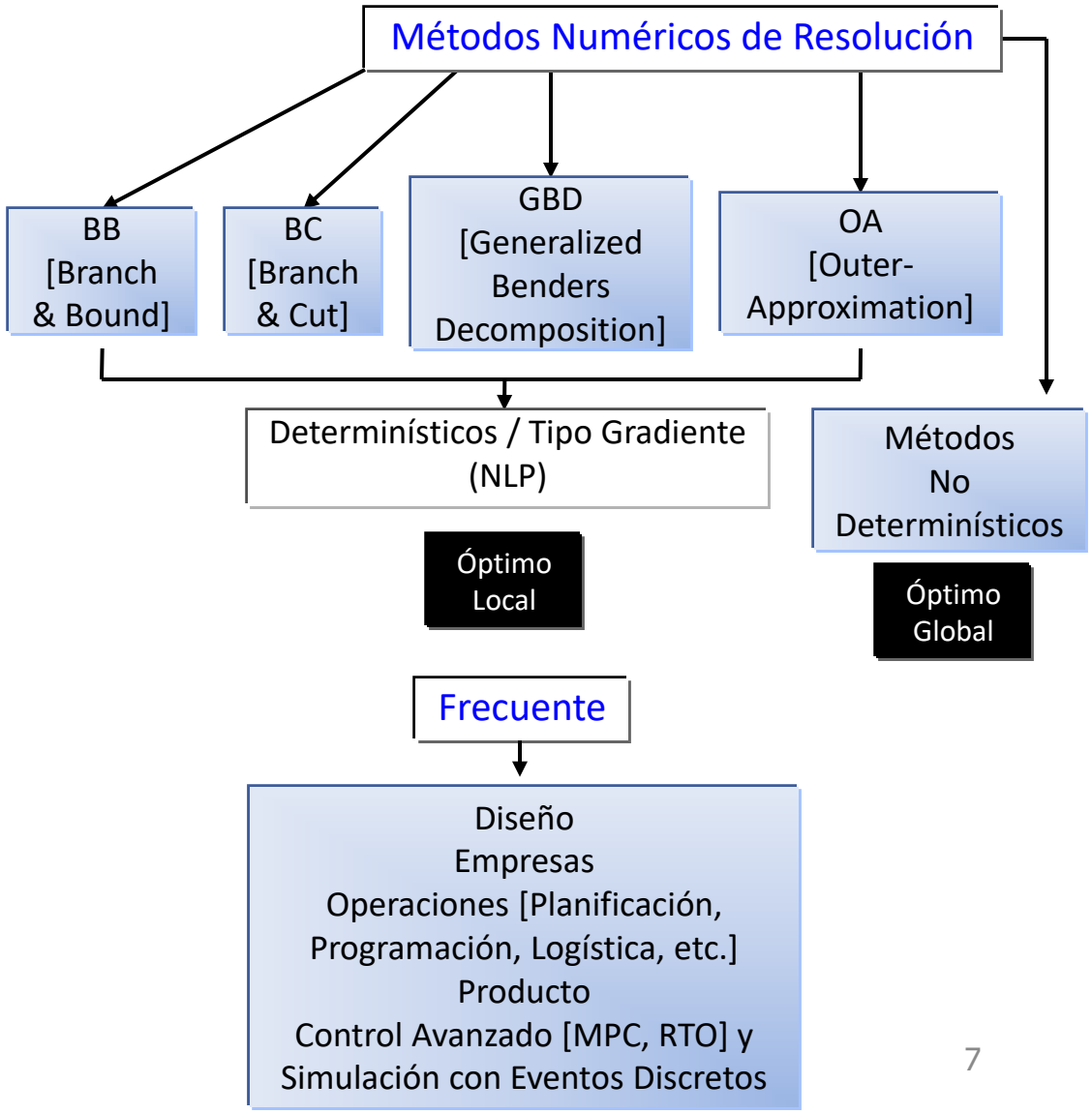


Frecuente

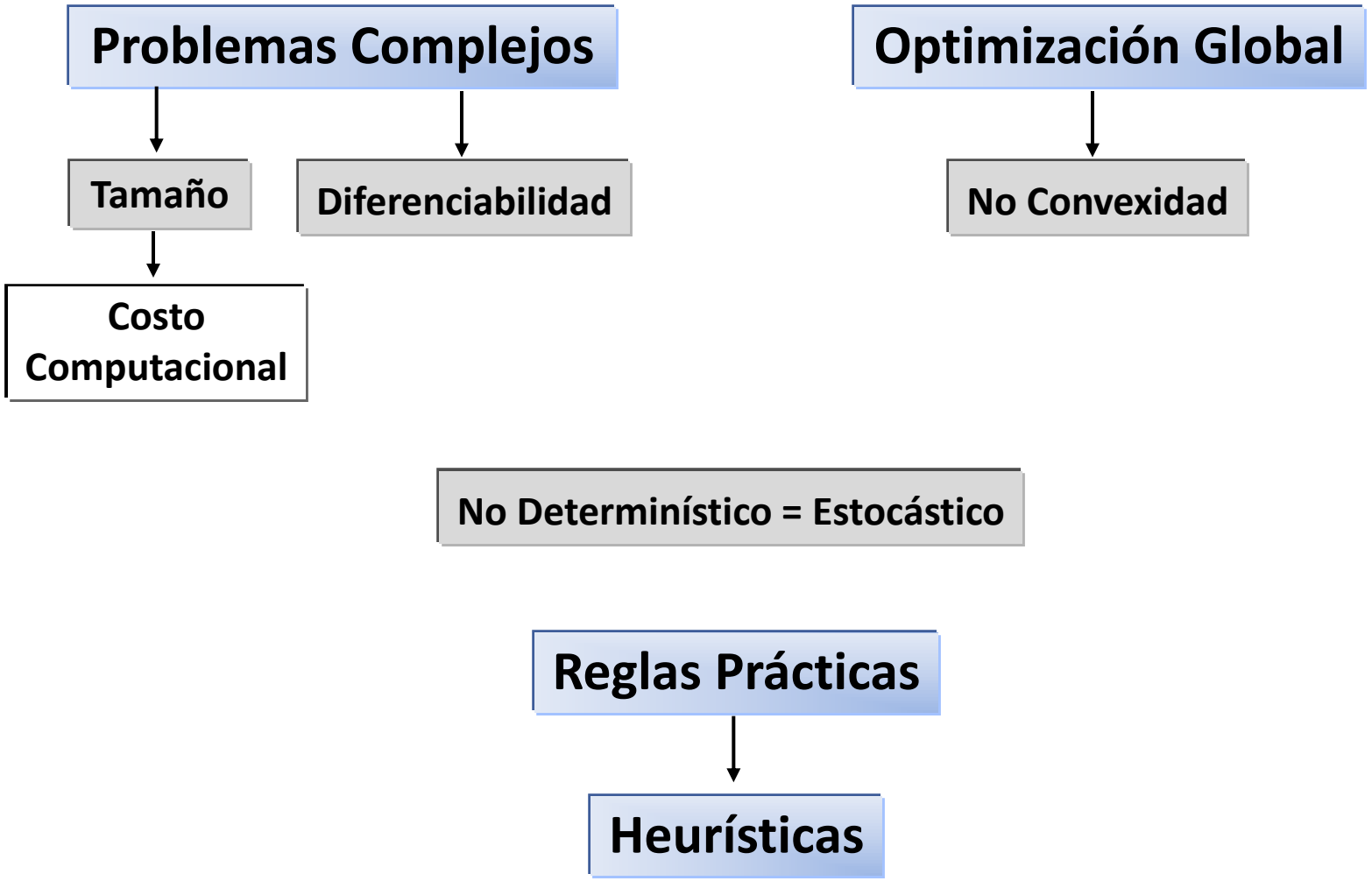
MPC (Model Predictive Control)
RTO (Real Time Optimization)
Optimización Dinámica / Control Óptimo
Simulación

Programación Entera Mixta (MILP / MINLP)





Métodos No Determinísticos



Ejemplos

Estado Estable de Energía (E1)

Optimo Local

Estructura Cristalina de Metales

Calentamiento

Estado con Mayor Entropía (Desorden)

Enfriamiento Lento

Estado Estable de Energía (E2)

