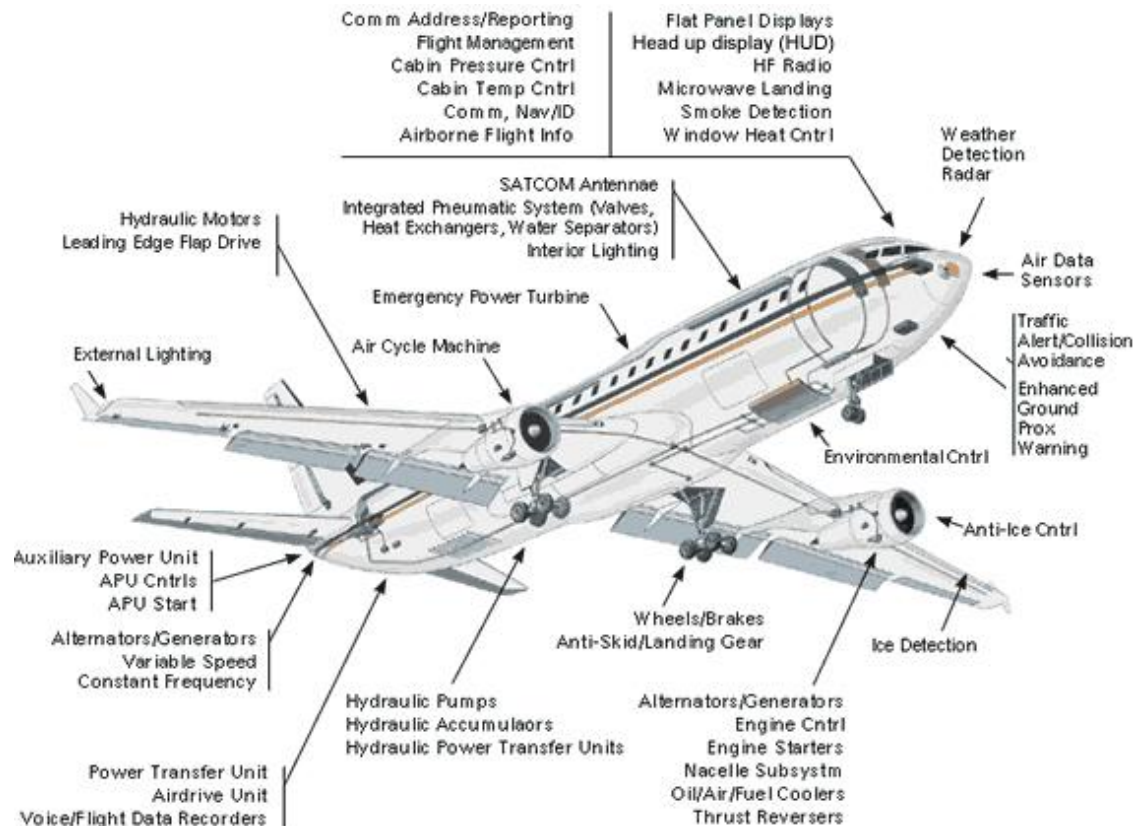


Evaluación de Técnicas para la Búsqueda de Configuraciones en Sistemas Empotrados Distribuidos Adaptativos

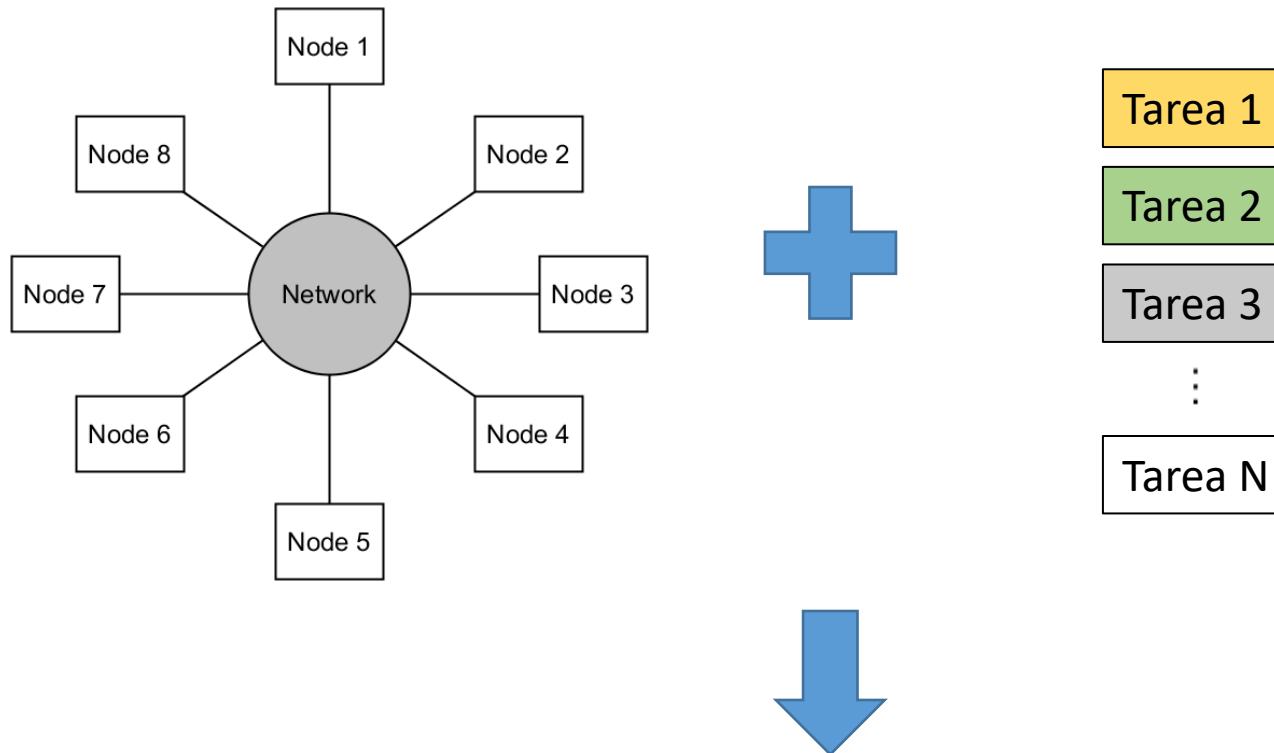
Tomeu Alcover Borràs

Motivación

¿Qué es un Sistema Empotrado Distribuido?



Motivación

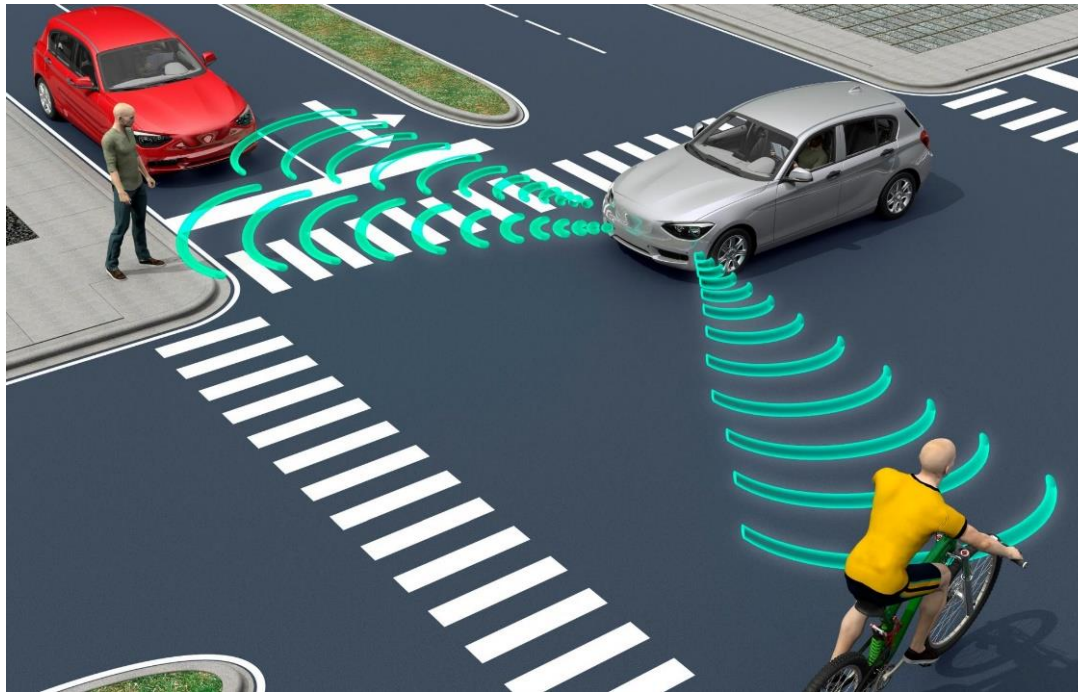


Configuraciones

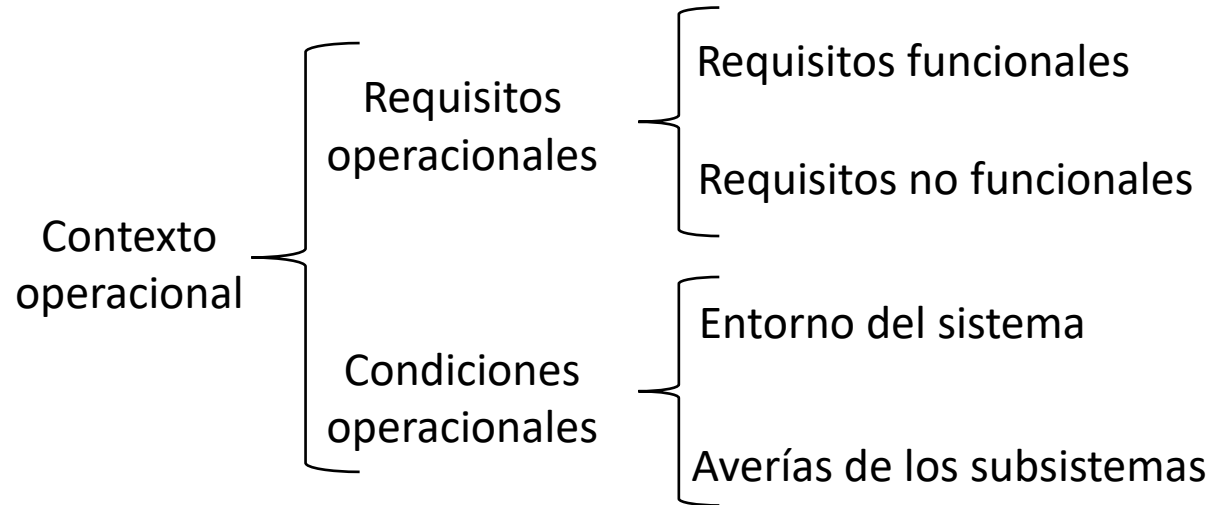
Motivación

¿Qué es la adaptabilidad?

SED Adaptativo → Contextos operacionales dinámicos



Motivación



Problema

En cada momento es preciso encontrar una configuración que sea adecuada para el contexto operacional

1. Multitud de contextos operacionales
2. Espacio de configuraciones muy grande
3. Varias técnicas de búsqueda de configuraciones posibles

¿Qué técnicas utilizamos?

Objetivo

Implementar, probar y evaluar varias técnicas de búsqueda de configuraciones en SEDAs para determinar la mayor o menor adecuación de cada una de ellas en diferentes escenarios

Índice

1. Modelo del sistema
2. Política de evaluación
3. Técnicas
4. Implementación
5. Pruebas y resultados
6. Conclusiones
7. Trabajos futuros

Índice

- 1. Modelo del sistema**
2. Política de evaluación
3. Técnicas
4. Implementación
5. Pruebas y resultados
6. Conclusiones
7. Trabajos futuros

Modelo del sistema

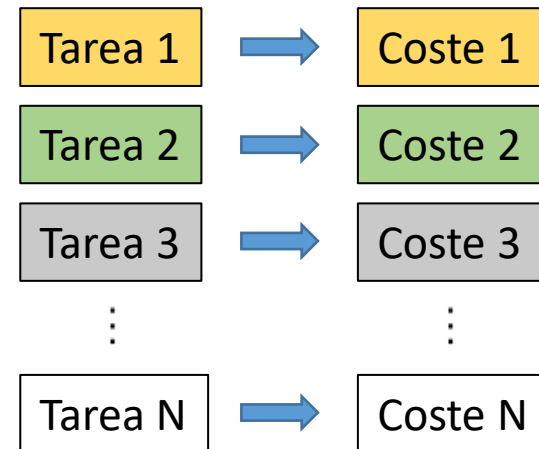
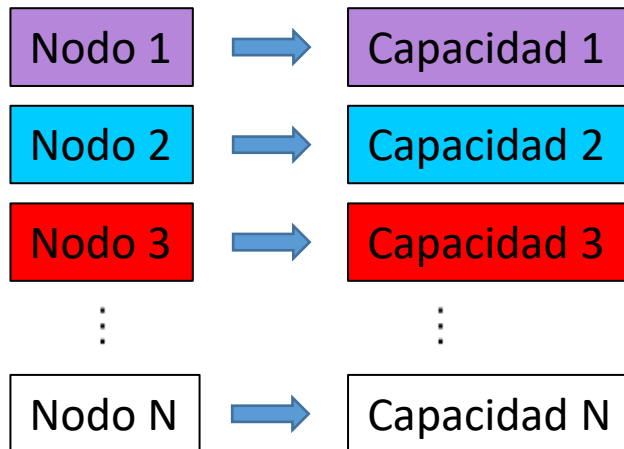
Dos problemas:

1. Propiedades muy complejas
2. Espacio de configuraciones poco manejable

Solución → Versión simplificada de un SEDA

Modelo del sistema

Nuestro modelo:



Modelo del sistema



Modelo del sistema

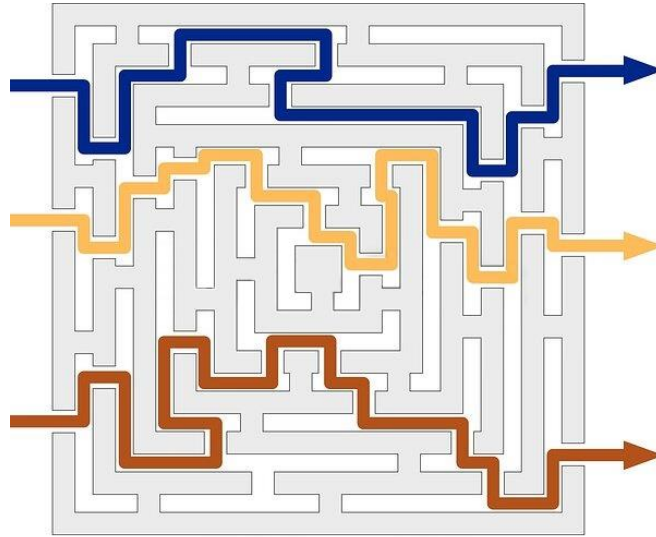
Configuración correcta (o ***solución***):

1. Todas las tareas asignadas
2. Costes de tareas asignadas $\leq$ capacidad de cada nodo

Índice

1. Modelo del sistema
- 2. Política de evaluación**
3. Técnicas
4. Implementación
5. Pruebas y resultados
6. Conclusiones
7. Trabajos futuros

Política de evaluación



¿Cómo comparar la calidad de las soluciones?



