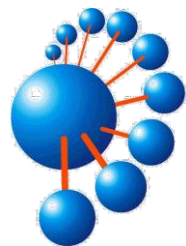
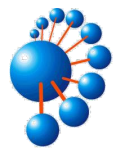


Inteligencia Artificial

Métodos de búsqueda informada

Profesor: Julio Godoy
Ayudante: Felipe Cerda
DIICC





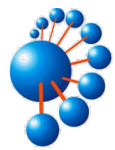
BÚSQUEDA INFORMADA (HEURÍSTICA)

- Se basa en una función de evaluación f que da una indicación acerca del mejor nodo a ser expandido
 - familia de métodos de búsqueda con diversas f
 - estimación de la distancia al objetivo : *heurística* $h(n)$
 - $h(n)$ = costo estimado del 'mejor' camino desde el nodo actual hasta la meta
- El nodo con el valor más bajo se expande primero

función BEST-FIRST-SEARCH(*problem*, EVAL) returns *solution o fracaso*

Fila := función que entrega los nodos ordenados por EVAL

return GENERAL-SEARCH(*problem*, *Fila*)

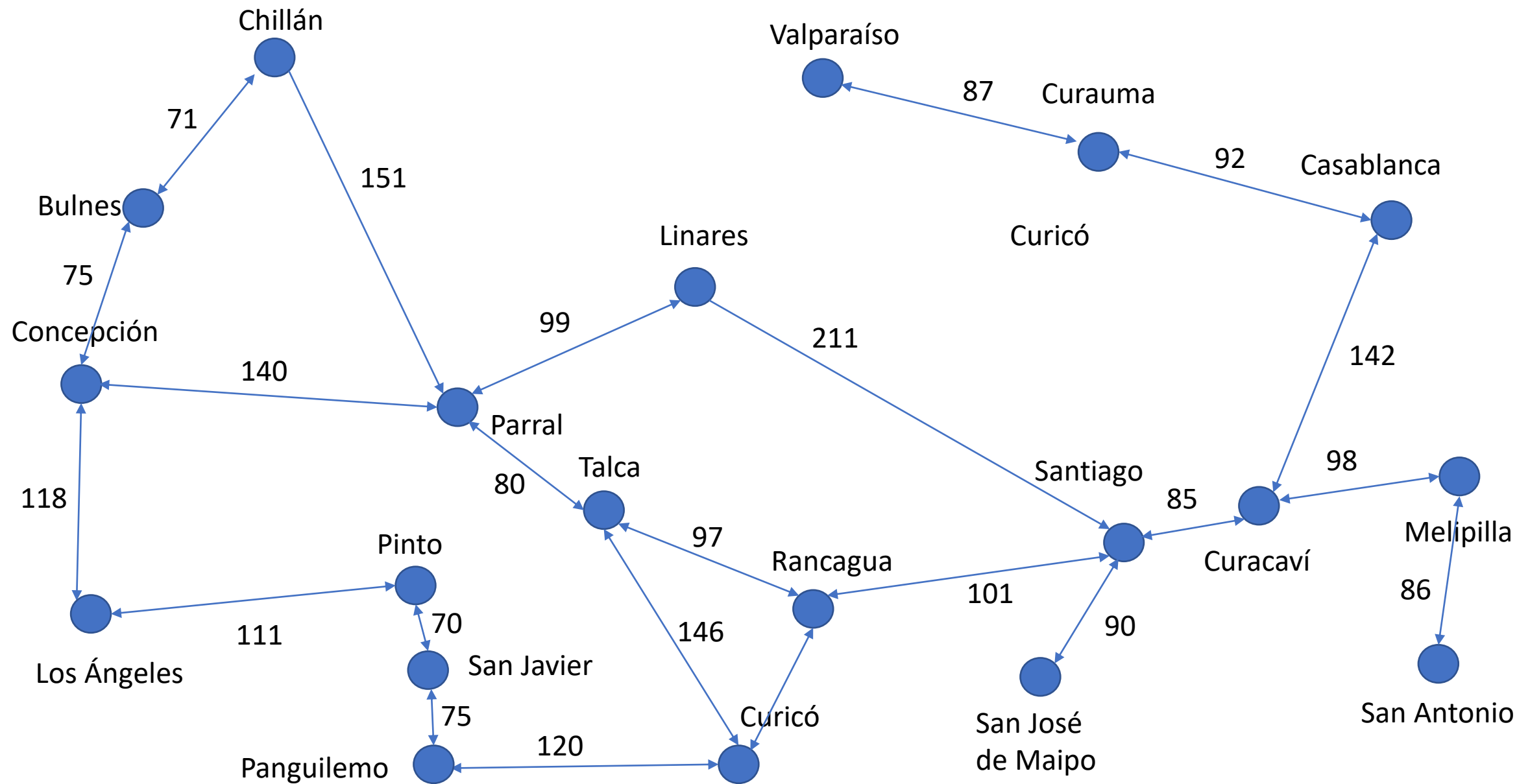


BÚSQUEDA GREEDY BEST FIRST SEARCH

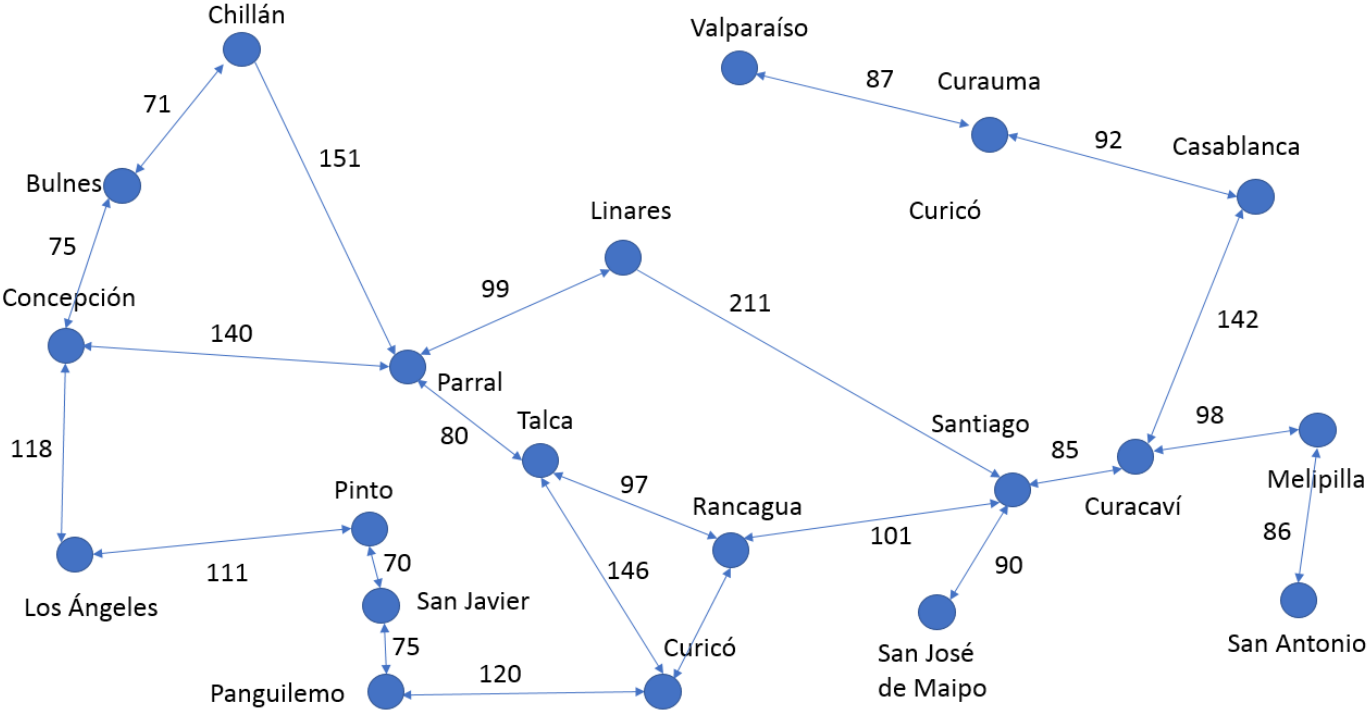
- Minimiza el costo estimado a un objetivo
 - expande el nodo que parece más cercano a la meta
 - utiliza una función heurística
 - $h(n)$ = costo estimado desde el nodo actual hasta la meta
 - las funciones heurísticas son propias de un problema específico
 - a menudo la distancia en línea recta para encontrar rutas y problemas similares
- a menudo mejor que búsqueda en profundidad, aunque las peores complejidades en tiempo son iguales o peores en espacio