Optimo Global

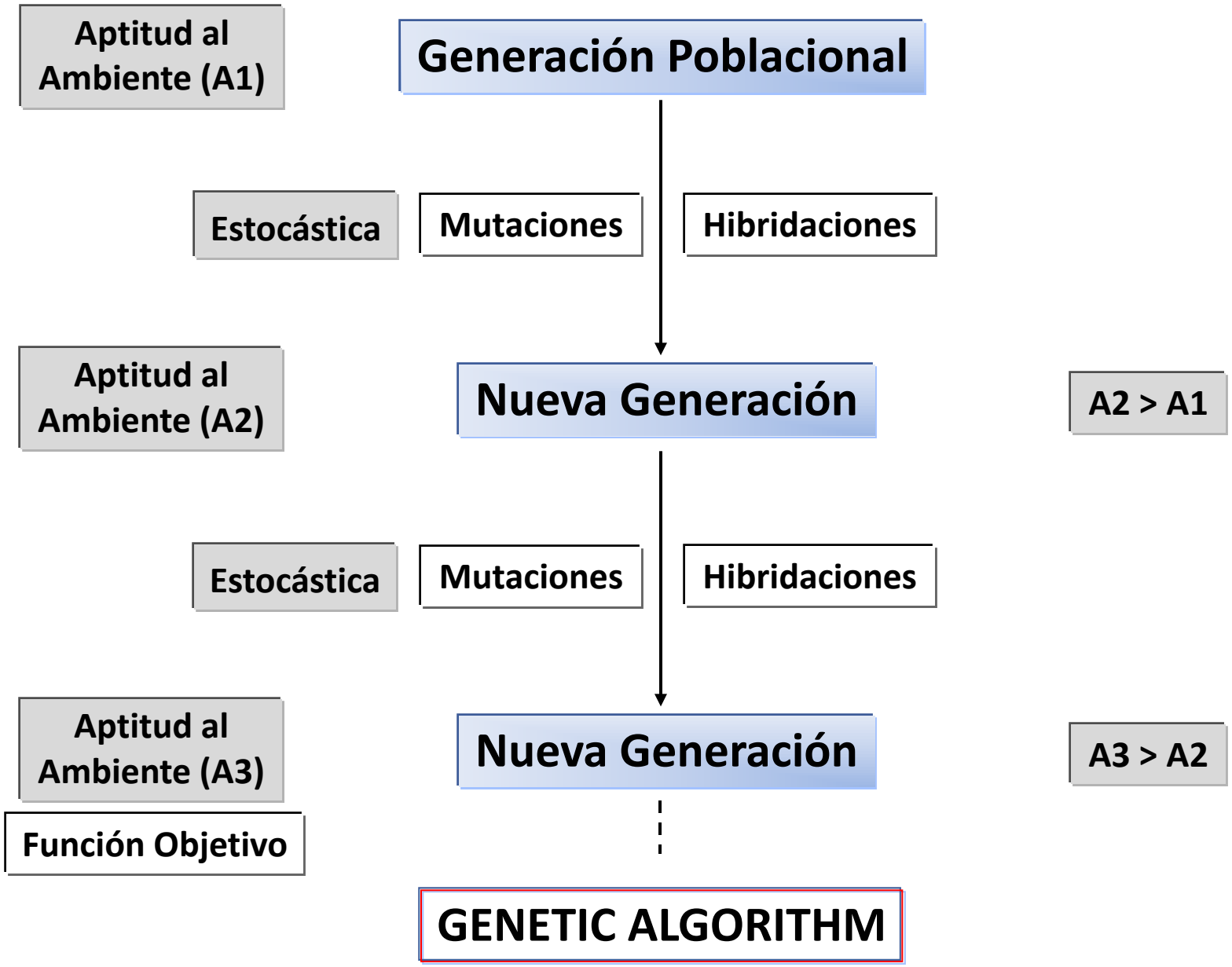
Nueva Estructura Cristalina

E2 < E1

Función Objetivo

SIMULATED ANNEALING

Ejemplos


Aptitud al Ambiente (A1)
Generación Poblacional
Estocástica
Mutaciones
Hibridaciones
Aptitud al Ambiente (A2)
Nueva Generación
A2 > A1
Estocástica
Mutaciones
Hibridaciones
Aptitud al Ambiente (A3)
Nueva Generación
A3 > A2
Función Objetivo
GENETIC ALGORITHM

Ejemplos

- Simulated Annealing Optimization [SAO]
- Parallel Tempering Optimization [PTO]

→ Termodinámicos

- Tabú Search Optimization [TSO]
- Genetic Algorithm Optimization [GAO]
- Scatter Search Optimization [SSO]

→ Evolutivos

- Ant Colony Optimization [ACO]
- Particle Swarm Optimization [PSO]

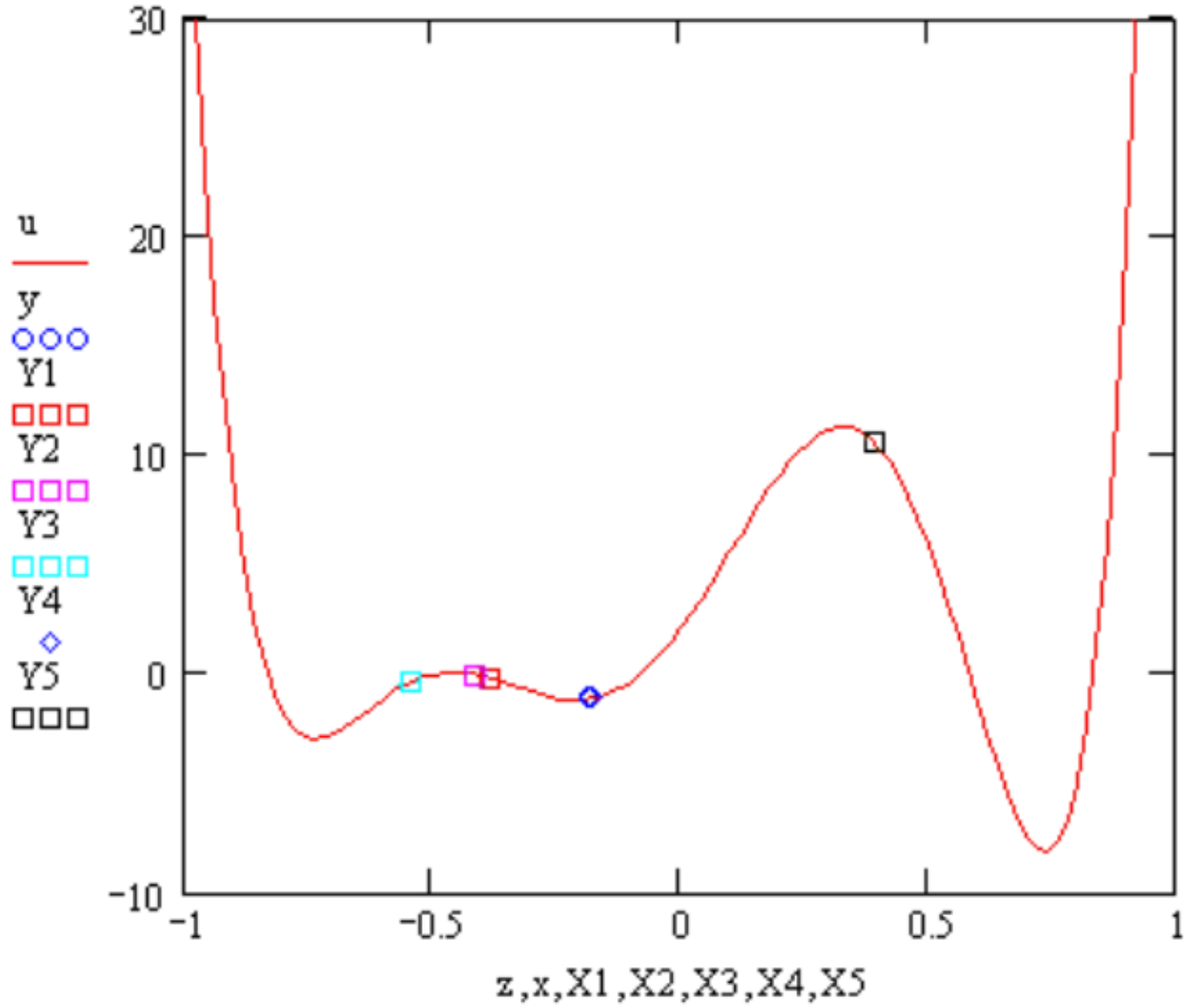
→ Sociales

- Harmony Search Optimization [HSO]