Política de evaluación

Política de evaluación

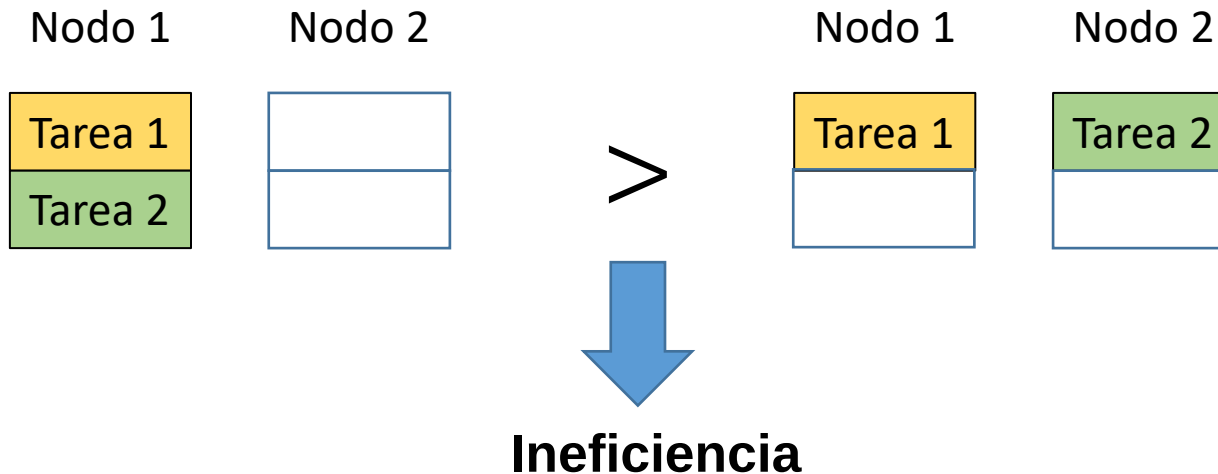
Importante: la política a elegir depende del objetivo y del contexto



Política de evaluación

Prioridades de la política aplicada:

1. Reducir número de nodos activos
2. Reducir la capacidad sin asignar de los nodos activos



Índice

1. Modelo del sistema
2. Política de evaluación
- 3. Técnicas**
4. Implementación
5. Pruebas y resultados
6. Conclusiones
7. Trabajos futuros

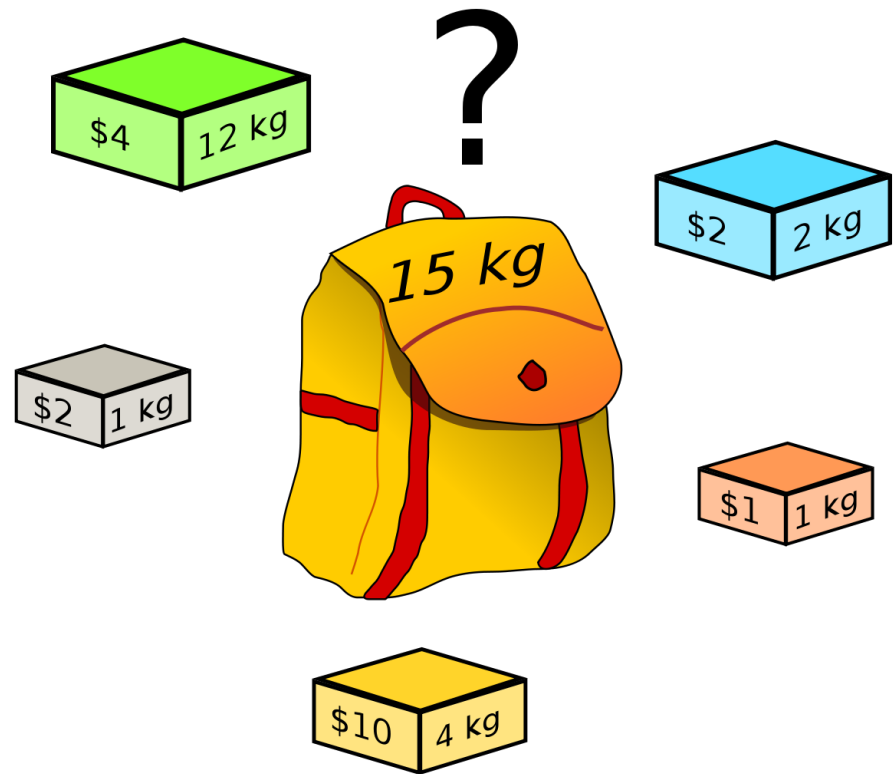
Técnicas

- Técnicas clásicas:
 - Algoritmo *Backtracking* (Simple y Optimizador)
 - Algoritmo Ramificación y Poda (Simple y Optimizador)
 - Algoritmo Voraz
- Metaheurísticas
 - *Tabu Search*
- *Solvers*
 - *SMT Solver* Simple
 - *SMT Solver* Optimizador

Técnicas

Problema de la mochila:

- 2 bolsas
- 3 objetos
- Nuestra política de evaluación



Técnicas

Backtracking:

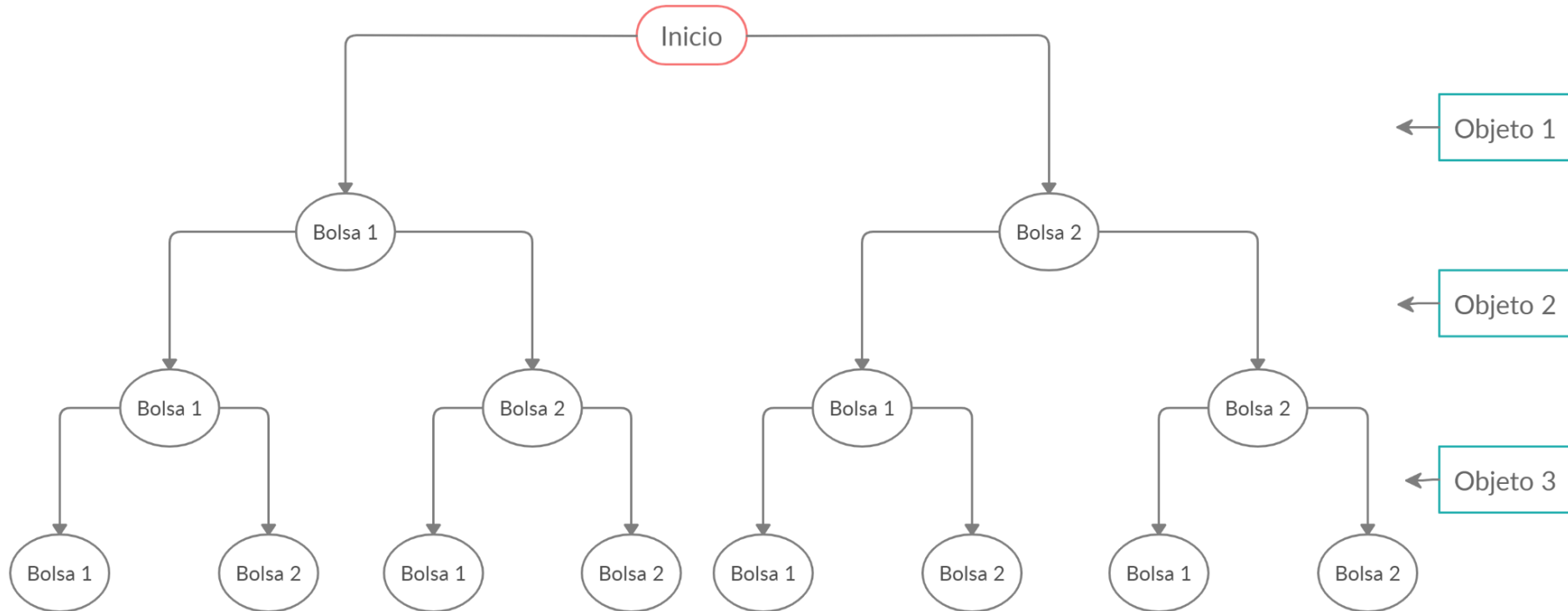
Bolsa 1 $\rightarrow$ 0/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg

Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Backtracking:

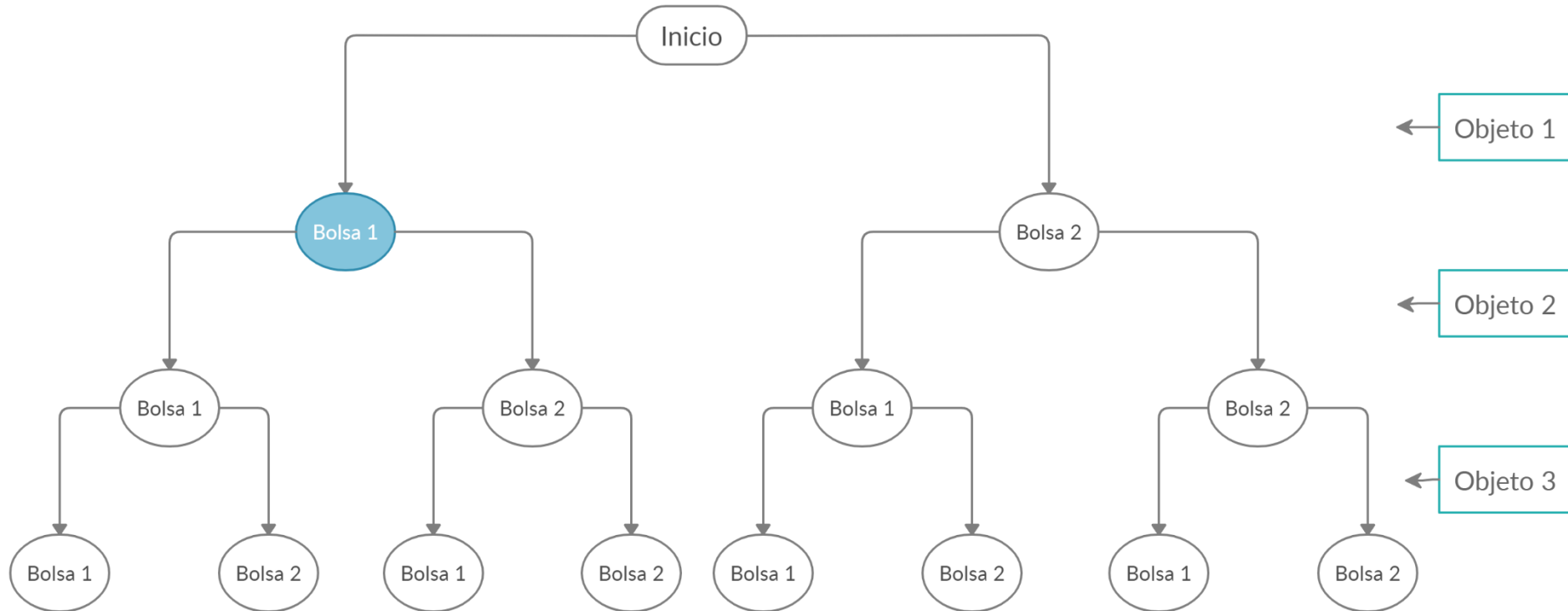
Bolsa 1 $\rightarrow$ 5/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg~~

Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Backtracking:

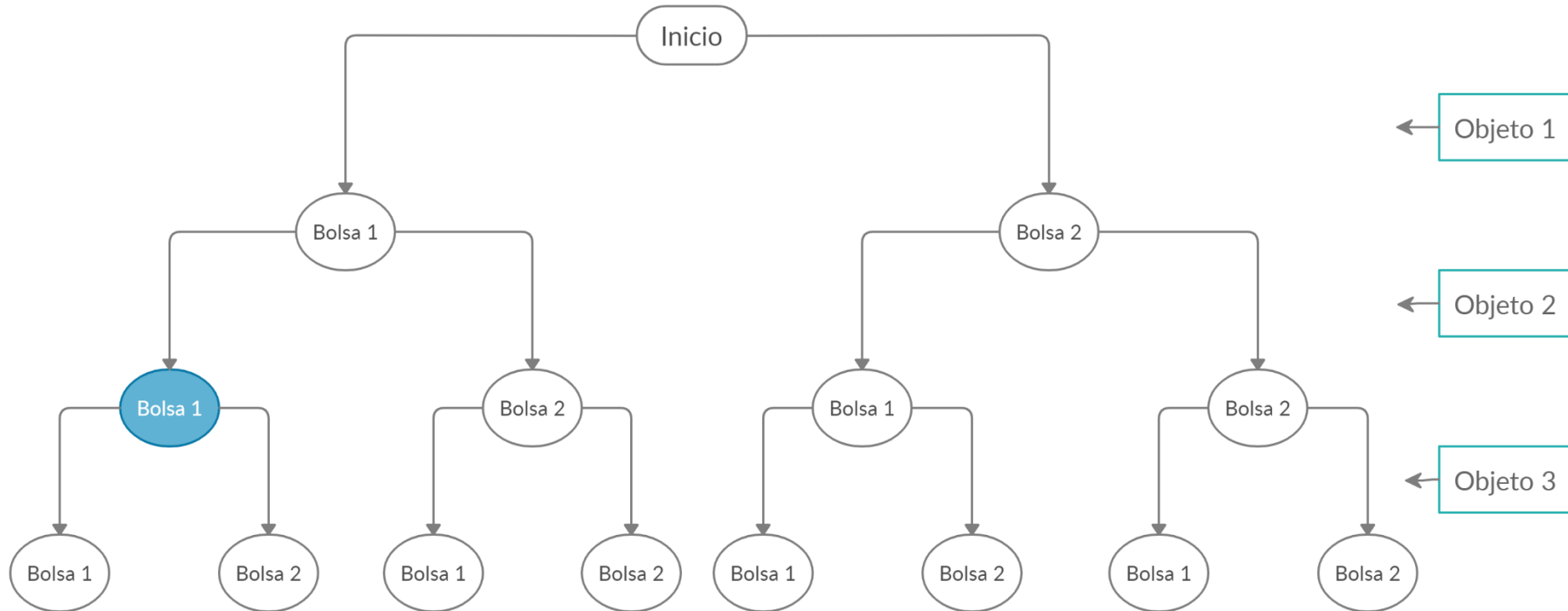
Bolsa 1 $\rightarrow 7/10$ kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg~~

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Backtracking:

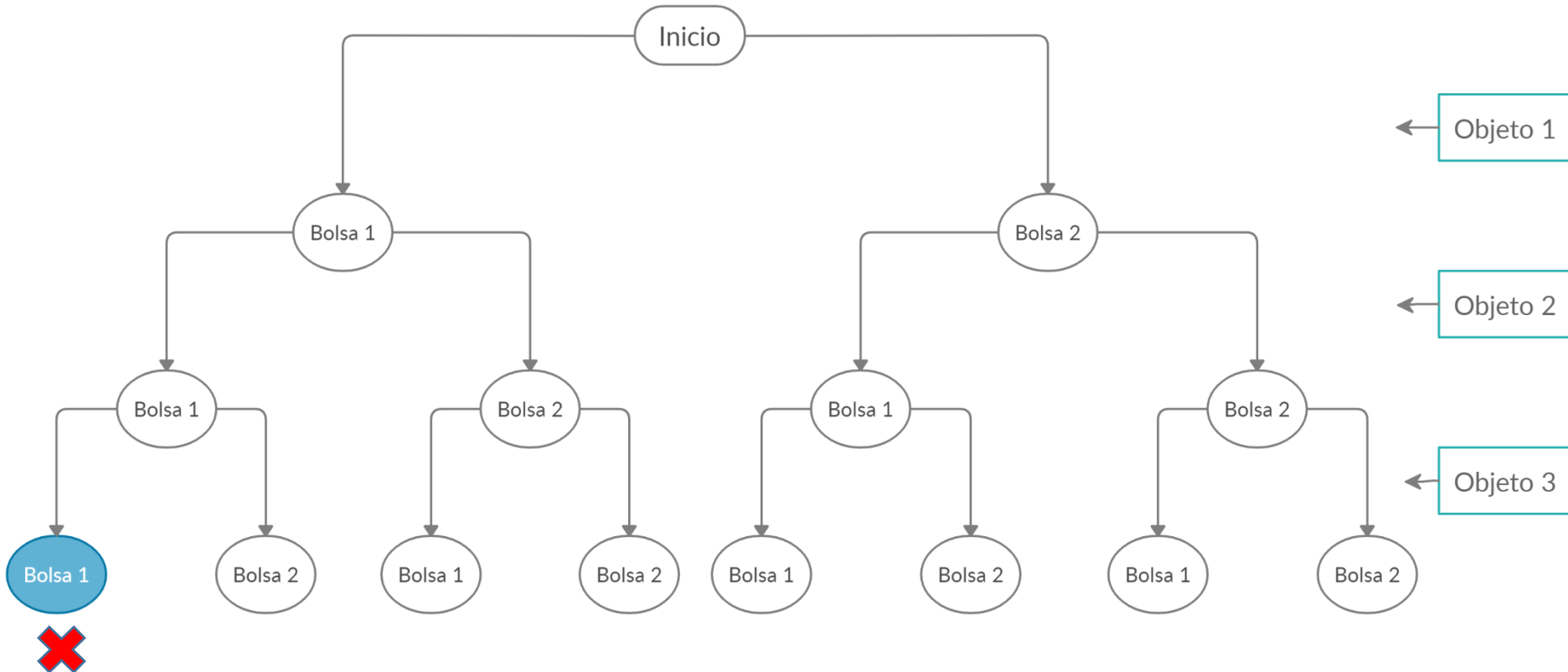
Bolsa 1 $\rightarrow 7/10$ kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