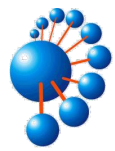
función GREEDY-SEARCH(*problema*) returns *solución o fracaso*

return BEST-FIRST-SEARCH(*problema*, *h*)



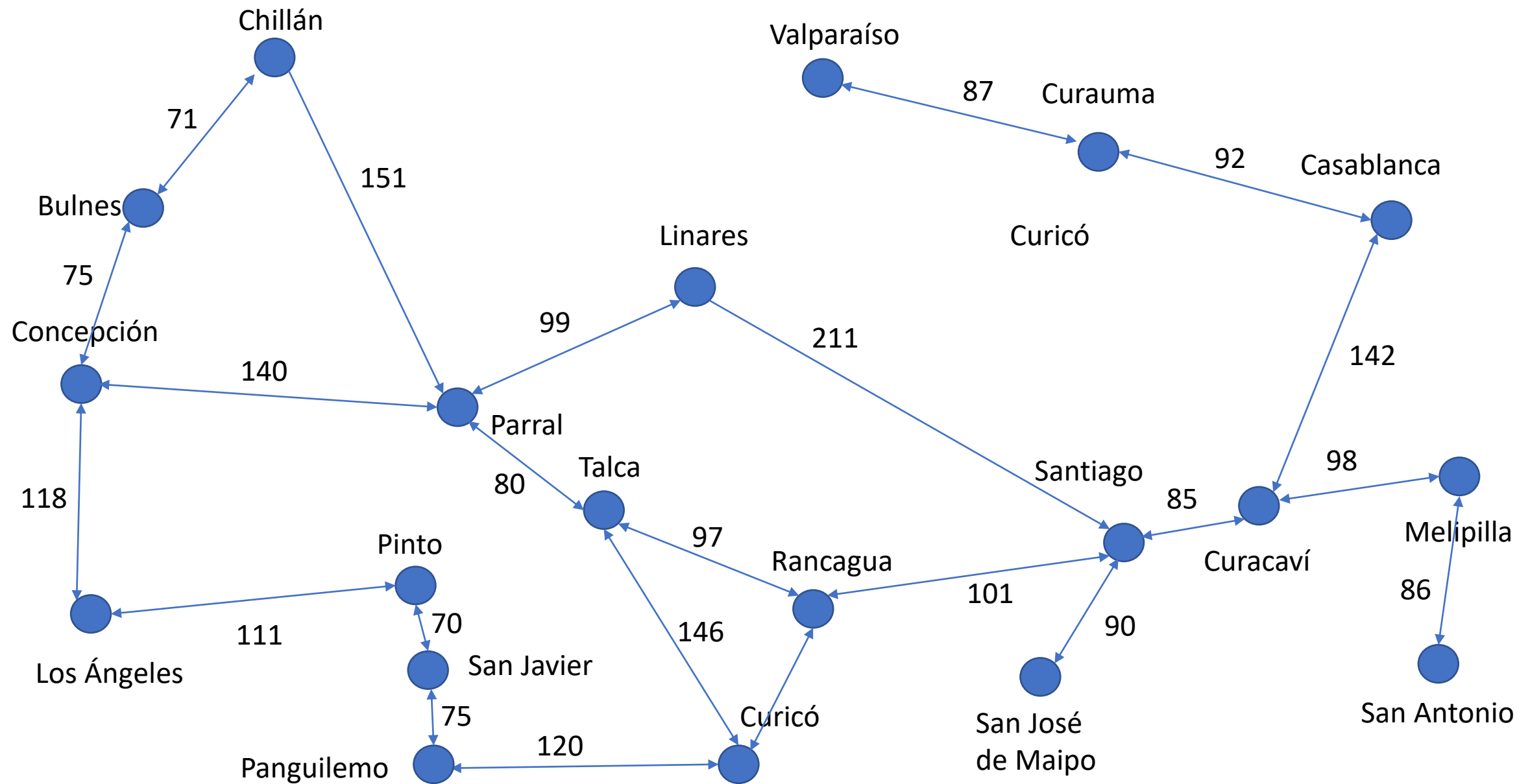
estado	$h(\text{estado})$
Concepción	450
Los Ángeles	520
Valparaíso	120
Parral	350
Bulnes	400
Linares	300
Chillán	380