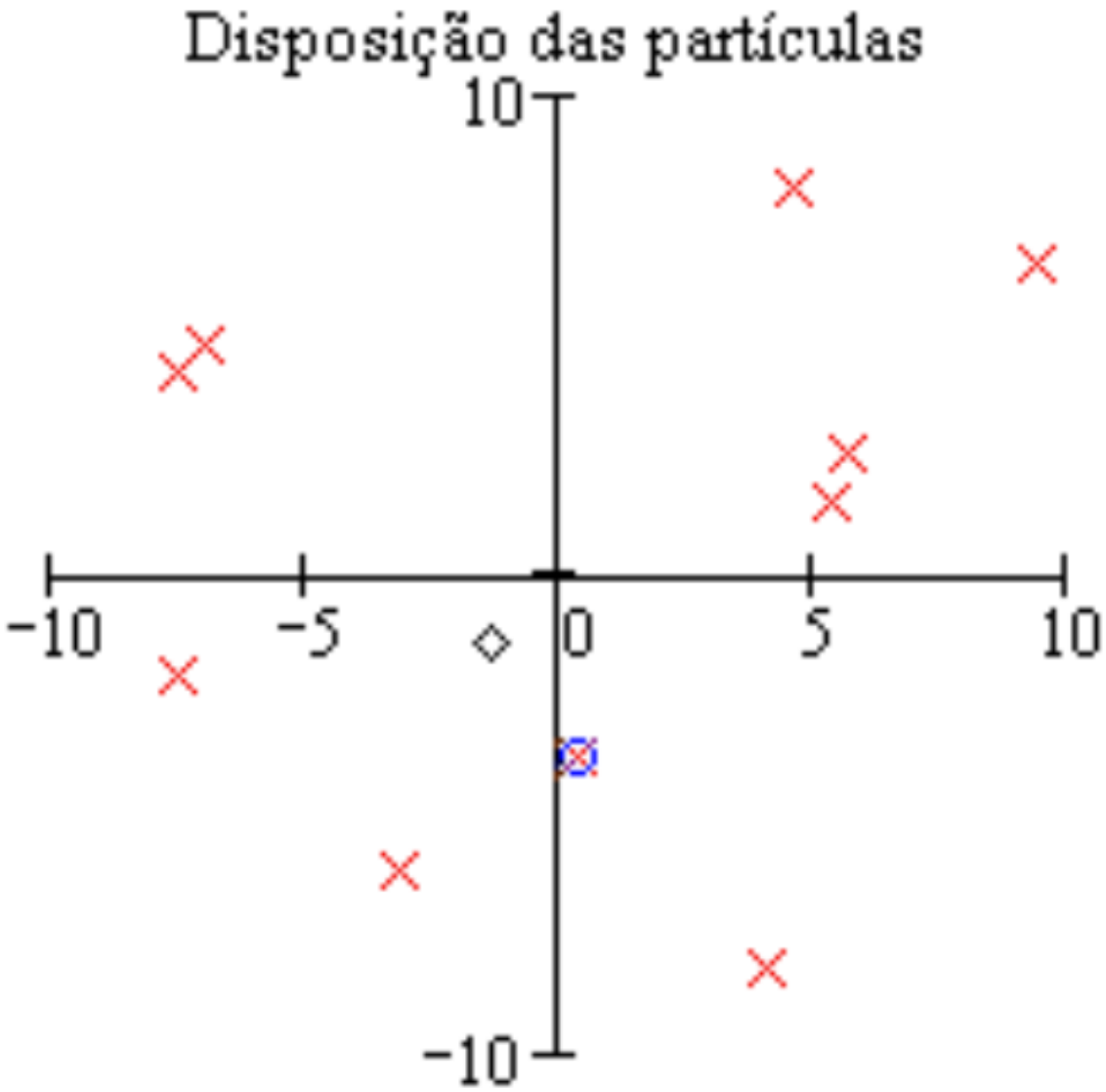
→ Musical

- Molecular Inspired Parallel Tempering Optimization [MIPTO]

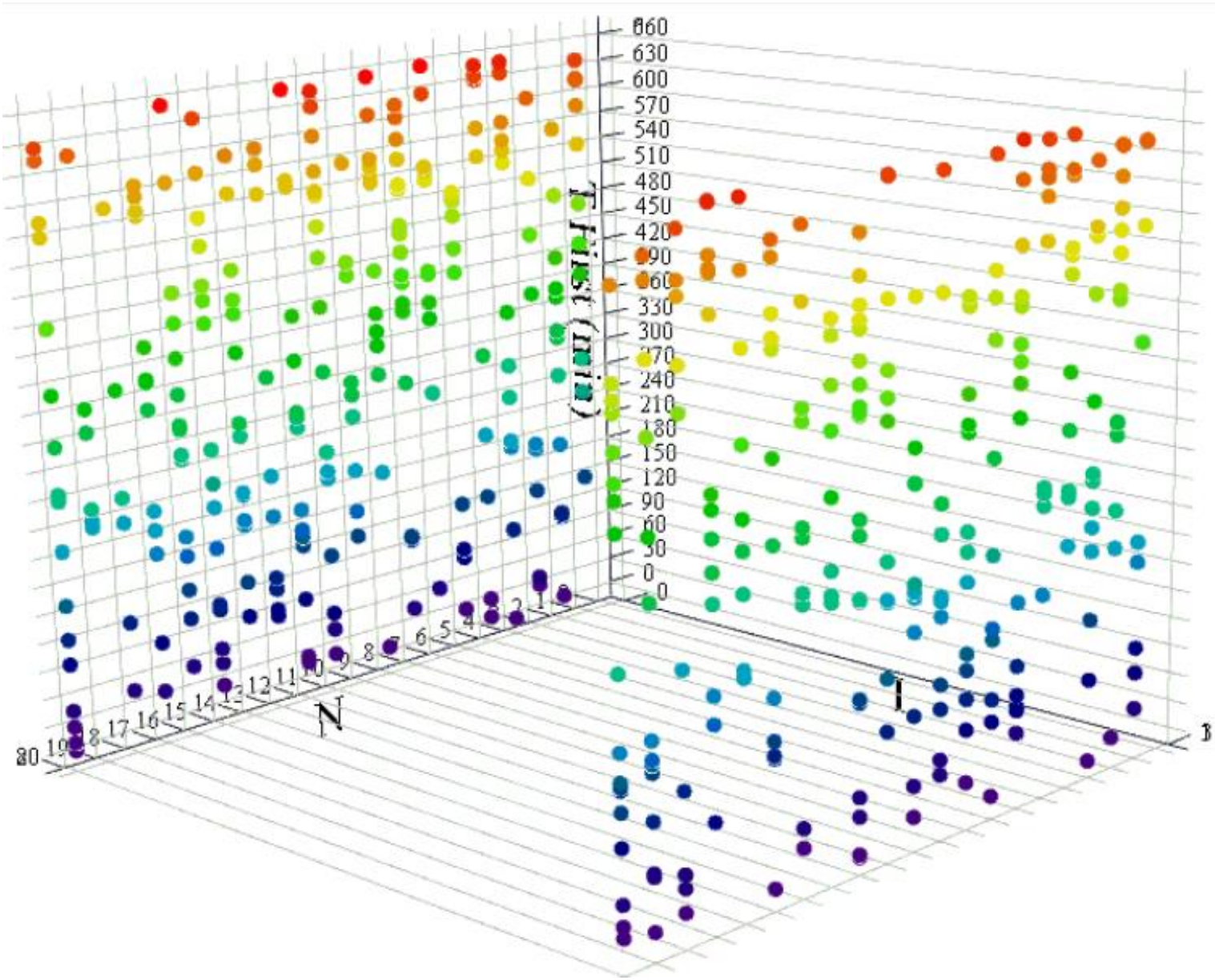
Ejemplos



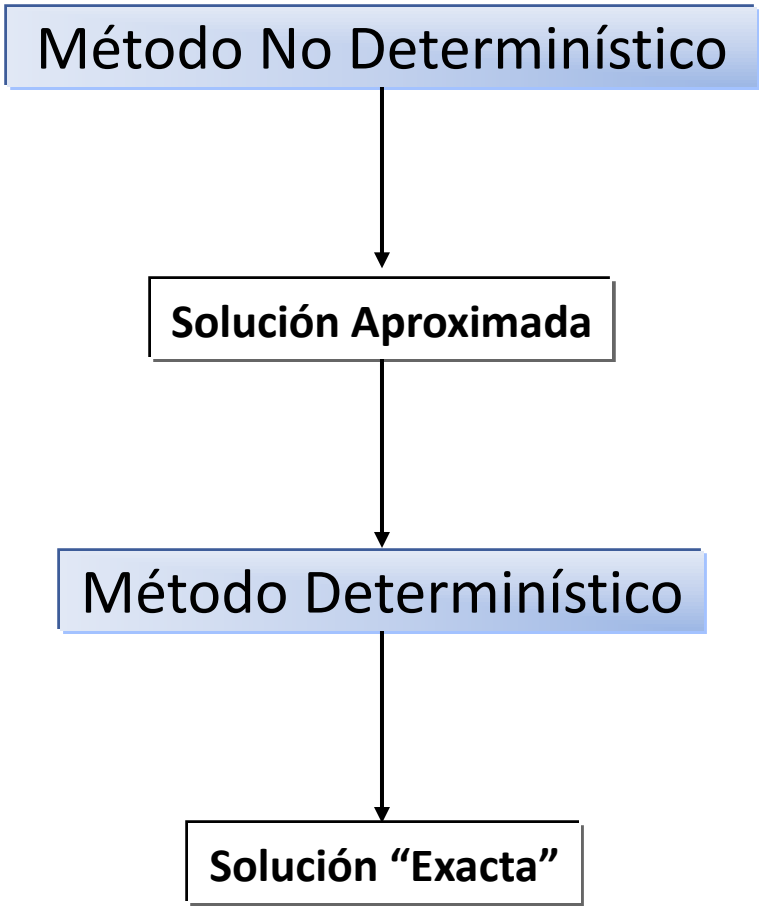
Ejemplos



Ejemplos


660
630
600
570
540
510
480
450
420
390
360
330
300
270
240
210
180
150
120
90
60
30
0
0
T Filet (min)
N
T