~~Objeto 1 → 5 kg~~

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Backtracking:

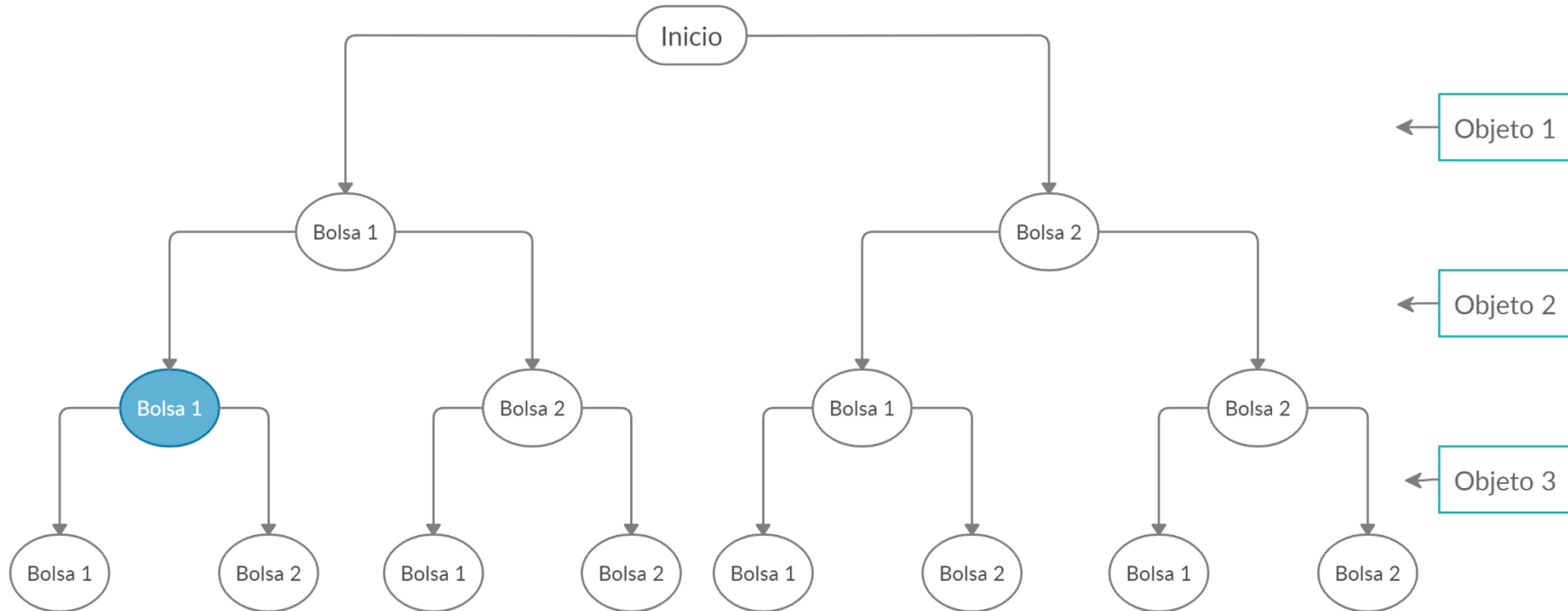
Bolsa 1 $\rightarrow$ 7/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg~~

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Backtracking:

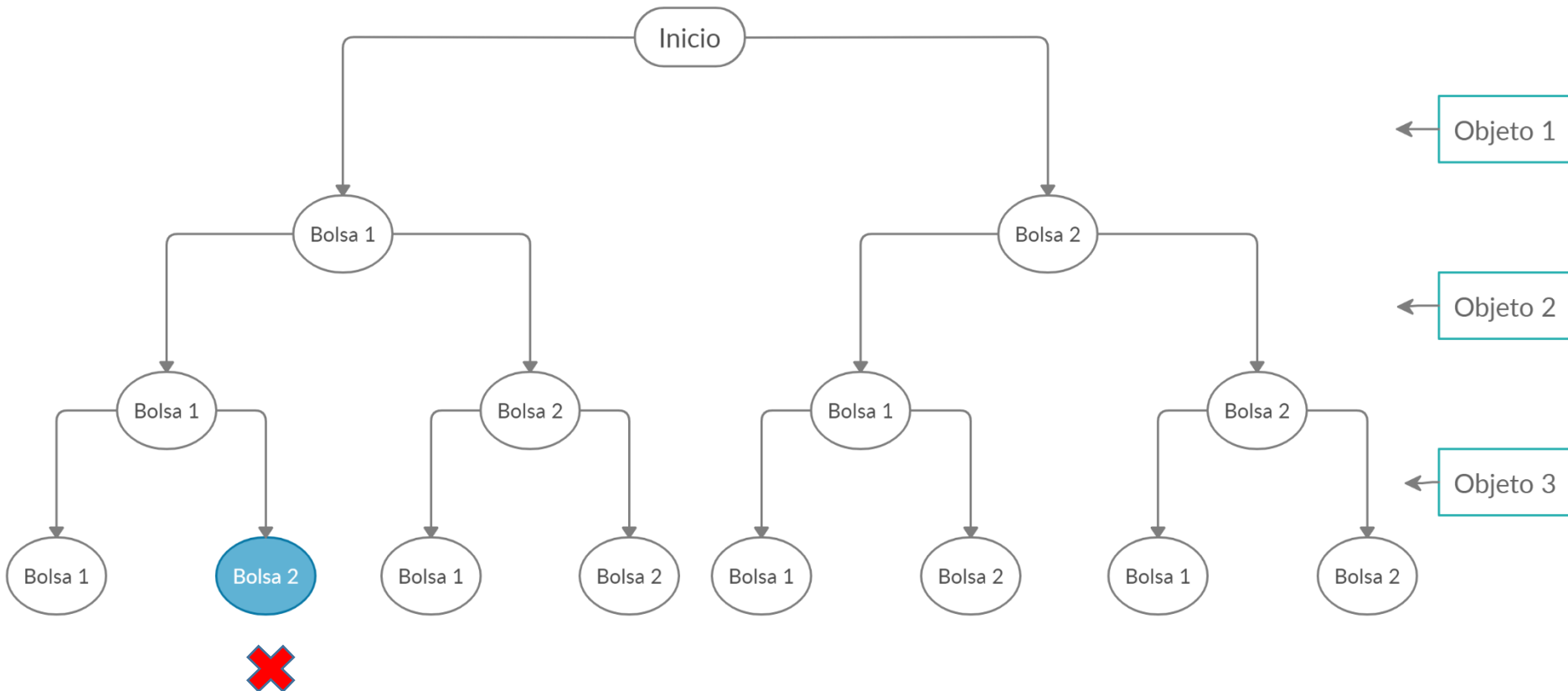
Bolsa 1 $\rightarrow$ 7/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg~~

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Backtracking:

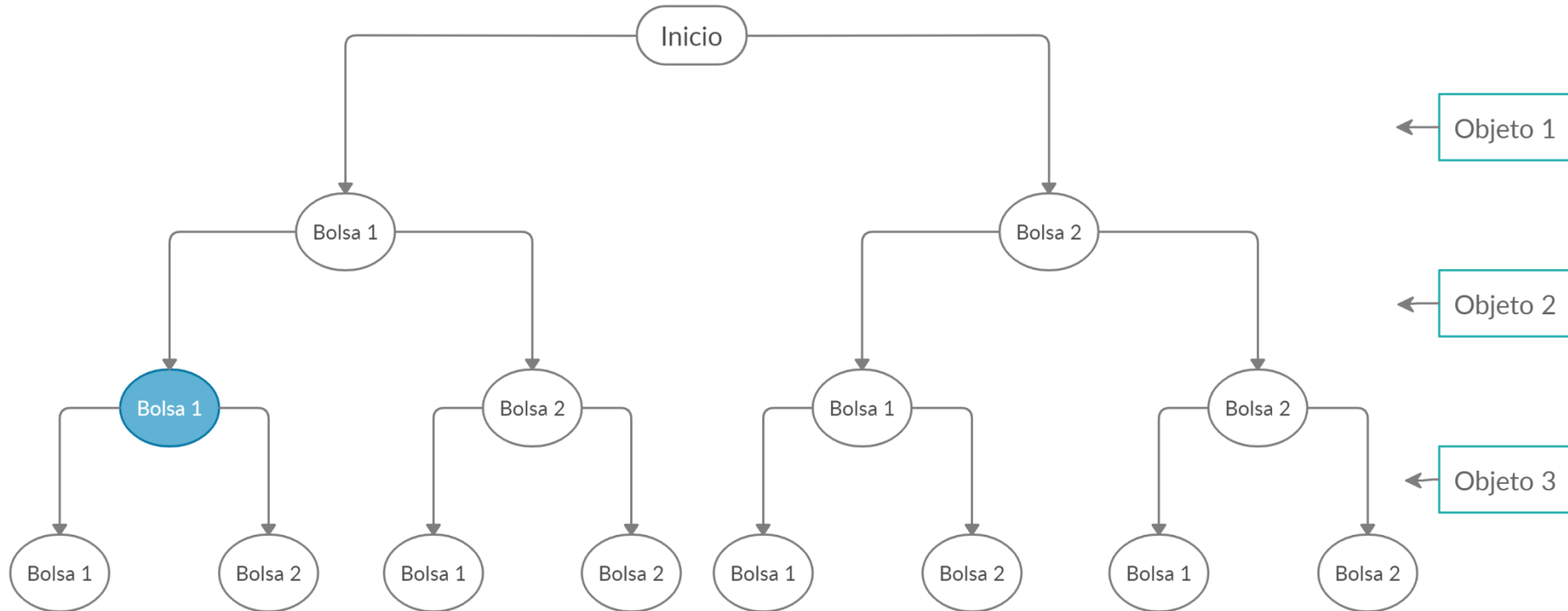
Bolsa 1 $\rightarrow$ 7/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg~~

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Backtracking:

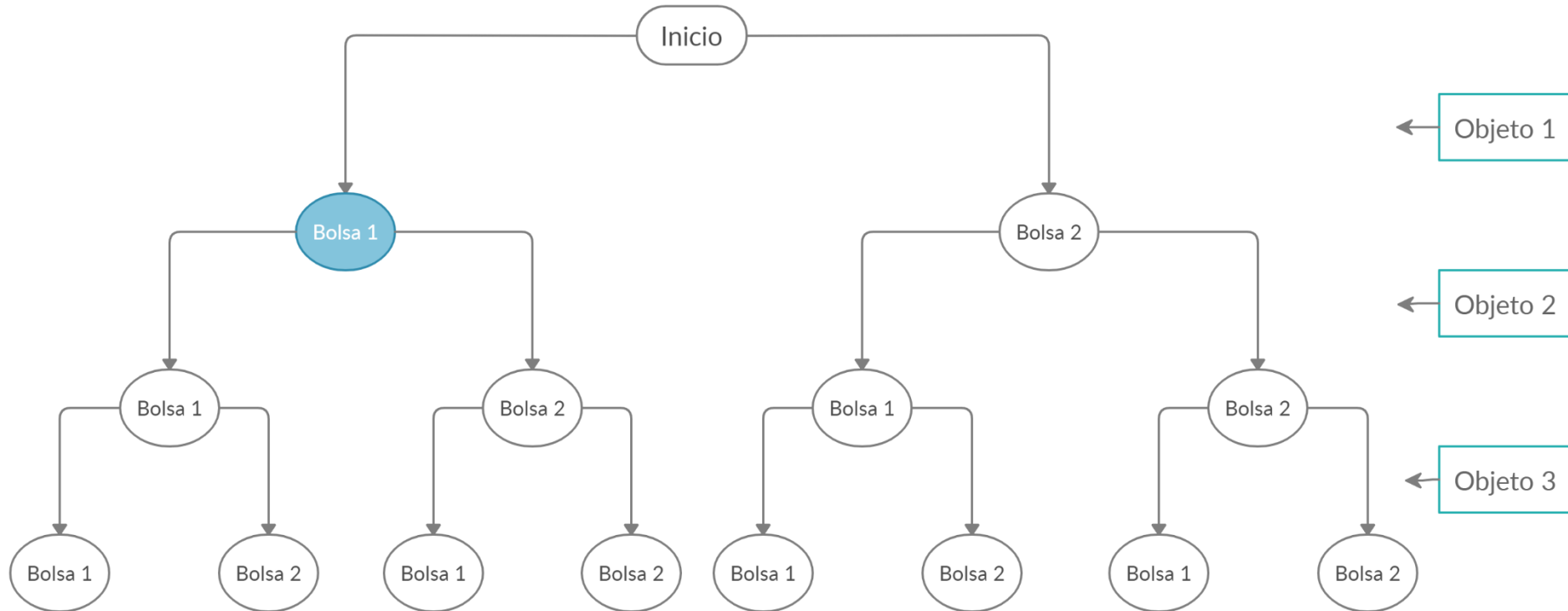
Bolsa 1 $\rightarrow$ 5/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg~~

Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Backtracking:

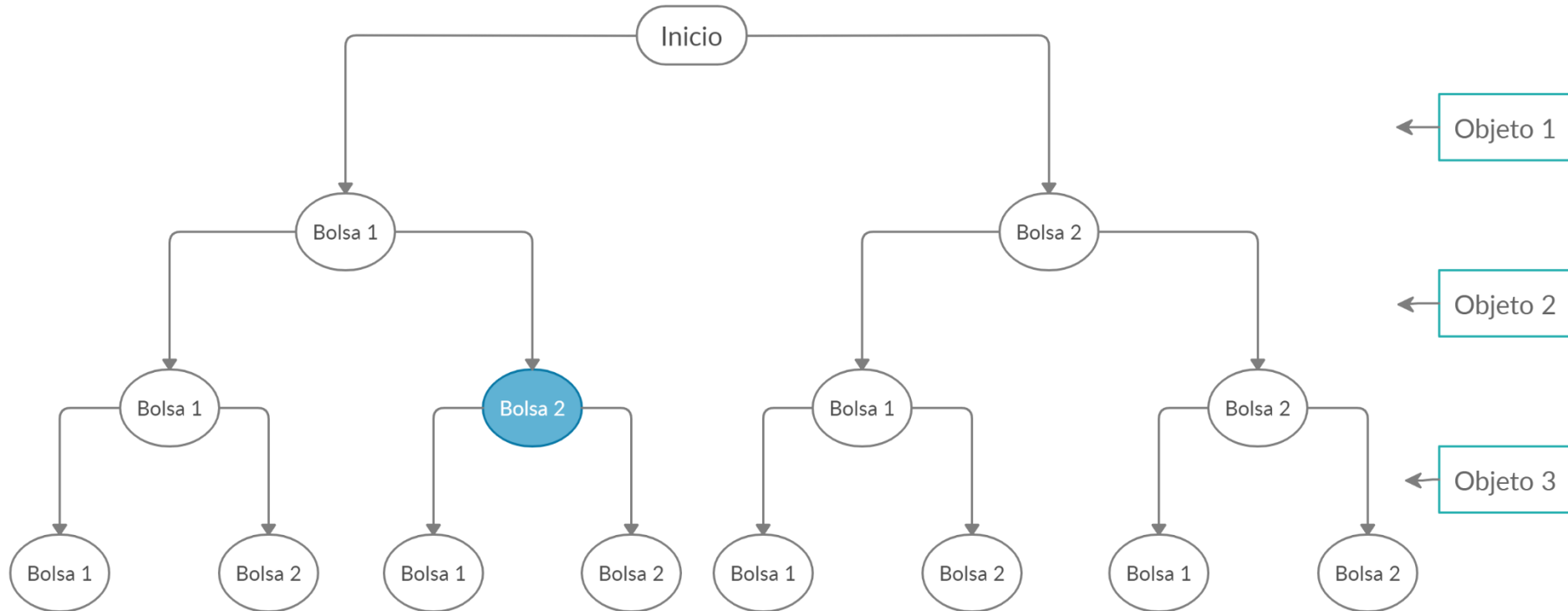
Bolsa 1 $\rightarrow$ 5/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 2/2 kg