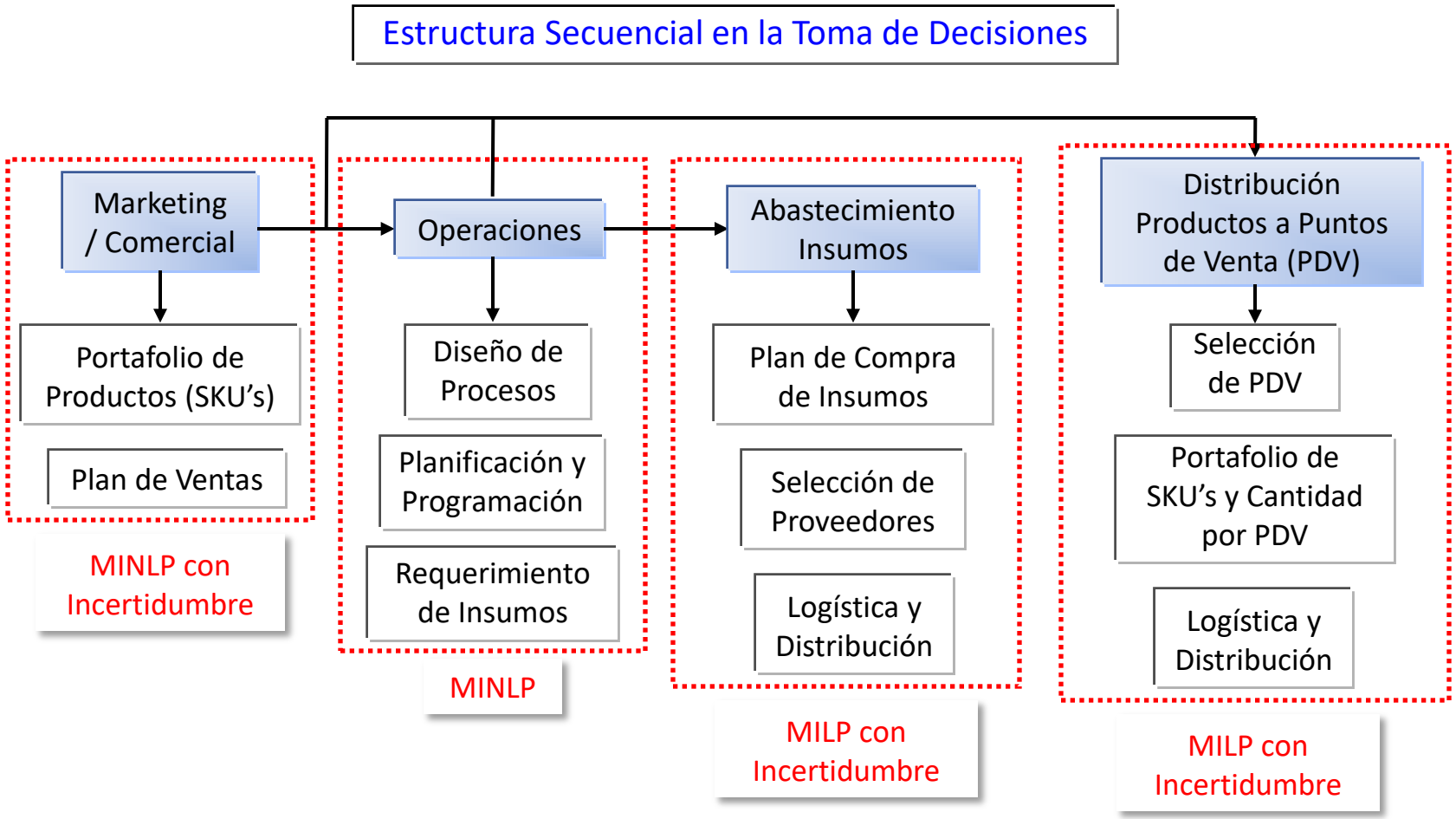
Estrategia



Costo Computacional Mínimo

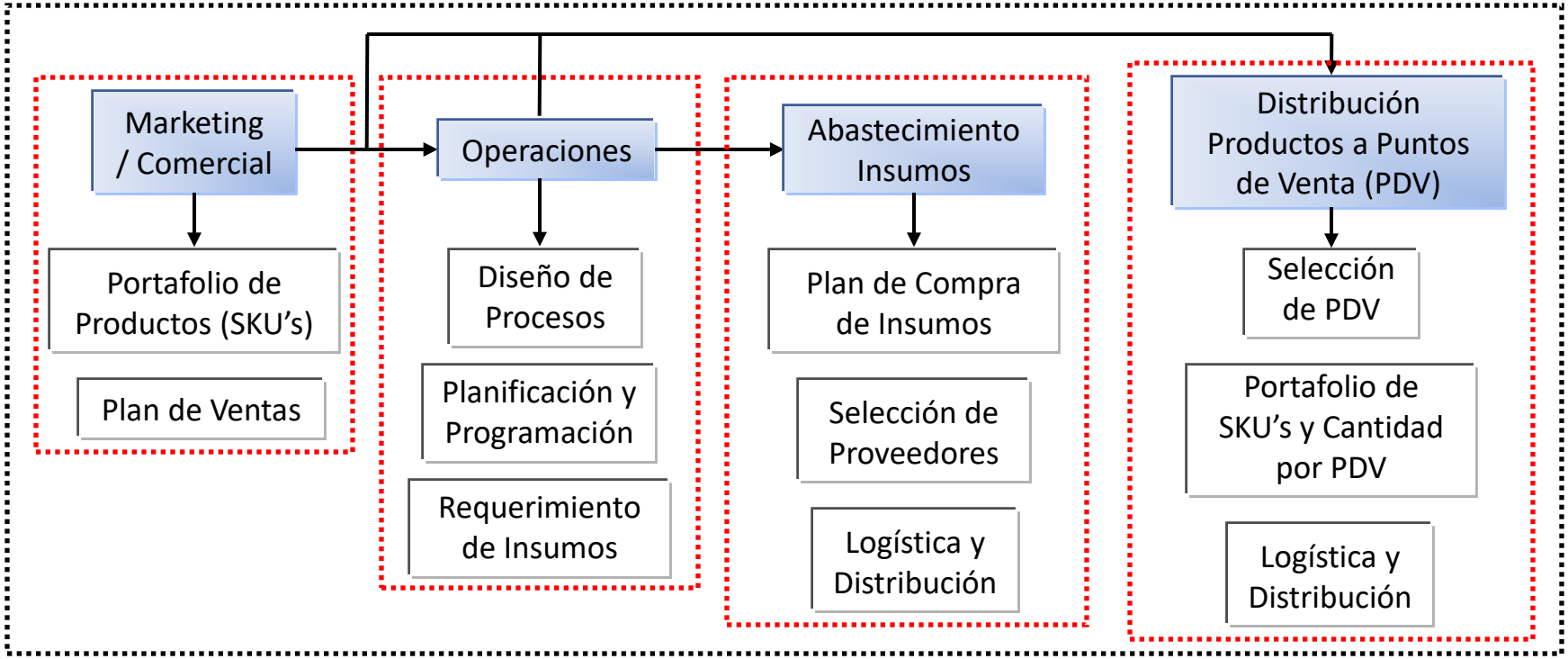
Ejemplos de Aplicación

Empresas


Estructura Secuencial en la Toma de Decisiones
Marketing / Comercial
Portafolio de Productos (SKU's)
Plan de Ventas
MINLP con Incertidumbre
Operaciones
Diseño de Procesos
Planificación y Programación
Requerimiento de Insumos
MINLP
Abastecimiento Insumos
Plan de Compra de Insumos
Selección de Proveedores
Logística y Distribución
MILP con Incertidumbre
Distribución Productos a Puntos de Venta (PDV)
Selección de PDV
Portafolio de SKU's y Cantidad por PDV
Logística y Distribución
MILP con Incertidumbre

Empresas

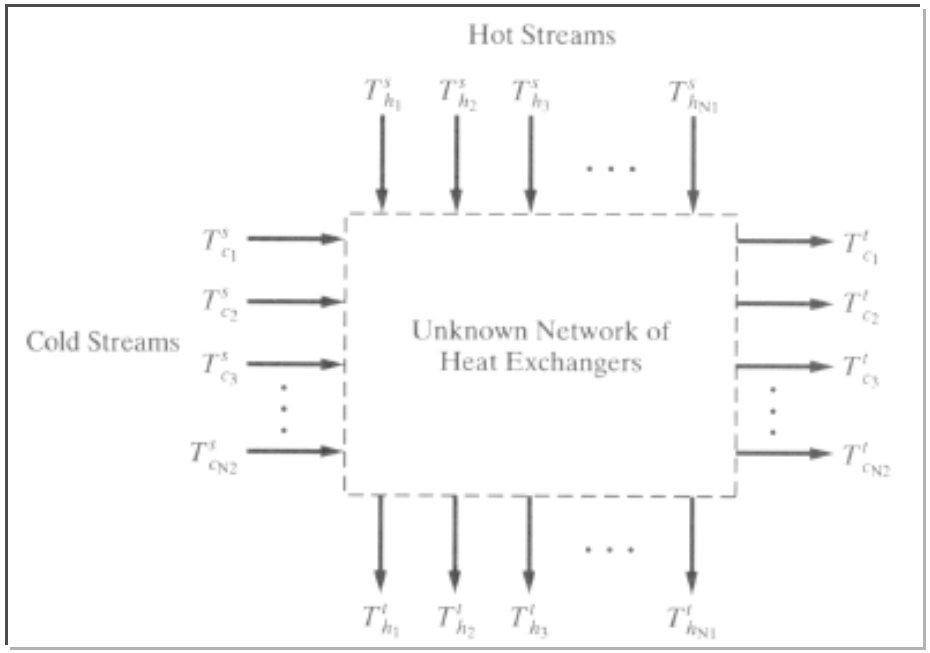
Estructura Integrada en la Toma de Decisiones

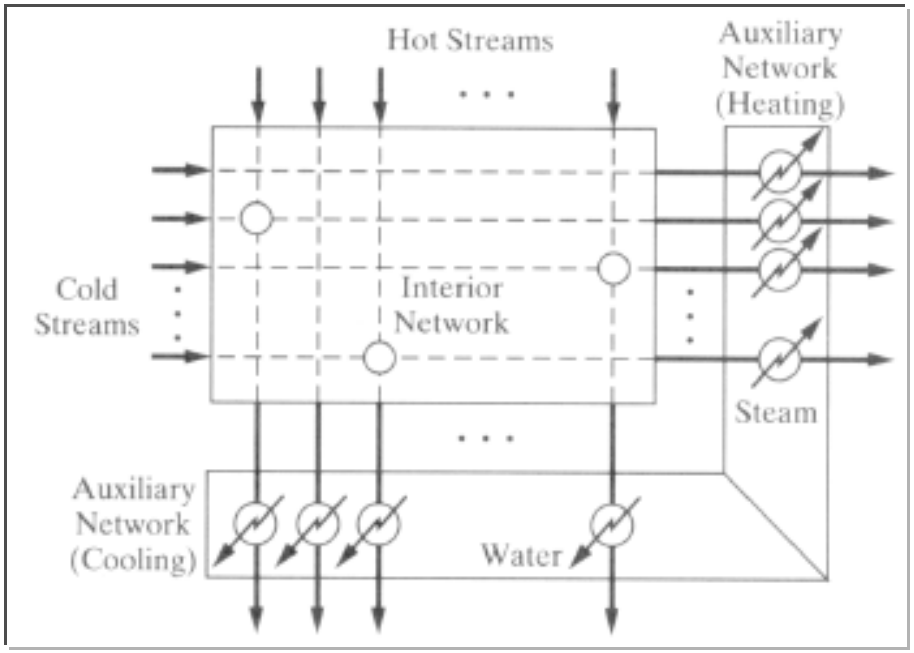


MINLP con Incertidumbre

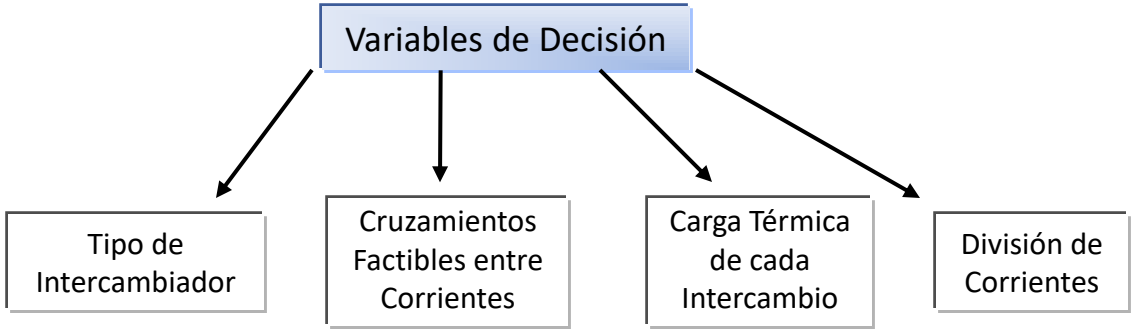
Supply Chain Optimization (SCO)
Enterprise Wide Optimization (EWO)
Business Intelligence
Business Strategic Decision Support