~~Objeto 1 → 5 kg~~

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Backtracking:

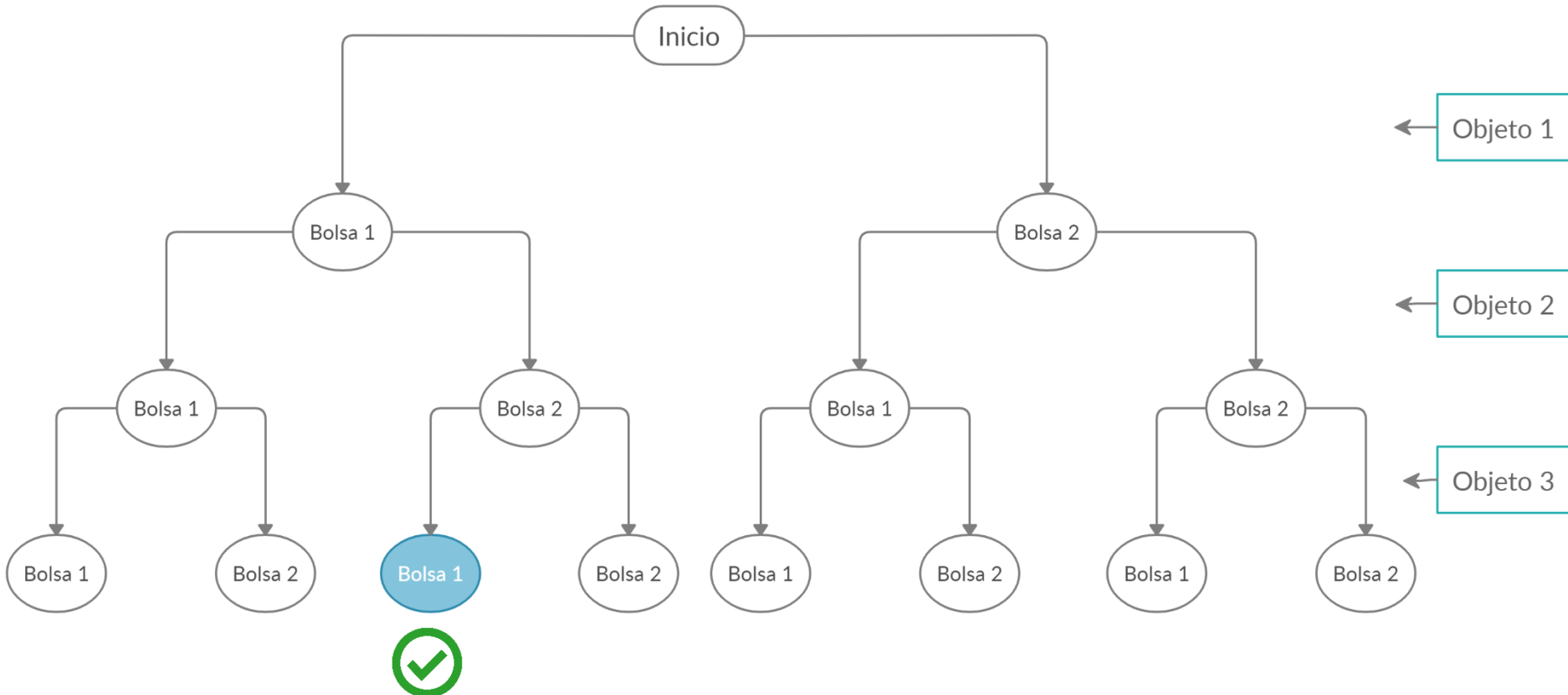
Bolsa 1 $\rightarrow$ 10/10 kg

~~Objeto 1 → 5 kg~~

Bolsa 2 $\rightarrow$ 2/2 kg

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

~~Objeto 3 → 5 kg~~



Técnicas

Ramificación y Poda:

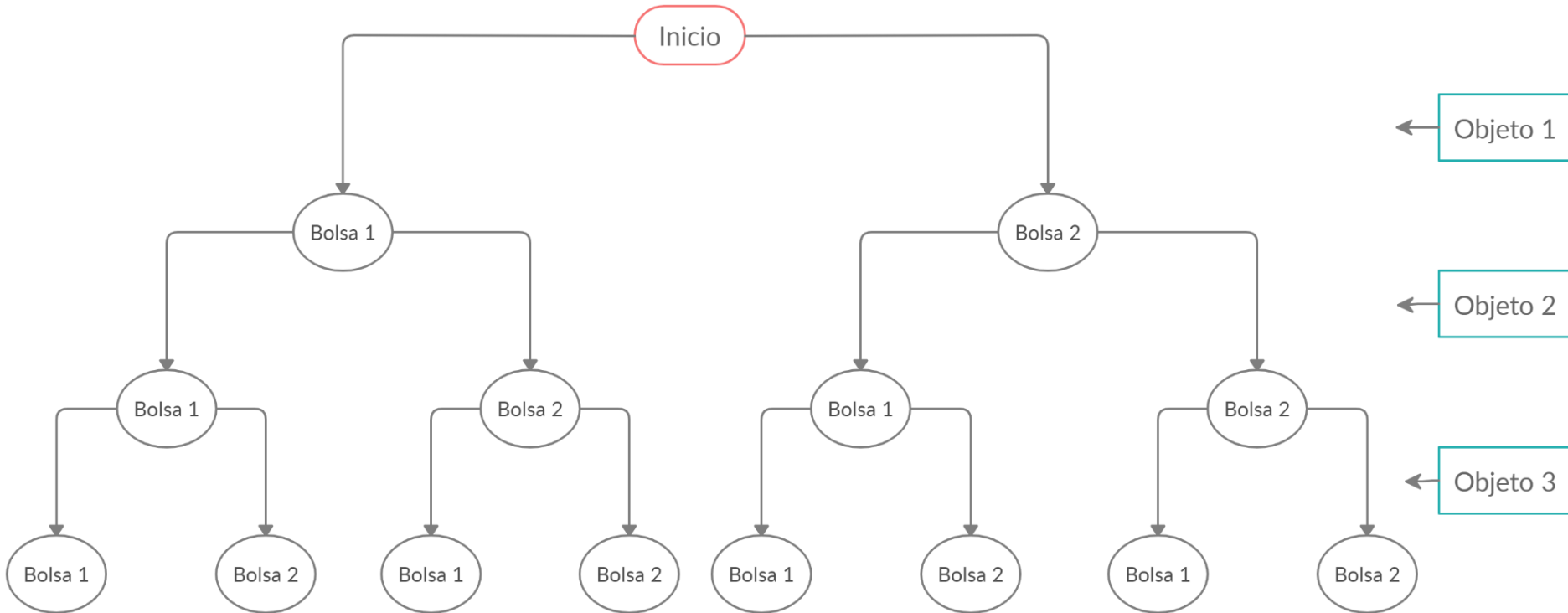
Bolsa 1 $\rightarrow$ 0/10 kg

Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Ramificación y Poda:

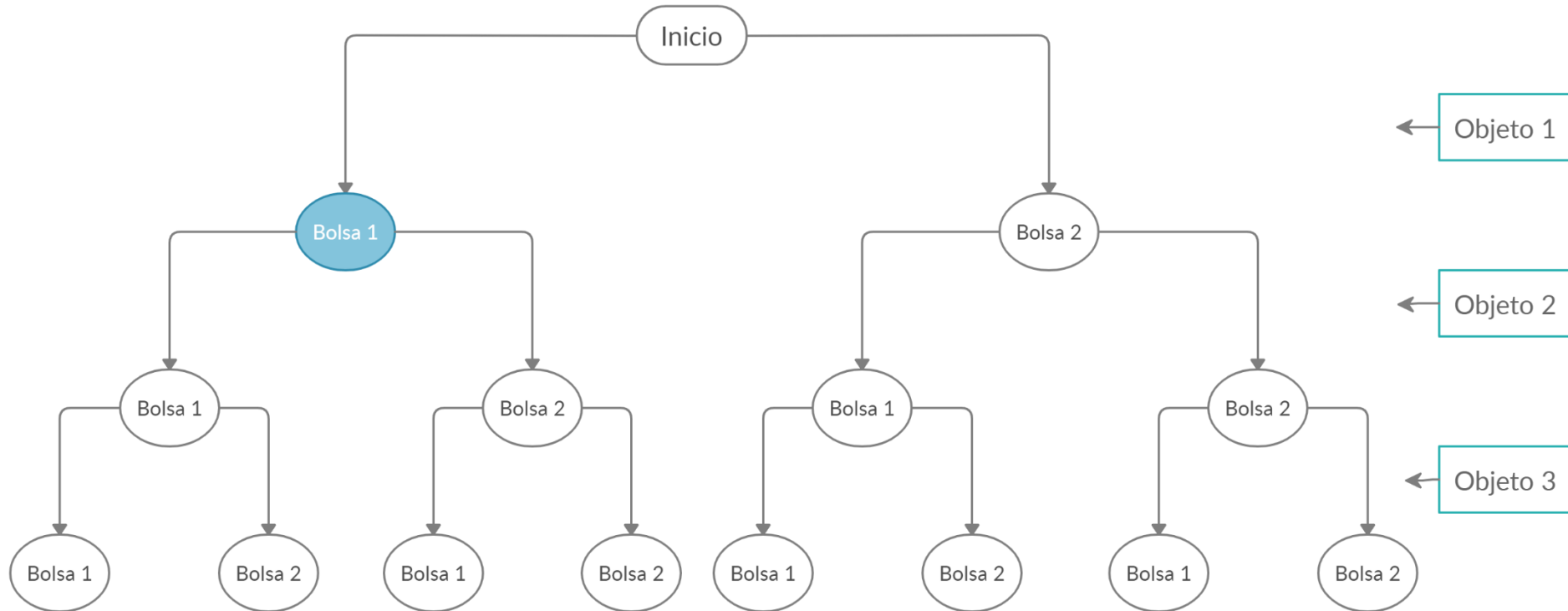
Bolsa 1 $\rightarrow$ 5/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg~~

Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Ramificación y Poda:

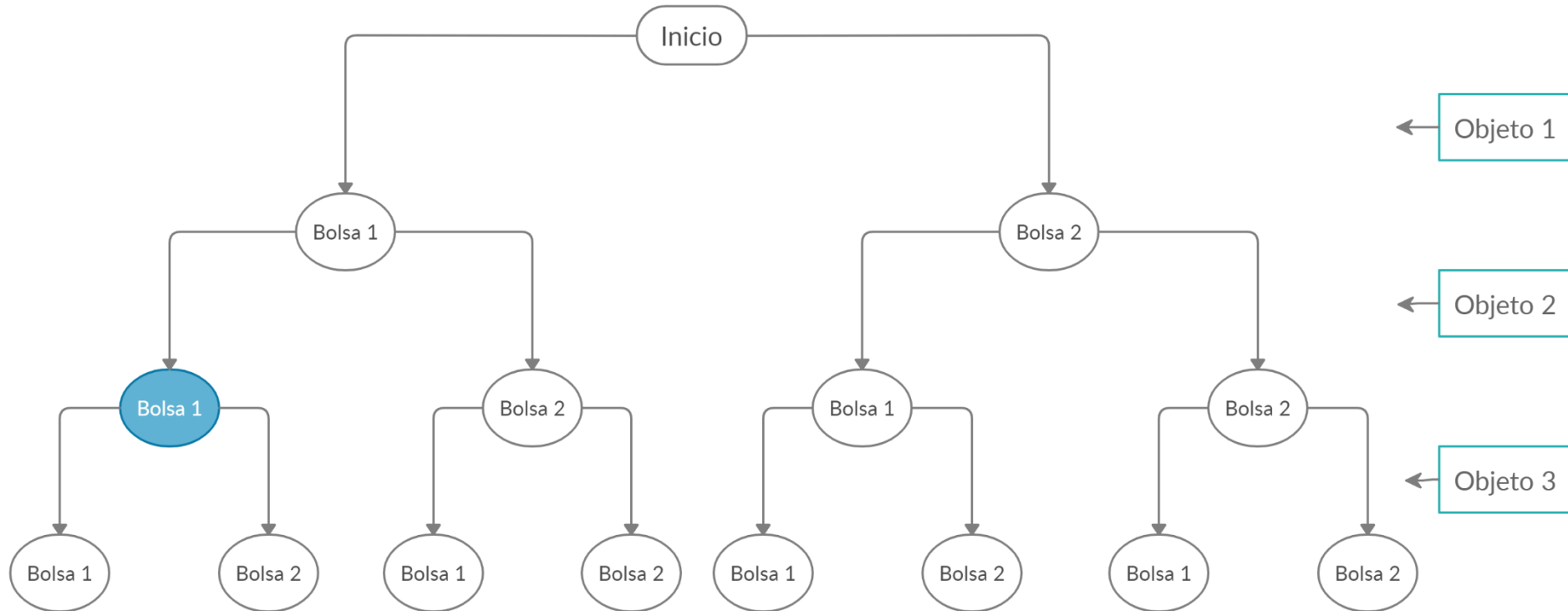
Bolsa 1 $\rightarrow$ 7/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg~~

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Ramificación y Poda:

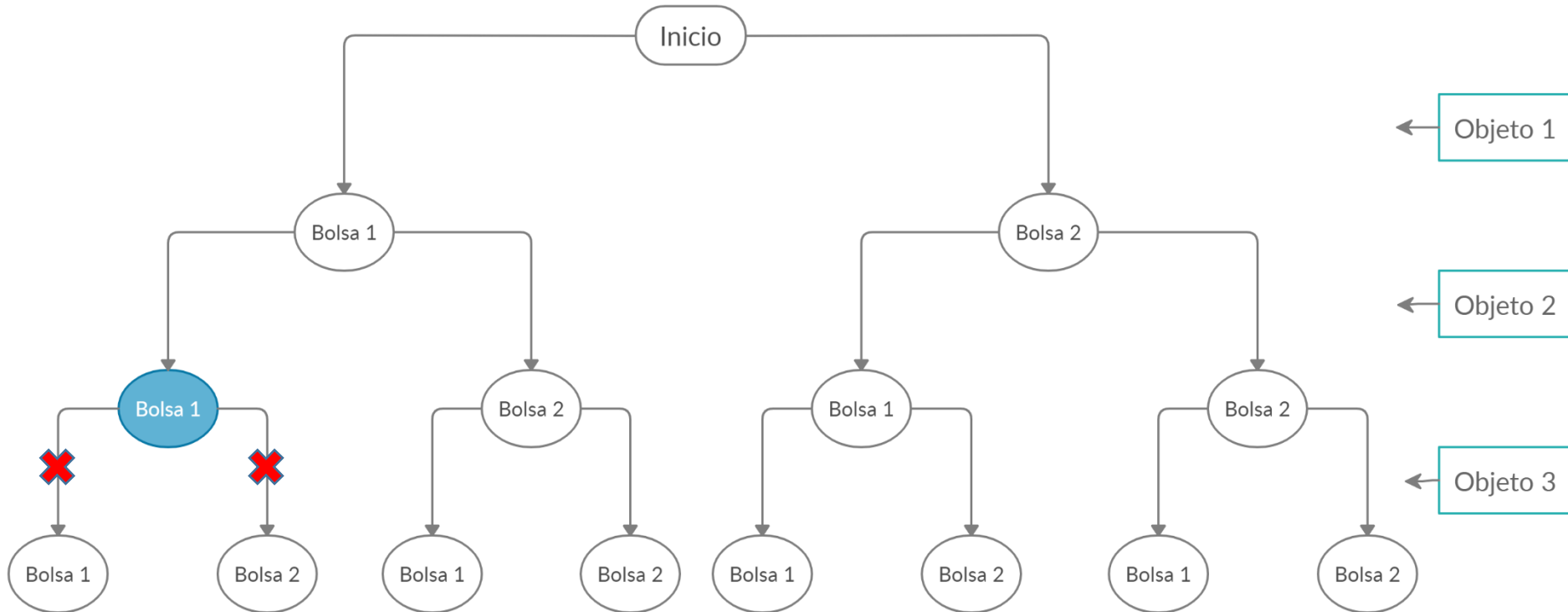
Bolsa 1 $\rightarrow$ 7/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg~~