Energía

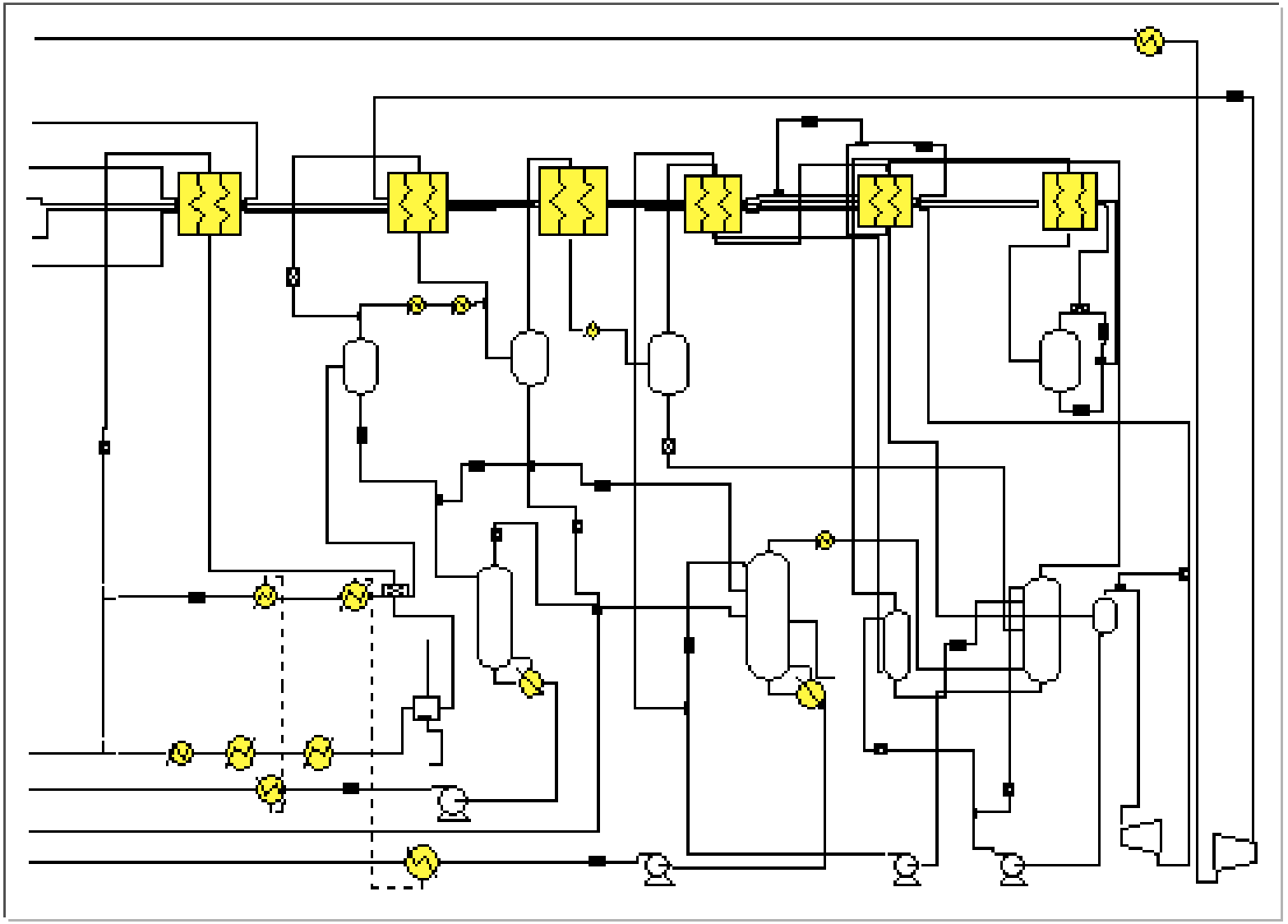




MINLP



Integración Energética



Integración Energética

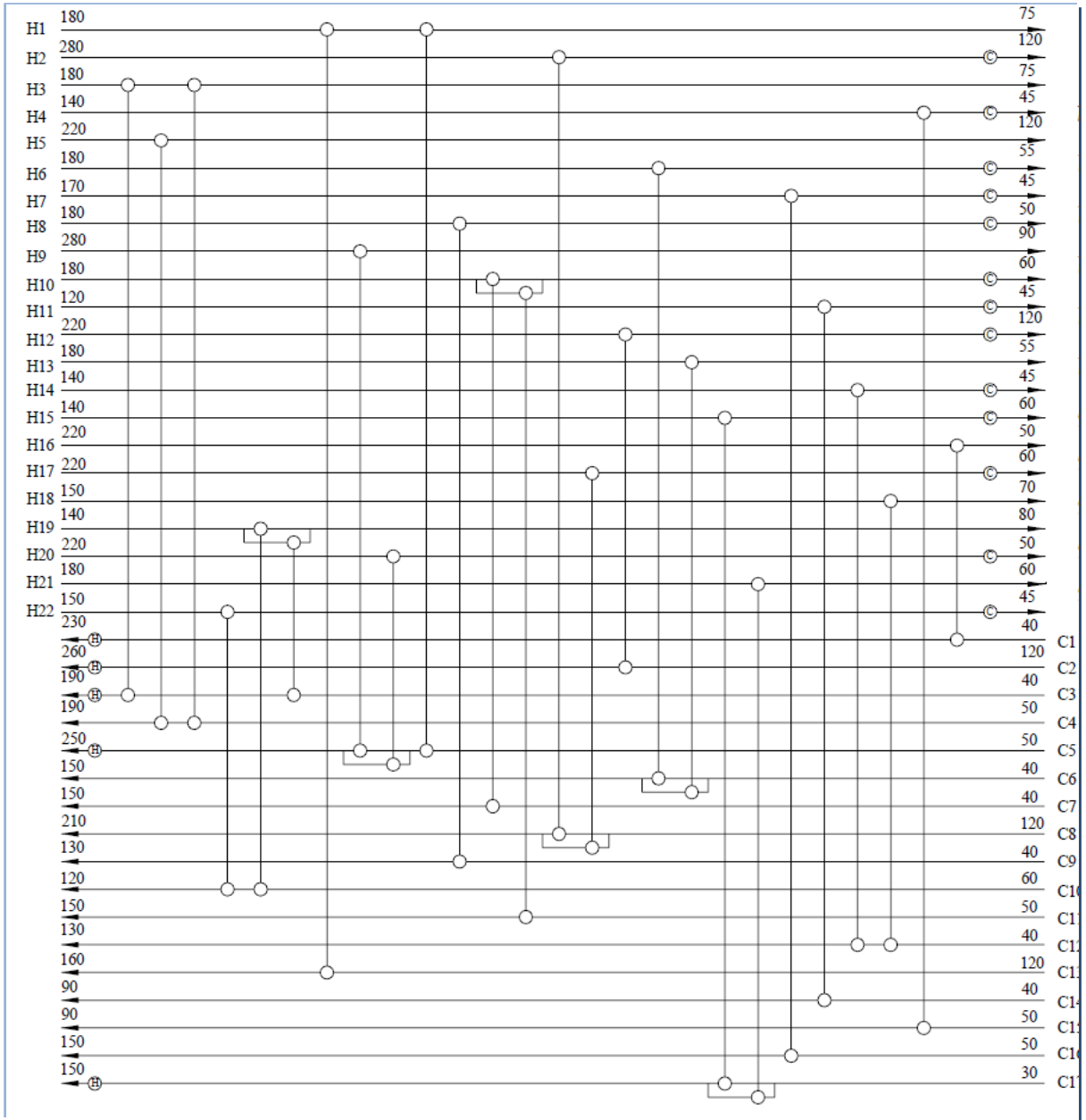
https://media.istockphoto.com/

Integración Energética

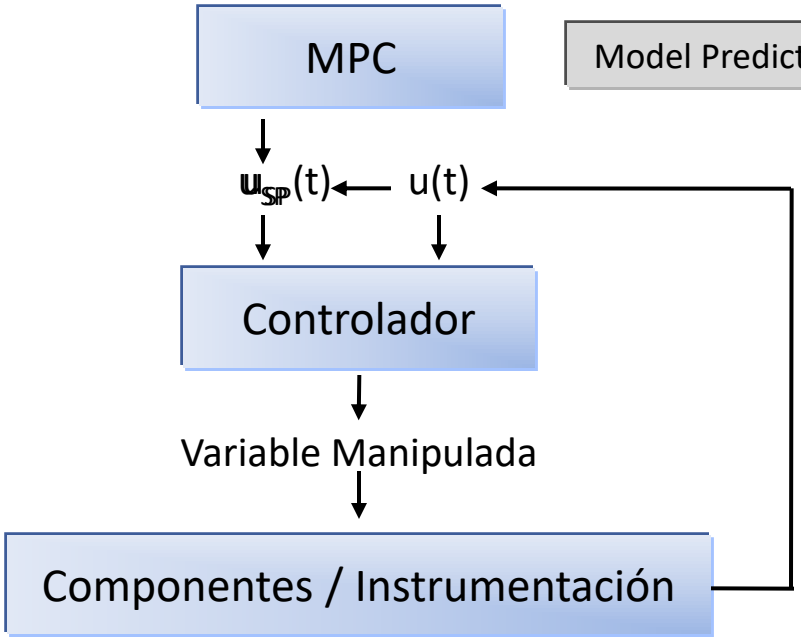
https://heatexchangerplates.com/

Integración Energética

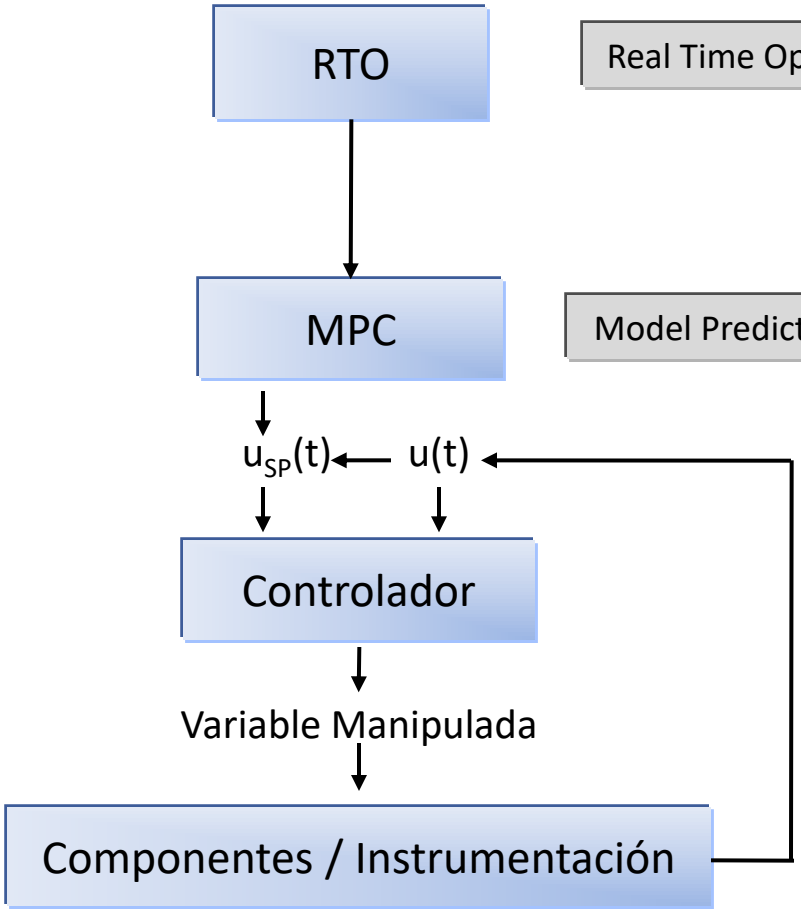
Heat Exchanger Network (HEN)



Control Avanzado



Control Óptimo

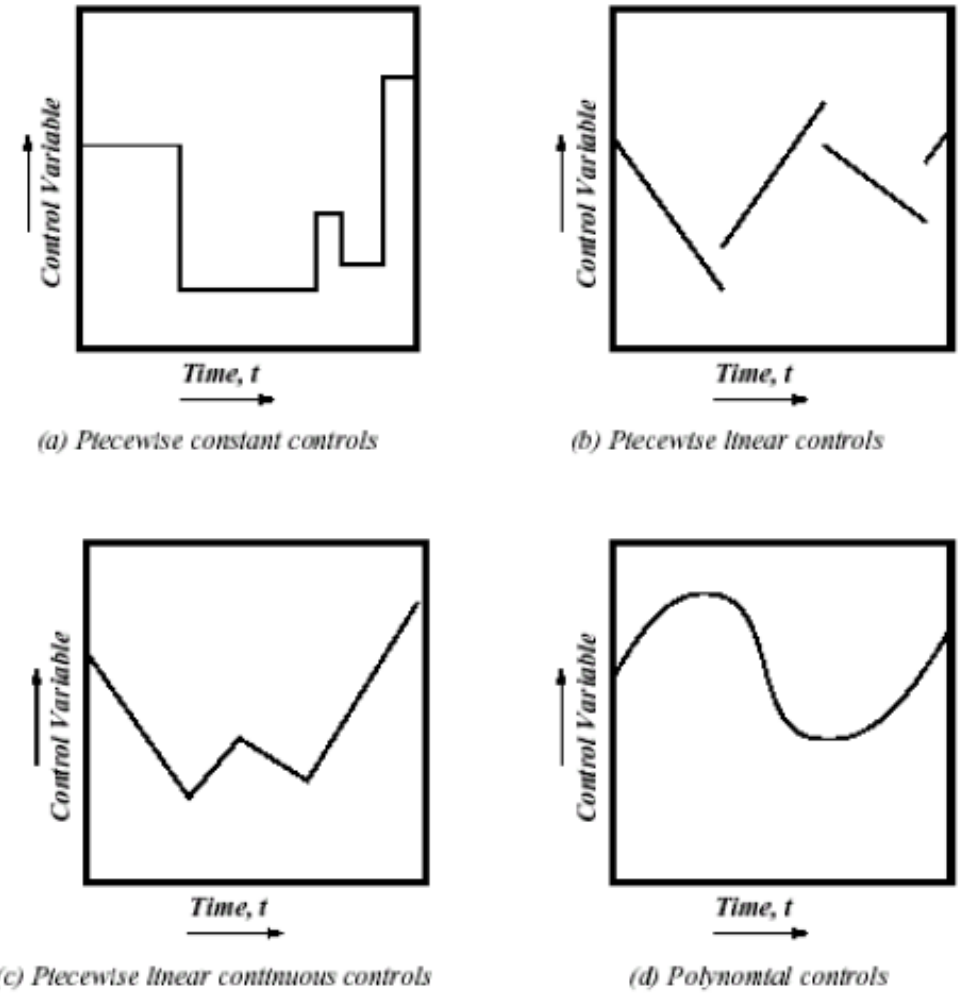


Optimización Dinámica

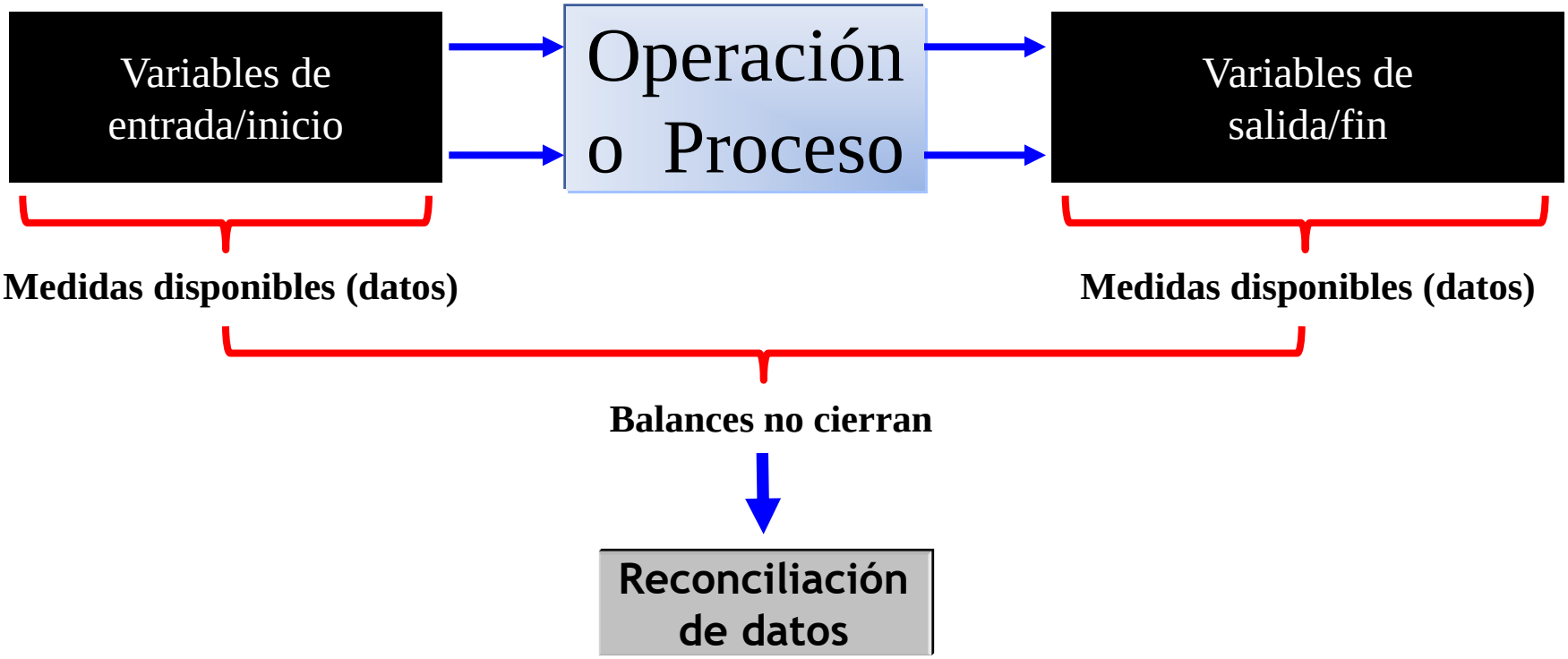
↓ Aproximación

NLP Aumentado

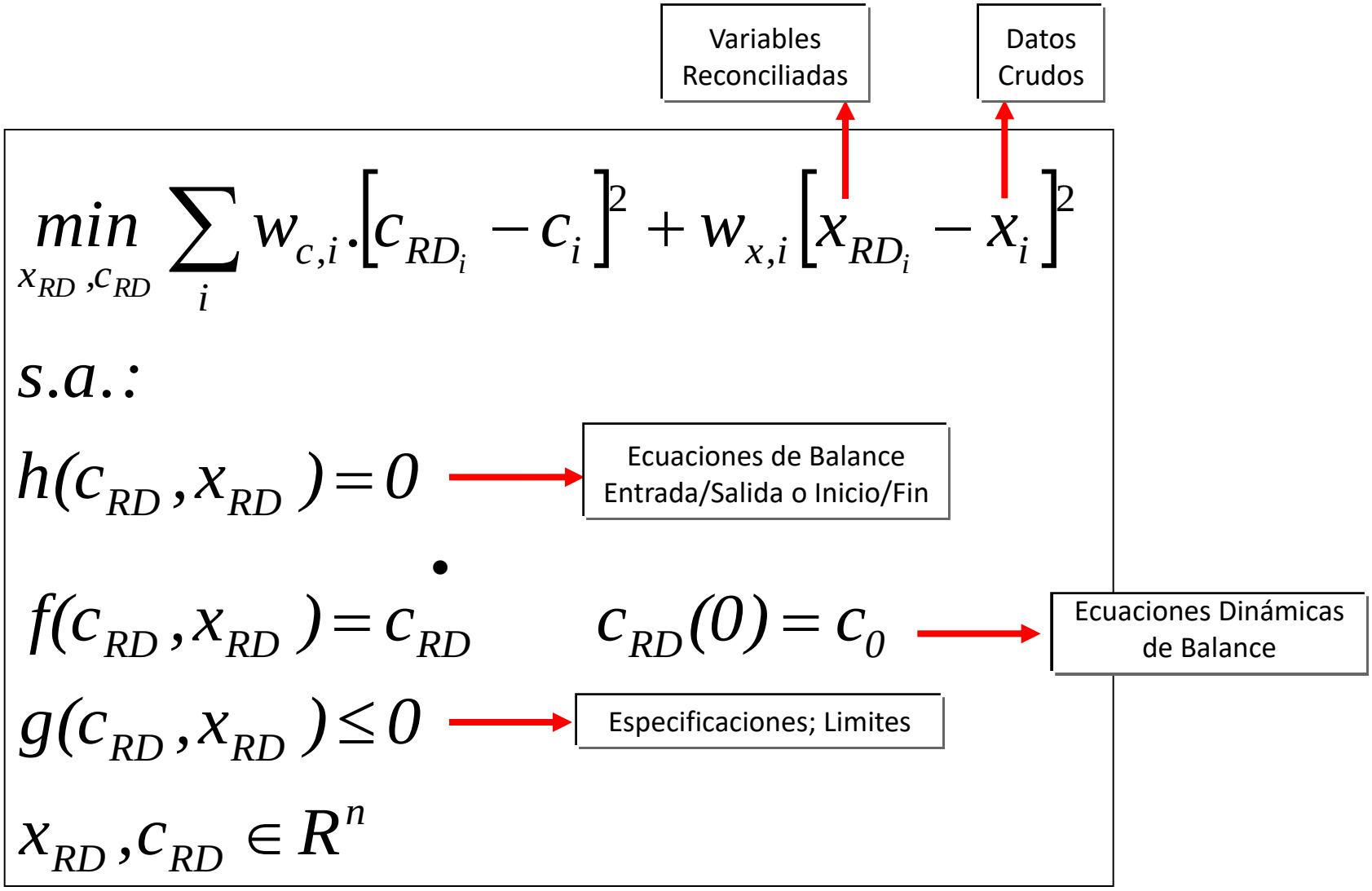
u(t)