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Ramificación y Poda:

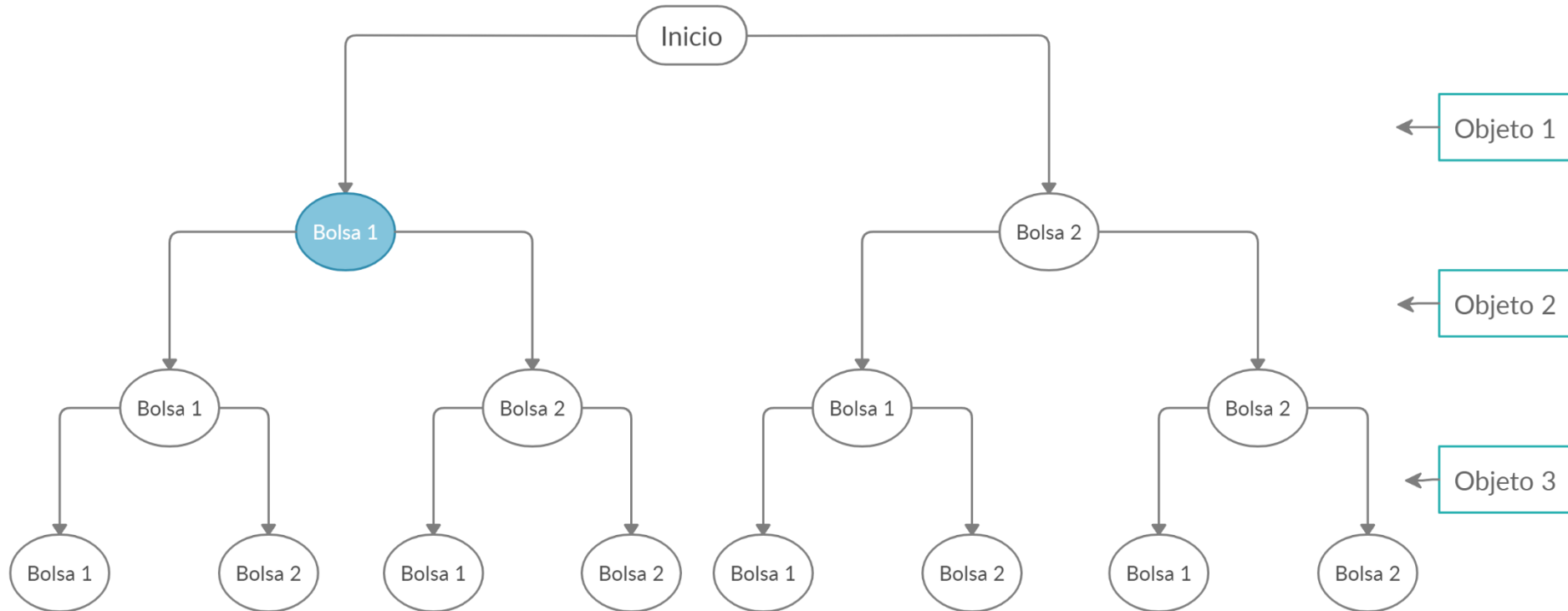
Bolsa 1 $\rightarrow$ 5/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/2 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg~~

Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Ramificación y Poda:

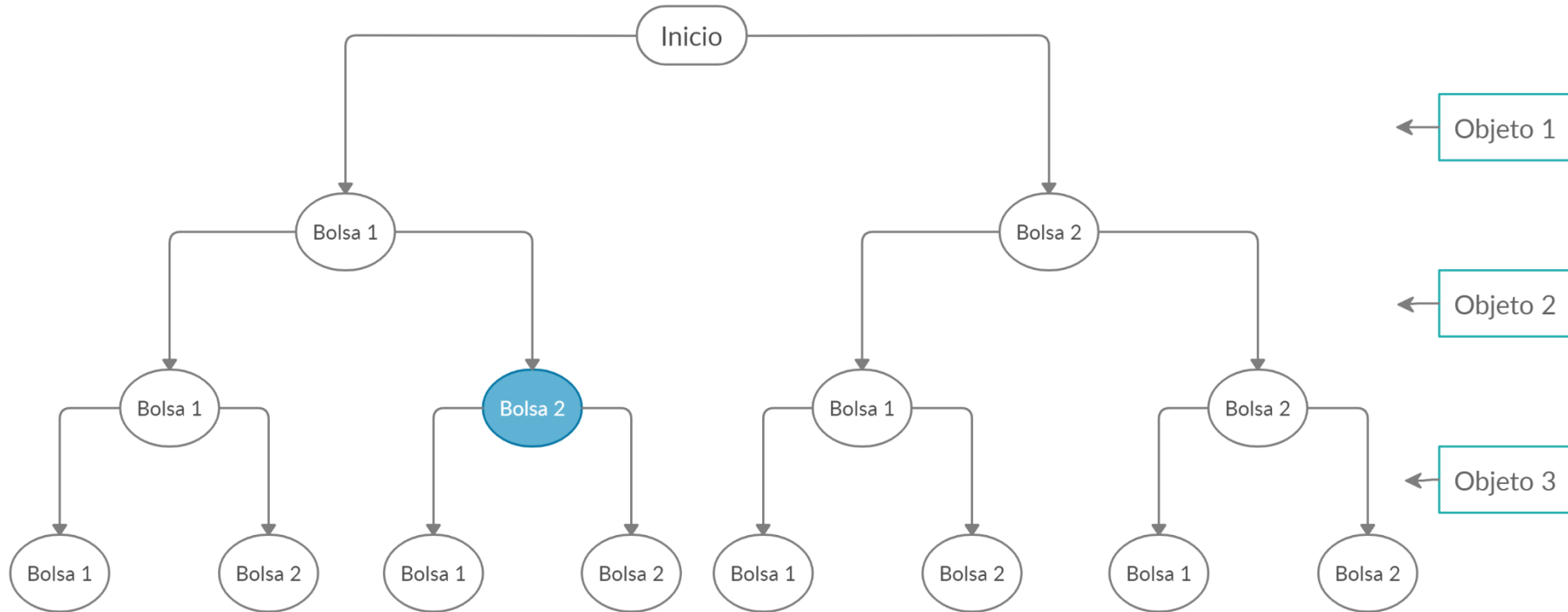
Bolsa 1 $\rightarrow$ 5/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 2/2 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg~~

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg



Técnicas

Ramificación y Poda:

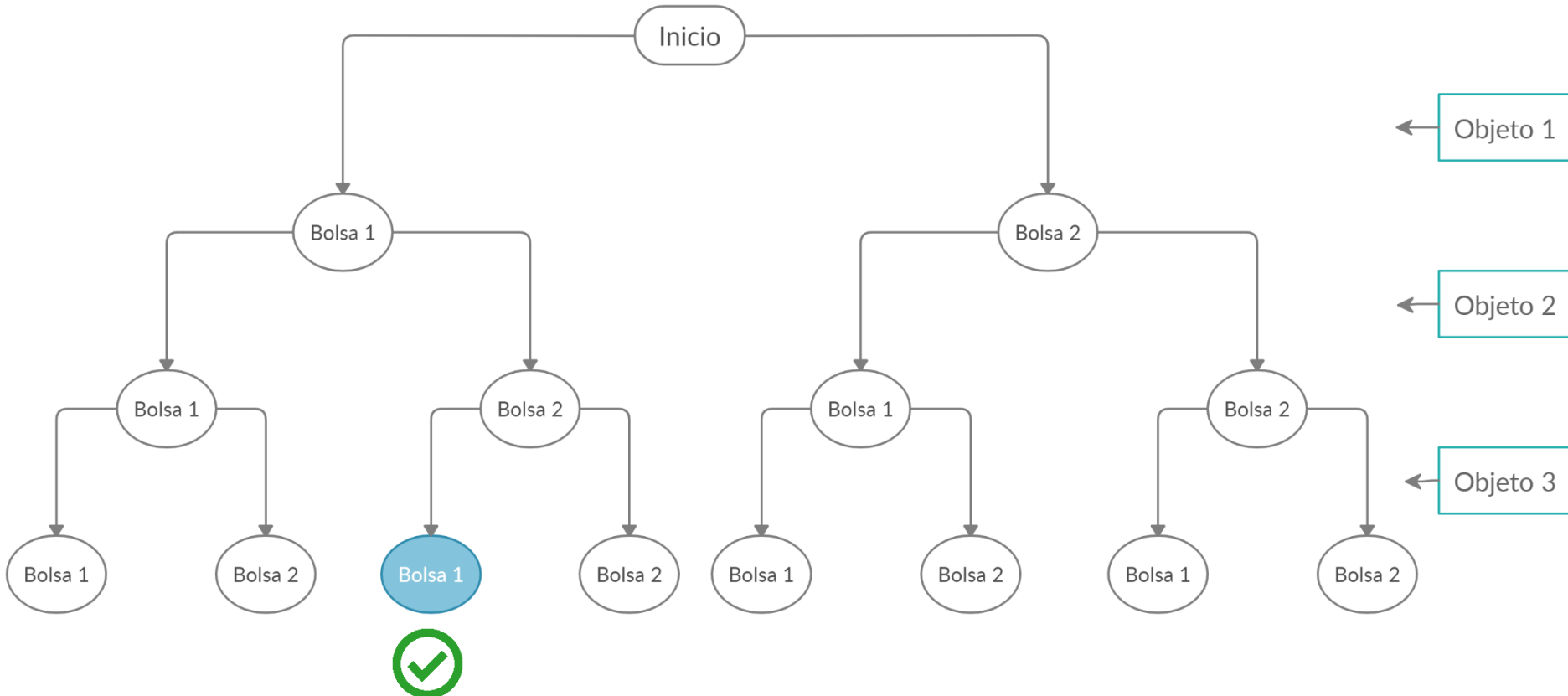
Bolsa 1 $\rightarrow$ 10/10 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 2/2 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 5 kg~~

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

~~Objeto 3 $\rightarrow$ 5 kg~~



Técnicas

Algoritmo Voraz:

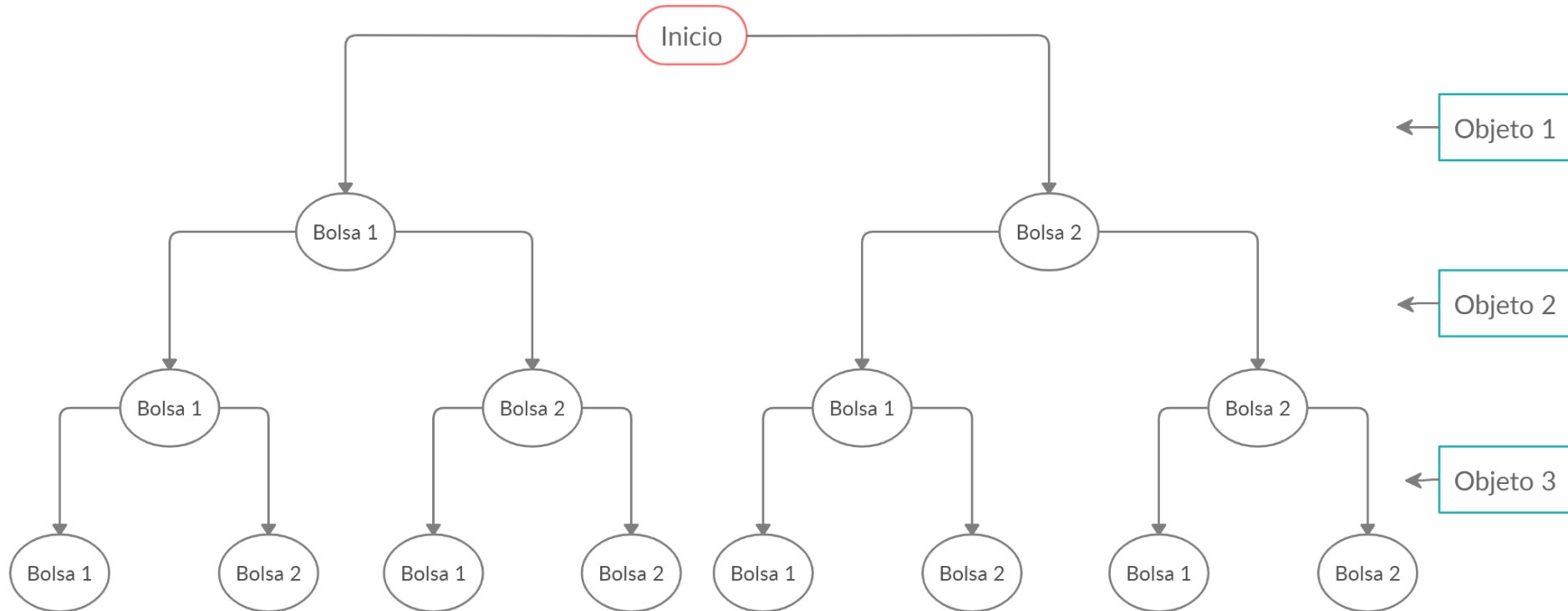
Bolsa 1 $\rightarrow$ 0/7 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 0/5 kg

Objeto 1 $\rightarrow$ 1 kg

Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg

Objeto 3 $\rightarrow$ 2 kg



Técnicas

Algoritmo Voraz:

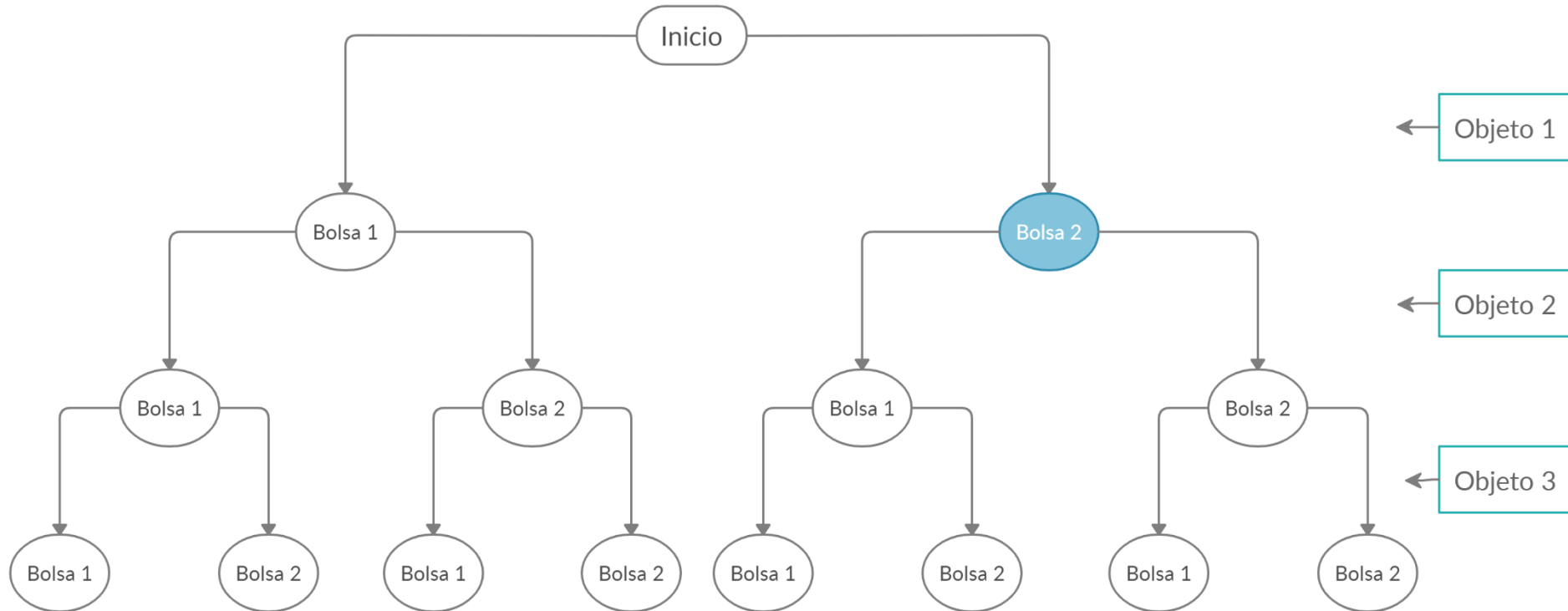
Bolsa 1 $\rightarrow$ 0/7 kg

Bolsa 2 $\rightarrow 1/5$ kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 1 kg~~

Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg

Objeto 3 $\rightarrow$ 2 kg



Técnicas

Algoritmo Voraz:

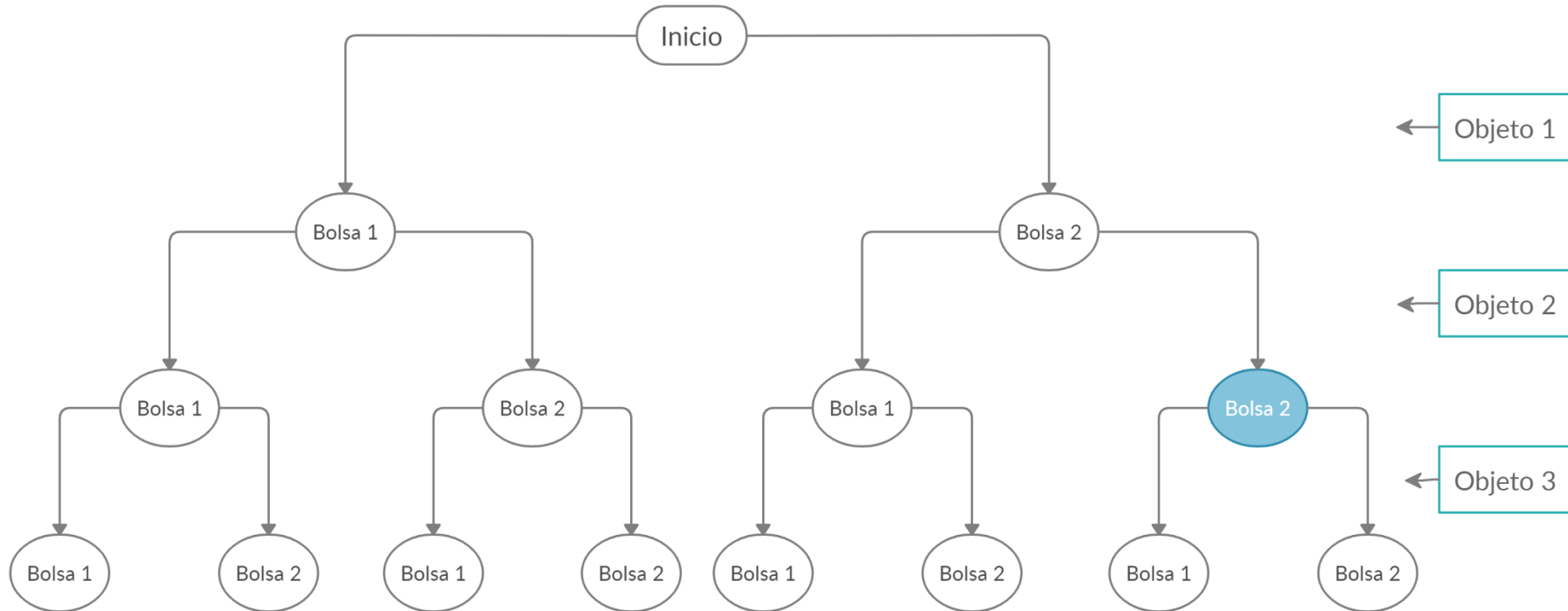
Bolsa 1 $\rightarrow$ 0/7 kg

Bolsa 2 $\rightarrow 3/5$ kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 1 kg~~

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

Objeto 3 $\rightarrow$ 2 kg



Técnicas

Algoritmo Voraz:

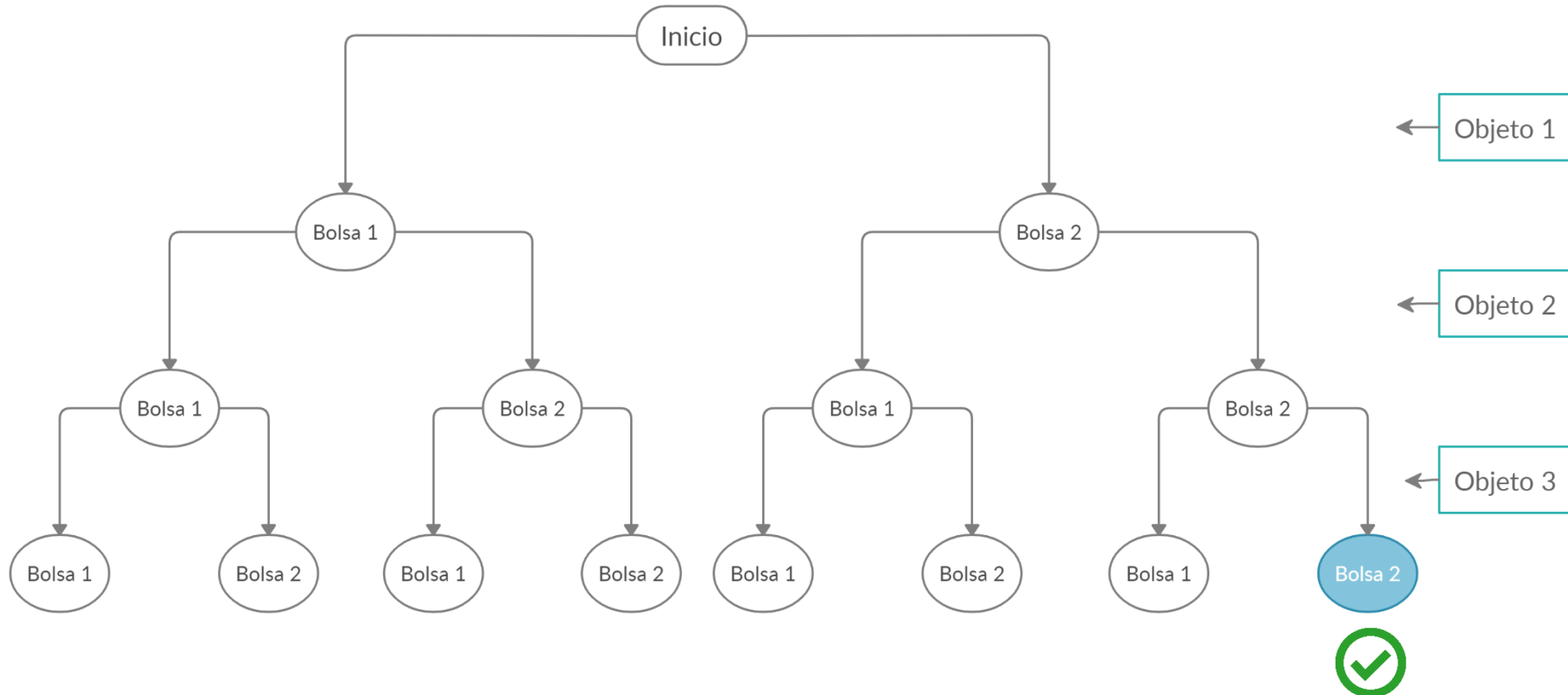
Bolsa 1 $\rightarrow$ 0/7 kg

Bolsa 2 $\rightarrow$ 5/5 kg

~~Objeto 1 $\rightarrow$ 1 kg~~

~~Objeto 2 $\rightarrow$ 2 kg~~

~~Objeto 3 $\rightarrow$ 2 kg~~



Técnicas

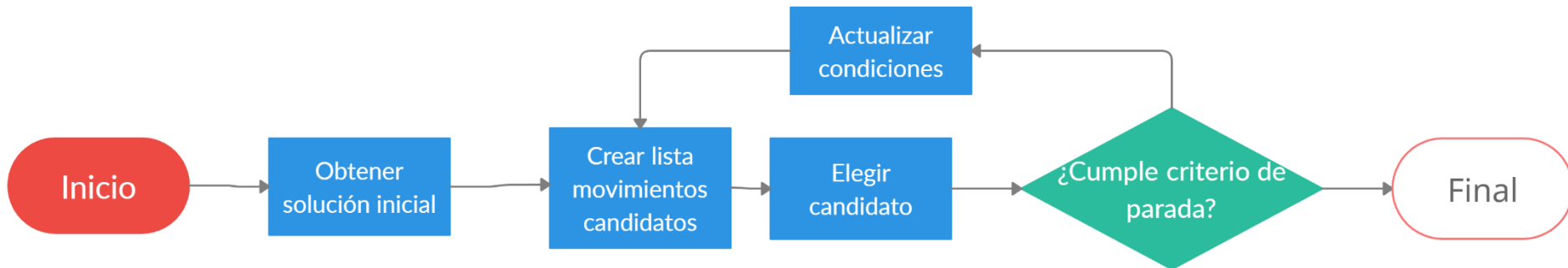
¿Qué son los algoritmos Metaheurísticos?

Procedimientos iterativos que guían una **heurística subordinada de búsqueda**, combinando **distintos conceptos** para explorar **eficientemente** el espacio de búsqueda

Objetivo → obtener una buena solución en un tiempo razonable

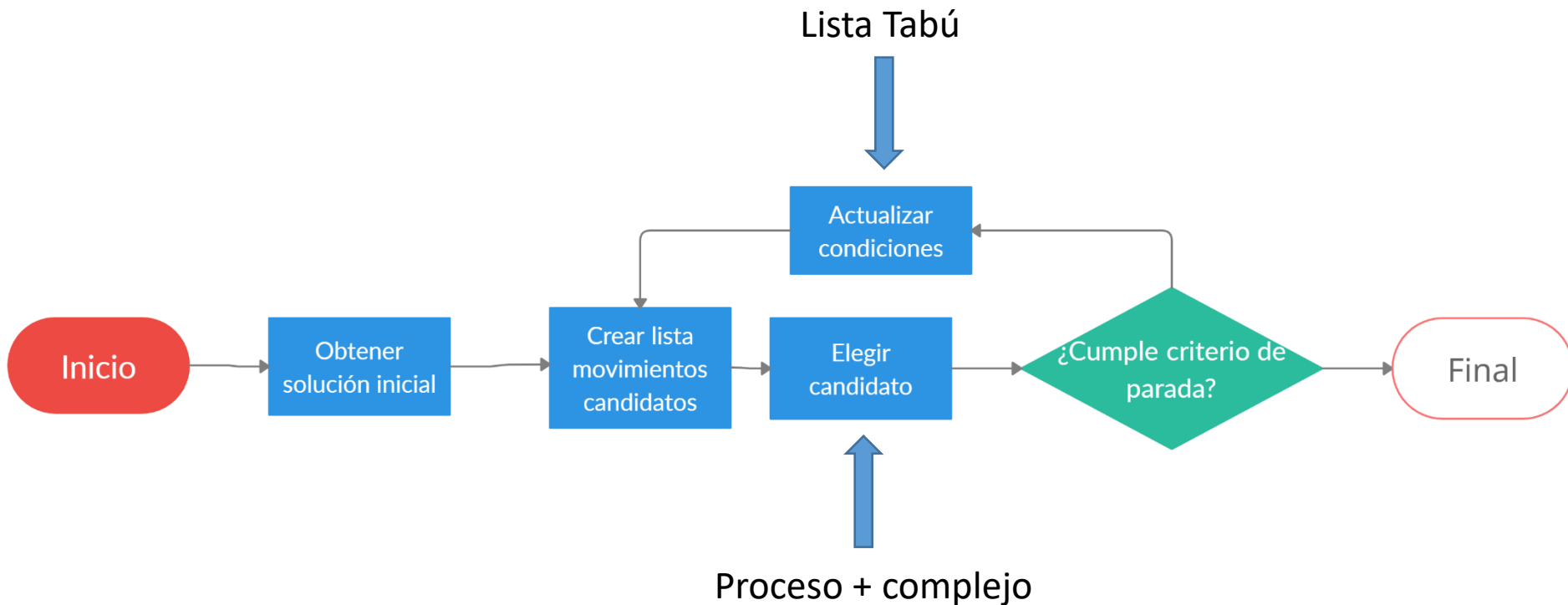
Técnicas

Tabu Search

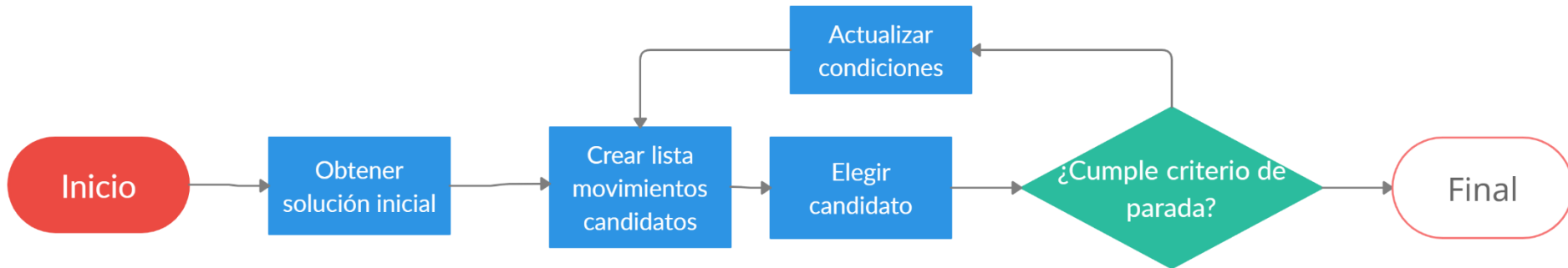


Técnicas

Tabu Search



Técnicas



Criterios de parada cuando:

Solución óptima $\rightarrow$ ineficiencia = 0

O

Número de iteraciones máximo alcanzado

Técnicas

Solver: **software matemático**, ya sea en forma de programa o como parte de una librería, que “**resuelve**” un **problema** a partir de una **descripción** del mismo

+

Boolean satisfiability problem (SAT): problemas basados en discernir si existe una interpretación que cumpla una o varias expresiones de lógica proposicional

↓

SAT Solvers

Técnicas

No todos los problemas se expresan mediante lógica proposicional → verificaciones de software

SAT Solver

+

expresiones de primer orden

↓

Satisfiability Modulo Theories Solver (SMT Solver)

Técnicas

Utilizamos Z3 Theorem Prover, desarrollado por Microsoft

Funcionamiento:

- Definir problema mediante expresiones de primer orden
- Ejemplo $\rightarrow node_ocupation[node] \leq node_capacity[node]$ (donde *node* va desde 1 hasta *NUM_NODOS*)
- El solver indica si hay solución (SAT) o no (UNSAT) y devuelve una solución cualquiera $\rightarrow$ resultado ineficiente

Técnicas

SMT Solver Optimizador

- Variante del Z3 original → Vz Solver
- Elegimos que variables maximizar y/o minimizar

Índice

1. Modelo del sistema
2. Política de evaluación
3. Técnicas
- 4. Implementación**
5. Pruebas y resultados
6. Conclusiones
7. Trabajos futuros

Implementación

Cada técnica requiere de una **programación**, **estructura de datos** y **funciones** distintos

Dos tipos de implementación:

1. Implementación con ayuda de recursos externos
→ SMT Solvers
2. Implementación propia completa → resto de técnicas

Índice

1. Modelo del sistema
2. Política de evaluación
3. Técnicas
4. Implementación
- 5. Pruebas y resultados**
 - 5.1. Evaluación cualitativa**
 - 5.2. Evaluación cuantitativa
6. Conclusiones
7. Trabajos futuros

Evaluación cualitativa

Solución asegurada

Capacidad de obtener una solución, sin importar el tiempo que tarde

	<i>Backtracking</i>				Heurística	Metaheurística	<i>SMT Solver</i>	
	Simple	Optimizador	Poda Simple	Poda Optimizador	Algoritmo Voraz	Tabu Search	Simple	Optimizador
Solución asegurada	SI	SI	SI	SI	NO	-	SI	SI
Solución óptima	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI
↑ Tiempo ↑ Solución	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO
Velocidad	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO
Nuevas restricciones	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Nuevo criterio de evaluación	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Tiempo limitable	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO

Evaluación cualitativa

Solución óptima

Capacidad de obtener la solución óptima, sin importar el tiempo que tarde

	<i>Backtracking</i>				Heurística	Metaheurística	<i>SMT Solver</i>	
	Simple	Optimizador	Poda Simple	Poda Optimizador	Algoritmo Voraz	Tabu Search	Simple	Optimizador
Solución asegurada	SI	SI	SI	SI	NO	-	SI	SI
Solución óptima	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI
↑ Tiempo ↑ Solución	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO
Velocidad	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO
Nuevas restricciones	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Nuevo criterio de evaluación	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Tiempo limitable	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO

Evaluación cualitativa

↑ Tiempo ↑ Solución

Capacidad de encontrar una mejor solución si se le permite un tiempo de ejecución mayor

	Backtracking				Heurística	Metaheurística	SMT Solver	
	Simple	Optimizador	Poda Simple	Poda Optimizador	Algoritmo Voraz	Tabu Search	Simple	Optimizador
Solución asegurada	SI	SI	SI	SI	NO	-	SI	SI
Solución óptima	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI
↑ Tiempo ↑ Solución	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO
Velocidad	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO
Nuevas restricciones	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Nuevo criterio de evaluación	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Tiempo limitable	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO

Índice

1. Modelo del sistema
2. Política de evaluación
3. Técnicas
4. Implementación
- 5. Pruebas y resultados**
 - 5.1. Evaluación cualitativa
 - 5.2. Evaluación cuantitativa**
6. Conclusiones
7. Trabajos futuros

Evaluación cuantitativa

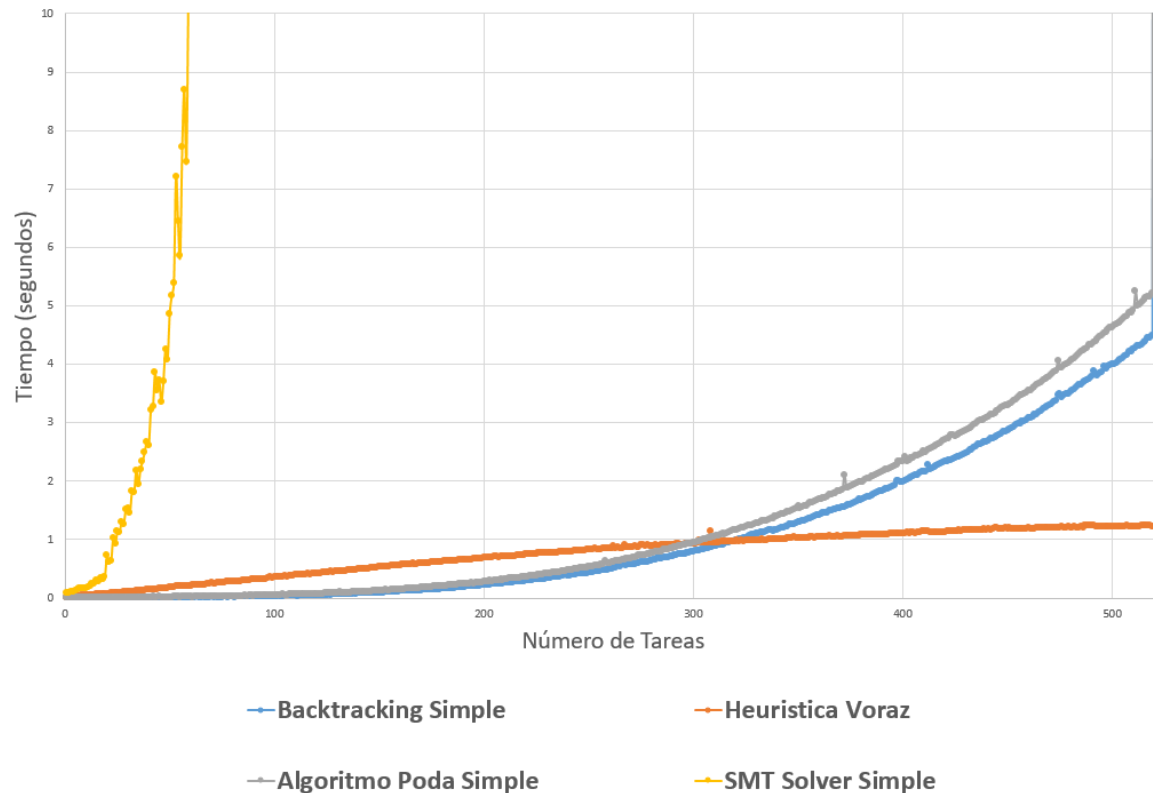
Evaluación Cuantitativa

Dos aspectos a valorar:

1. Tiempo de ejecución
2. Calidad de la solución (ineficiencia)

Evaluación cuantitativa

Ejemplo: Búsqueda Primera Solución – Escenario sencillo (Tiempo)



Índice

1. Modelo del sistema
2. Política de evaluación
3. Técnicas
4. Implementación
5. Pruebas y resultados
- 6. Conclusiones**
7. Trabajos futuros

Conclusiones

Backtracking / Ramificación y Poda

- + Implementación simple
- + Ideal para problemas sencillos y pequeños
- Poco eficiente en problemas complejos
- Tiempo de ejecución elevado en algunos casos

Conclusiones

Algoritmo Voraz

- + Manejo simple
- + Tiempo de ejecución menor
- Soluciones poco óptimas en muchos casos
- No asegura una solución

Conclusiones

Tabu Search

- + Equilibrio entre tiempo/calidad de la solución
- + Completa, adecuada para problemas generales
- Depende de otra herramienta
- No asegura la solución óptima

Conclusiones

SMT Solver Simple

- + Asegura una solución
- Tiempo de ejecución y calidad de la solución imprevisibles

Conclusiones

SMT Solver Optimizador

- + Mejores tiempos que los demás optimizadores
- Solución no siempre óptima

Índice

1. Modelo del sistema
2. Política de evaluación
3. Técnicas
4. Implementación
5. Pruebas y resultados
6. Conclusiones
- 7. Trabajos futuros**

Trabajos futuros

Tres aspectos de mejora:

- Más experimentos → más conclusiones
- Mejorar la implementación
- Estudiar otras técnicas

Evaluación de Técnicas para la Búsqueda de Configuraciones en Sistemas Empotrados Distribuidos Adaptativos