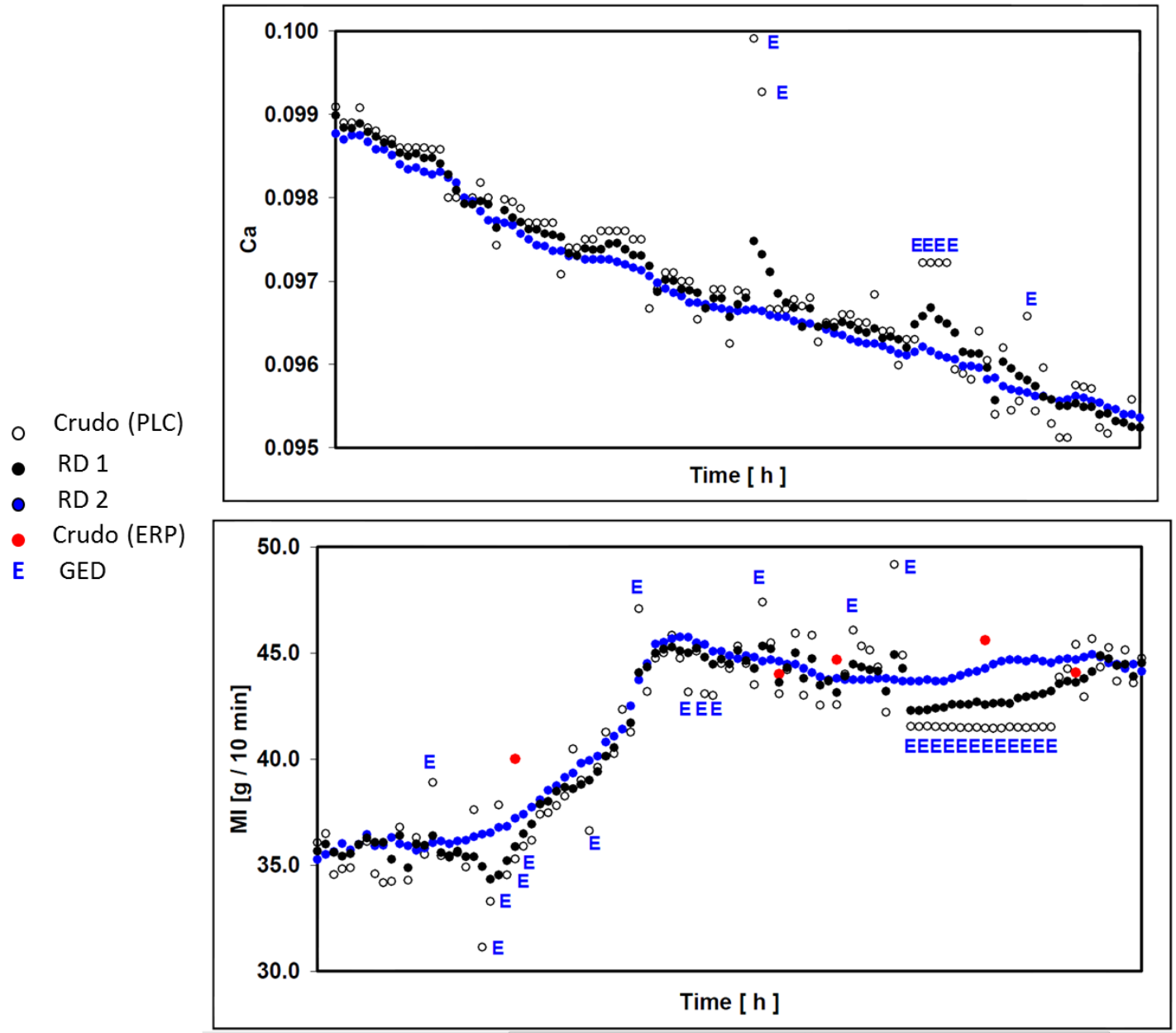
Evaristo C. Biscaia Jr. & Argimiro R. Secchi


Variables de entrada/inicio
Operación o Proceso
Variables de salida/fin
Medidas disponibles (datos)
Medidas disponibles (datos)
Balances no cierran
Reconciliación de datos

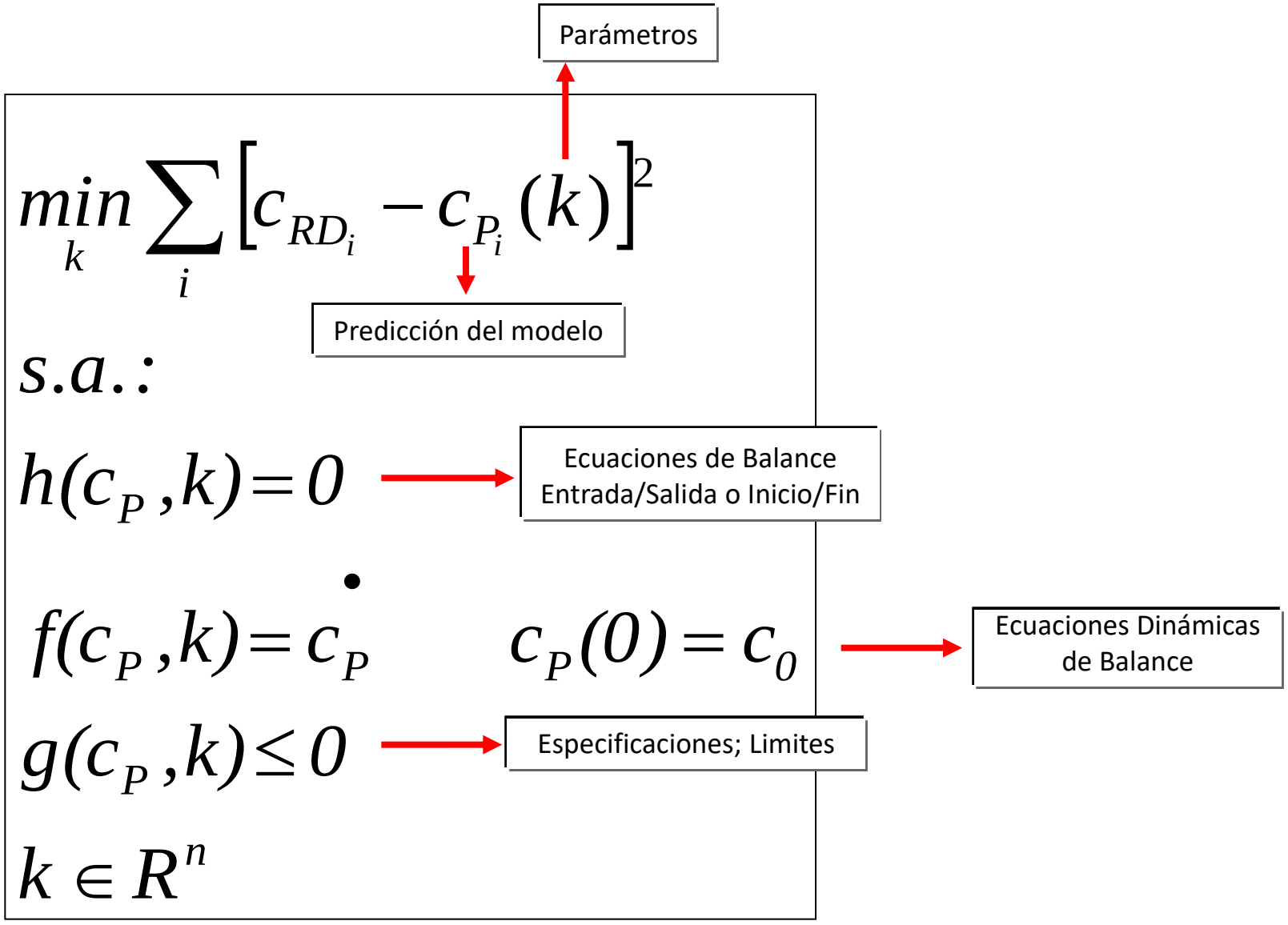
Formulación Problema RD



Ejemplo RD


Crudo (PLC)
RD 1
RD 2
Crudo (ERP)
E GED
0.100
0.099
0.098
0.097
0.096
0.095
Ca
Time [h]
50.0
45.0
40.0
35.0
30.0
MI [g / 10 min]
Time [h]

Estimación de Parámetros



Ejemplo Introductorio 1

Planteo

$$\min_{Q_{1,R},Q_{2,R},Q_{3,R}} \sum_{i=1}^{3} \left[Q_{i,R} - Q_{i,M} \right]^2$$

$$s.a.:$$

$$Q_{1,R} + Q_{2,R} = Q_{3,R} \rightarrow \text{Balance de masa}$$

$$Q_{i,R} \geq 0 \quad \forall\, i$$

$$Q_{i,R} \in R \quad \forall\, i$$

QP
(Quadratic programming)

Convexo
(Óptimo local = óptimo global)

Ejemplo Introductorio 2

Planteo

$$\min_{C_{i,j,R}} \sum_i \sum_j \left[C_{i,j,R} - C_{i,j,M} \right]^2 . I_j$$

Reconciliado — Crudo

$$s.a.:$$

$$\left(C_{A,j,R} + C_{R,j,R} + C_{S,j,R} - C_{A0} \right) . I_j = 0 \quad \forall \; j$$ → **Balance de masa**

$$\left(C_{A,j,R} - C_{A,(j-1),R} \right) . I_j . I_{j-1} \leq 0 \quad \forall \; j$$ → **Perfil C_A decreciente**

$$\left(C_{S,(j-1),R} - C_{S,j,R} \right) . I_j . I_{j-1} \leq 0 \quad \forall \; j$$ → **Perfil C_S creciente**

$$C_{i,j,R} \geq 0 \quad \forall \; i, j$$

$$C_{i,j,R} \in R \quad \forall \; i, j$$

$$I_j = \begin{cases} 1 \text{ si } \left| C_{i,j,R} - C_{i,j,M} \right| \leq \text{Desviación admisible} & \forall \; i \\ 0 \text{ si } \left| C_{i,j,R} - C_{i,j,M} \right| > \text{Desviación admisible} & \forall \; i \end{cases}$$

GED (Gross Error Detection)

j : instantes de tiempo

i : especies

QP (Quadratic programming)

Convexo (Óptimo local = óptimo global)