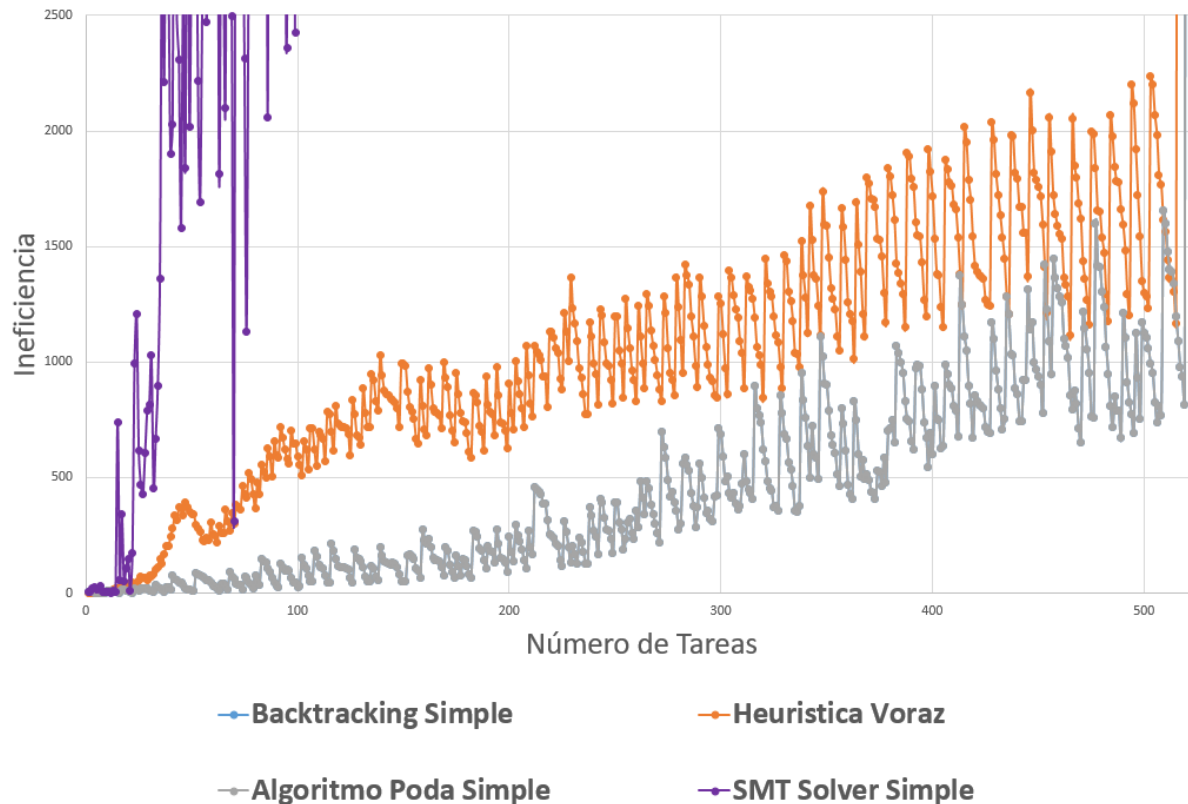
Tomeu Alcover Borràs

Pruebas

Gráficas de pruebas cualitativas

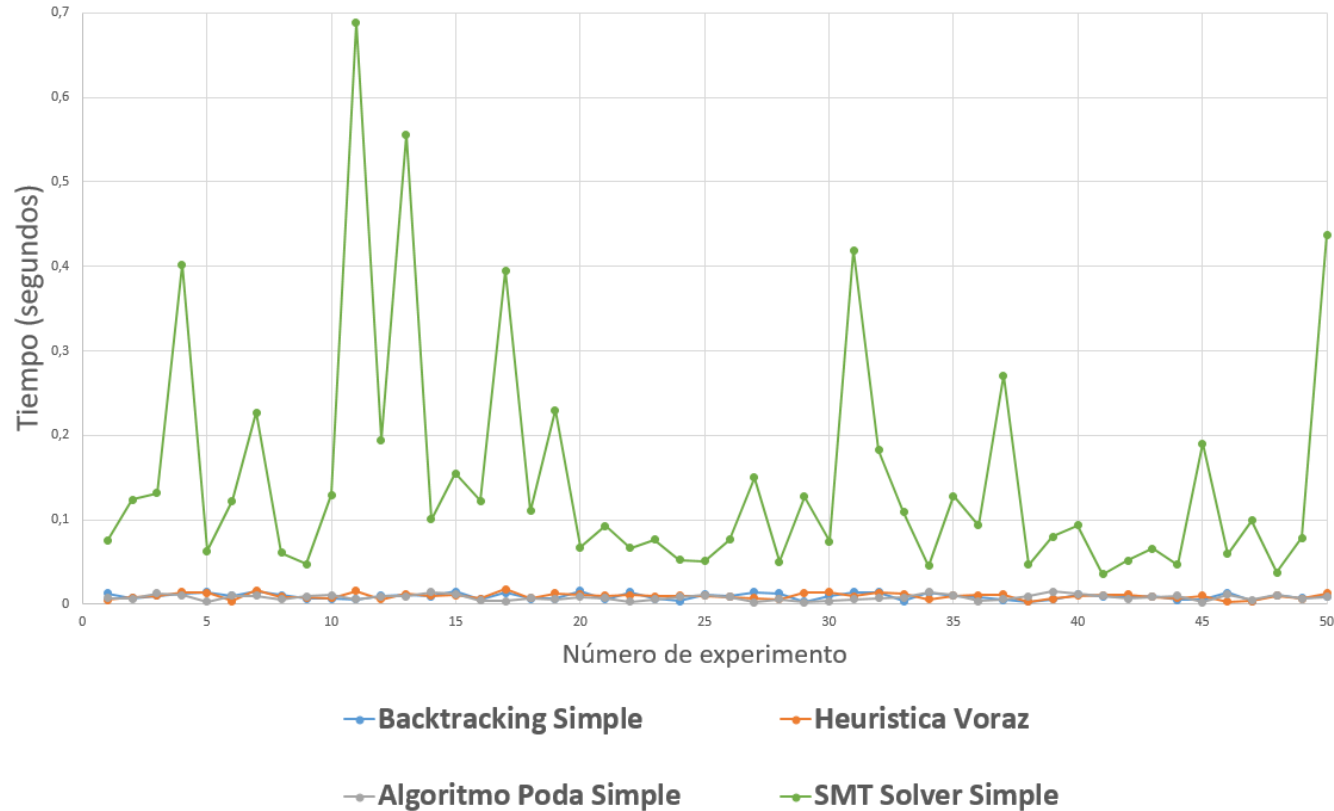
Pruebas

1. Búsqueda Primera Solución – Escenario sencillo (Ineficiencia)



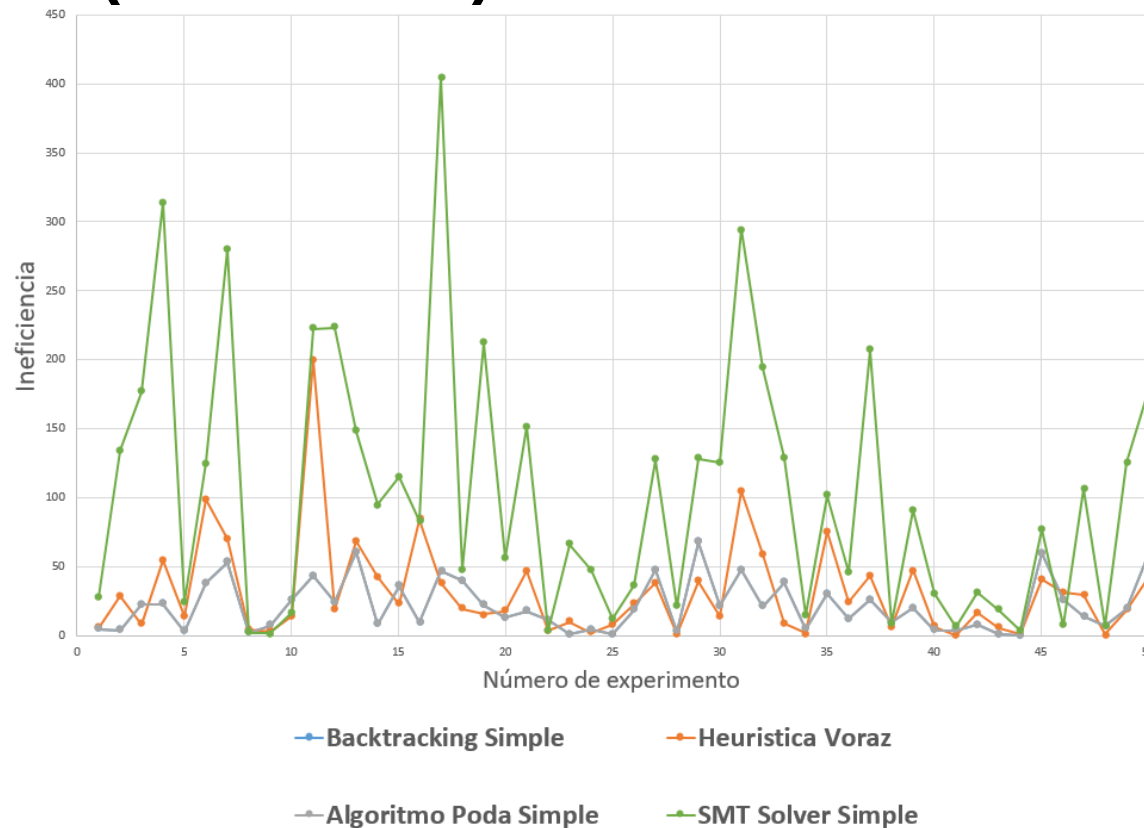
Pruebas

2. Búsqueda Primera Solución – Escenarios aleatorios (Tiempo)



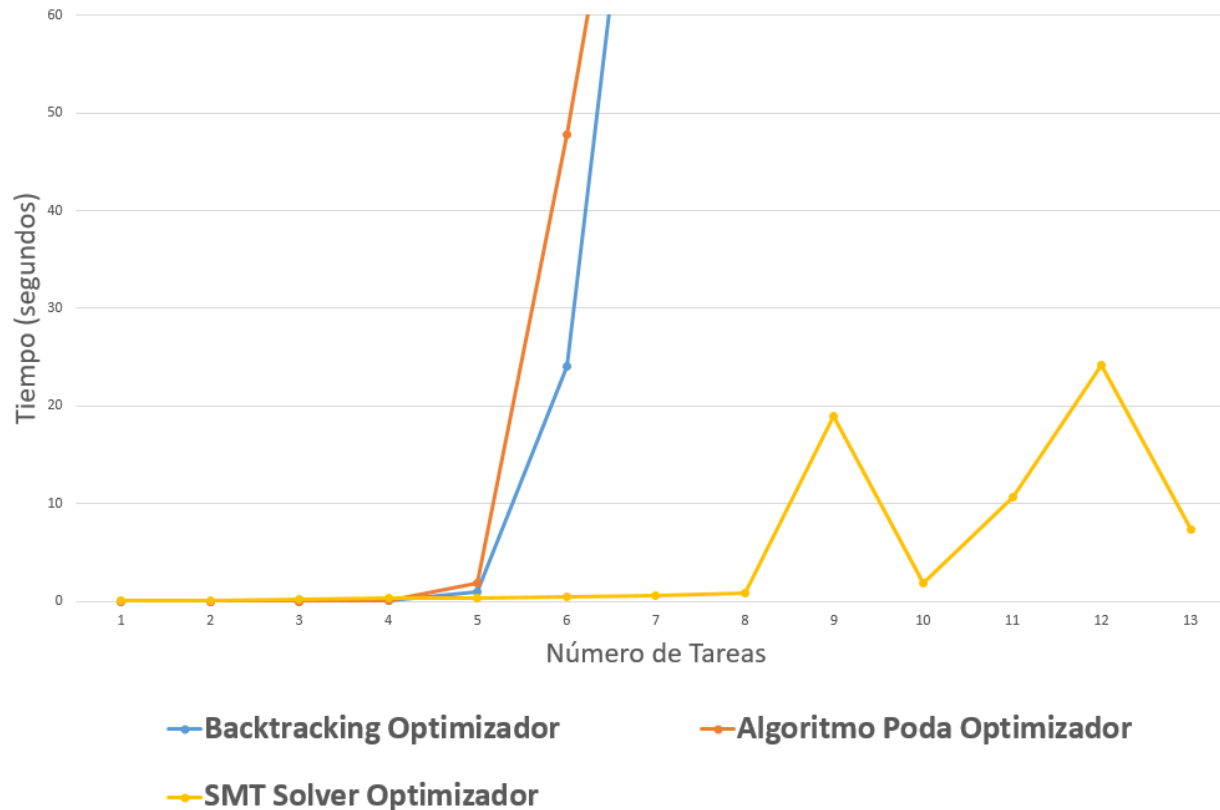
Pruebas

2. Búsqueda Primera Solución – Escenarios aleatorios (Ineficiencia)



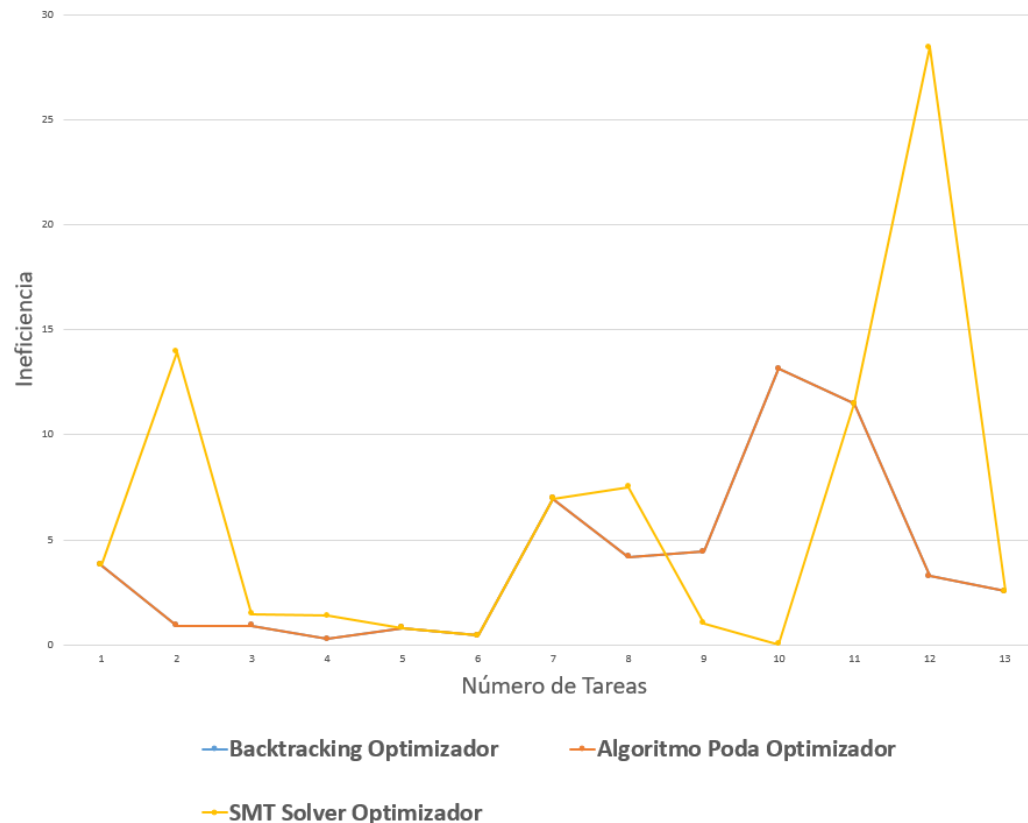
Pruebas

3. Búsqueda Mejor Solución en Tiempo Acotado (Tiempo)



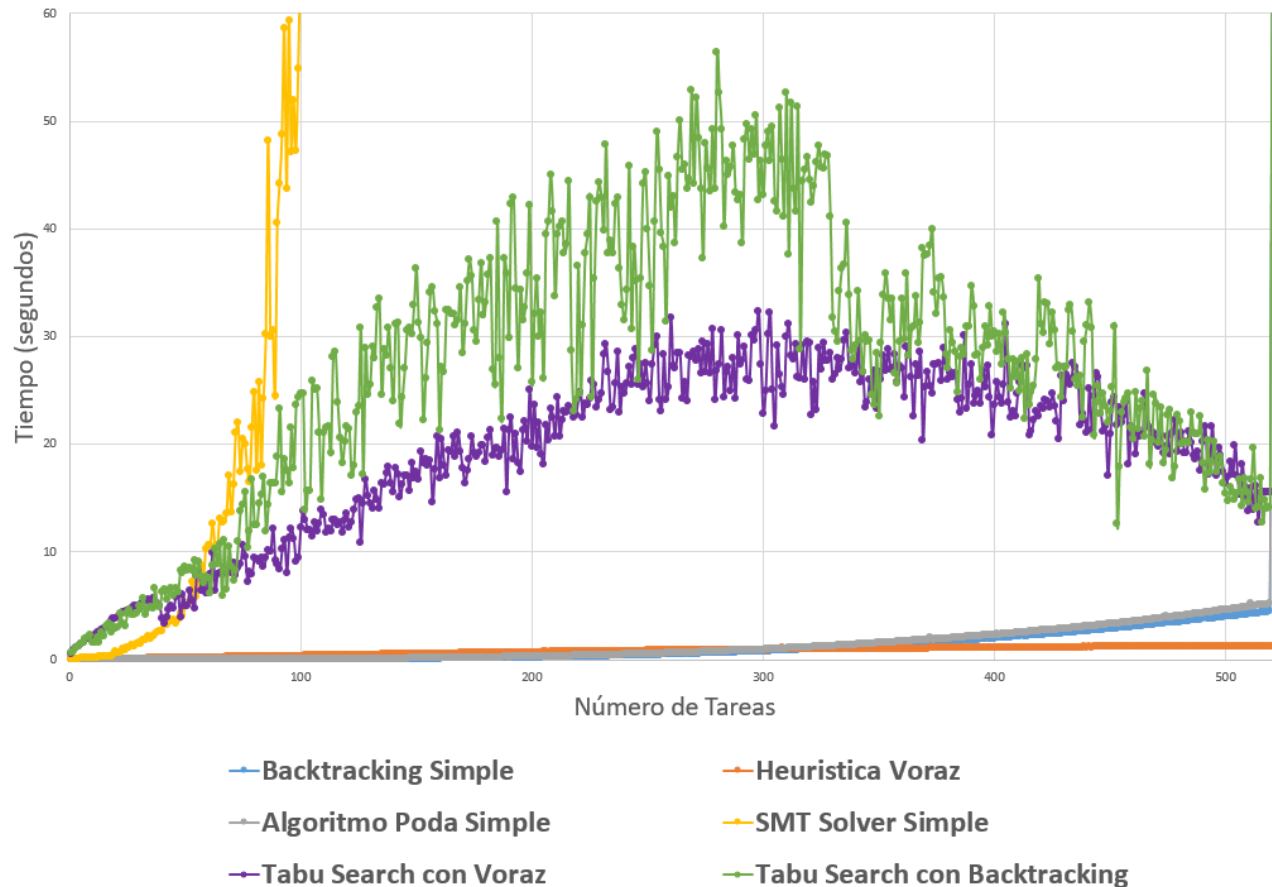
Pruebas

3. Búsqueda Mejor Solución en Tiempo Acotado (Ineficiencia)



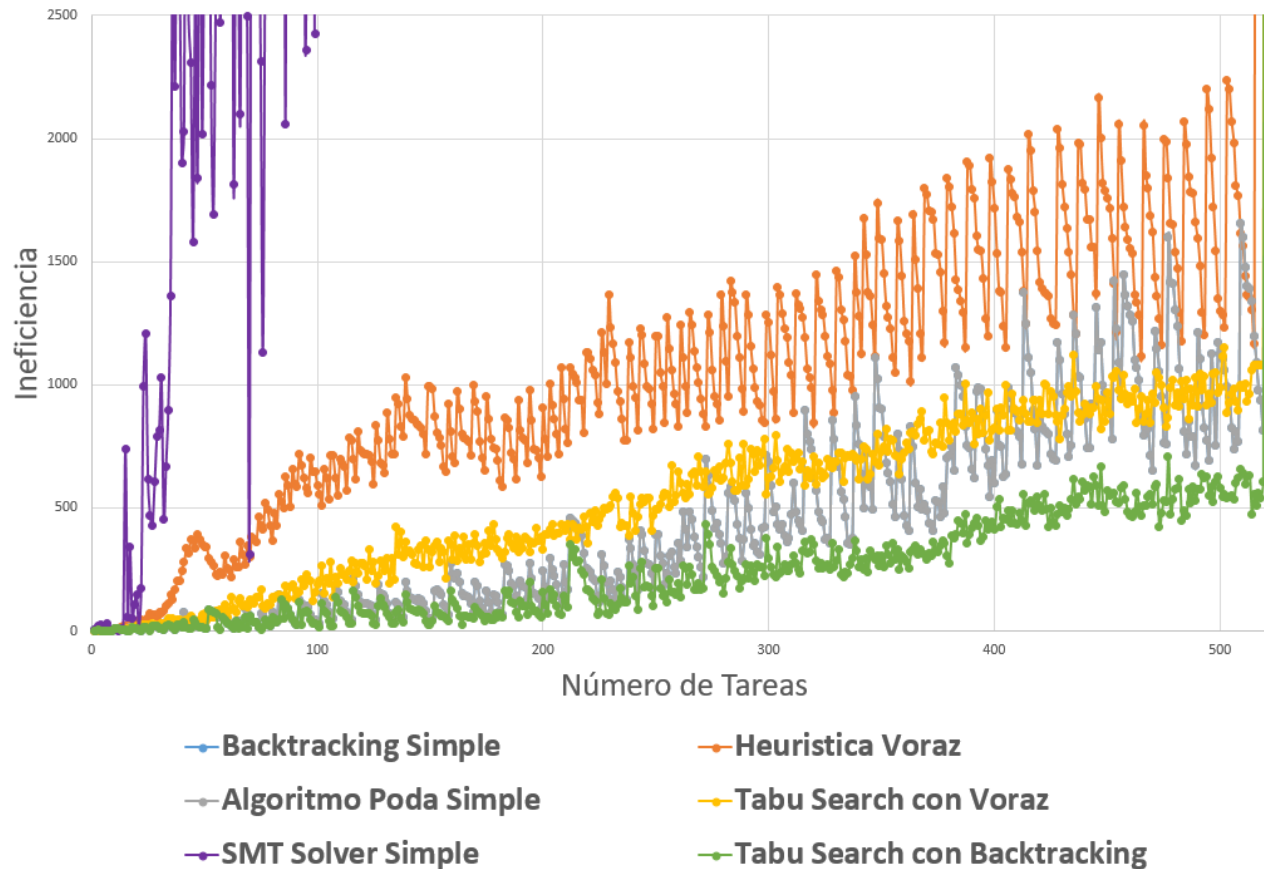
Pruebas

4. Tabu Search – Solución Inicial (Tiempo)



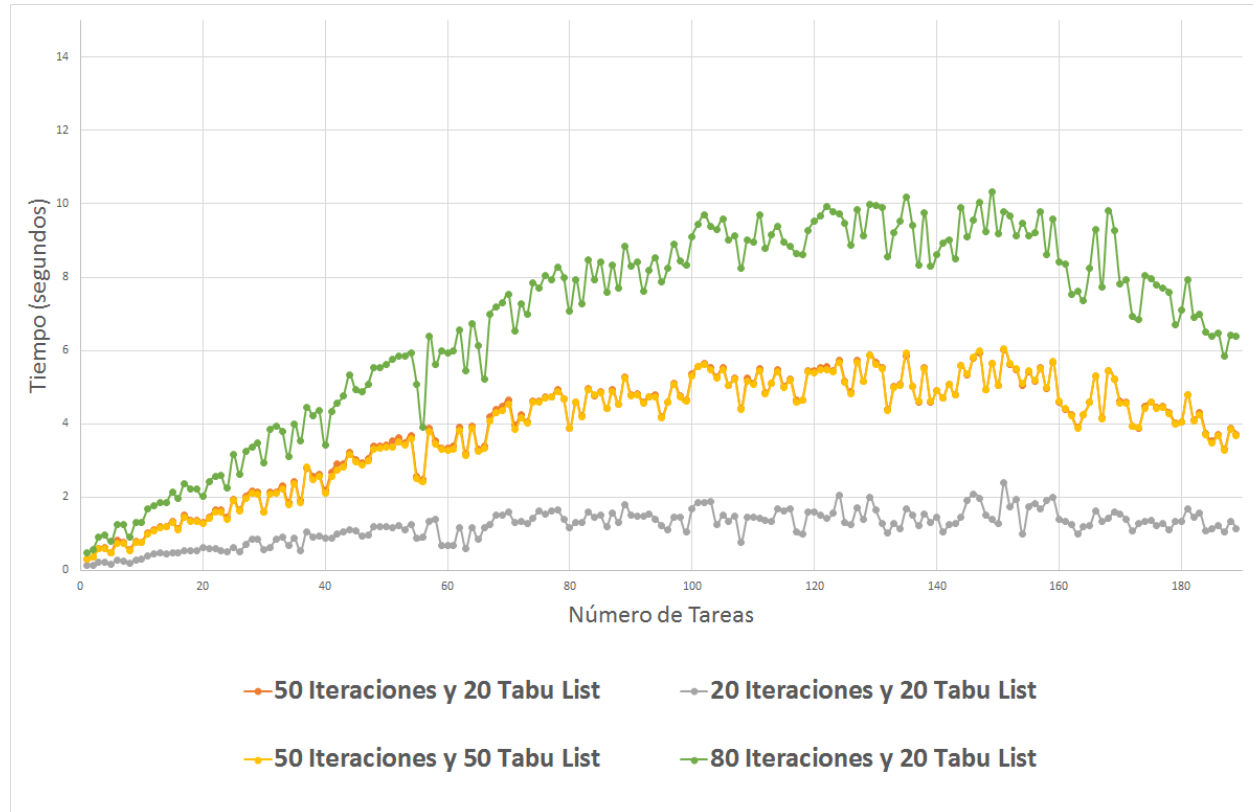
Pruebas

4. Tabu Search – Solución Inicial (Ineficiencia)



Pruebas

5. Tabu Search – Iteraciones y Tamaño Lista Tabú (Tiempo)



Pruebas

5. Tabu Search – Iteraciones y Tamaño Lista Tabú (Ineficiencia)