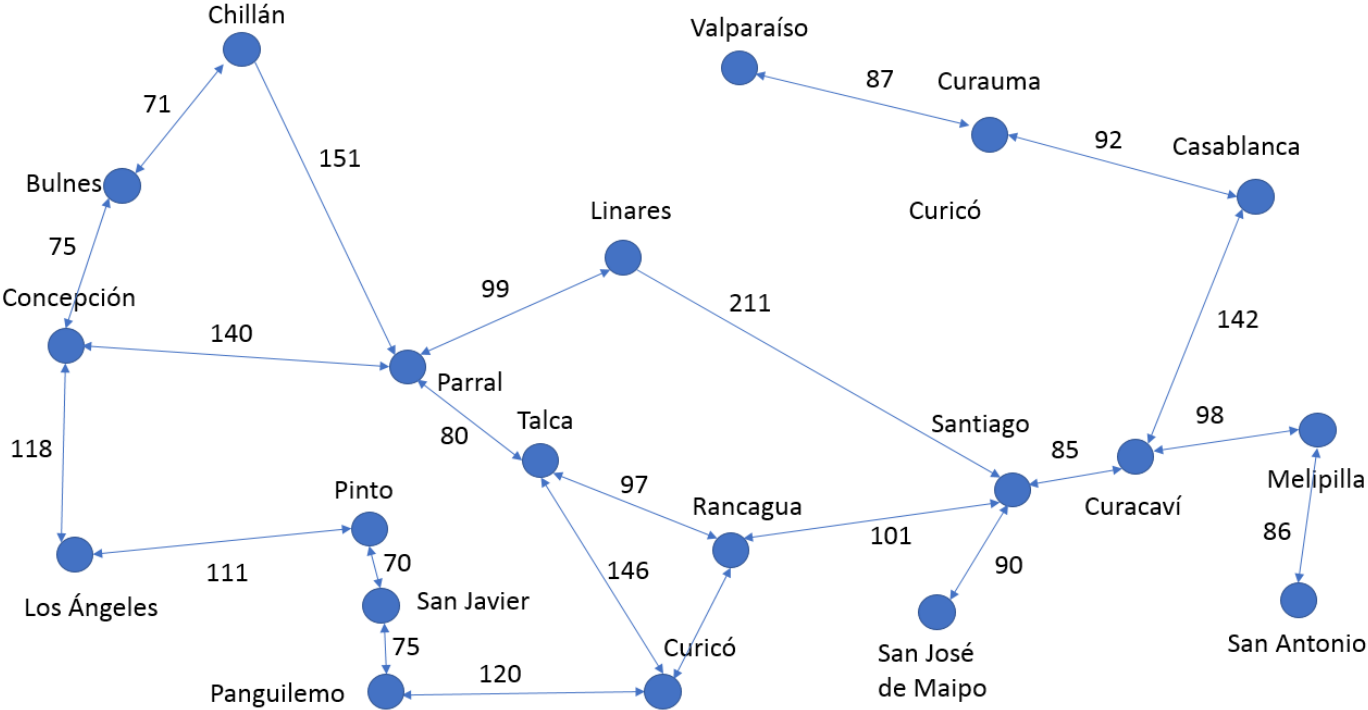


BÚSQUEDA A*

- Búsqueda A* (A “estrella”):
 - Decide a qué estado moverse en base a una función de evaluación f
 - $f(\text{estado}) = \text{costo para llegar al estado} + \text{costo aproximado del camino más corto hasta el objetivo (heurística)}$
 - $f(\text{estado}) = g(\text{estado}) + h(\text{estado})$
- El nodo que representa al estado con el valor más bajo se expande primero



estado	$h(\text{estado})$
Concepción	450
Los Ángeles	520
Valparaíso	120
Parral	350
Bulnes	400
Linares	300
....





Concepción



Concepción

$f(\text{Concepción}) = \text{costo en llegar a Concepción} + \text{valor de heurística}$



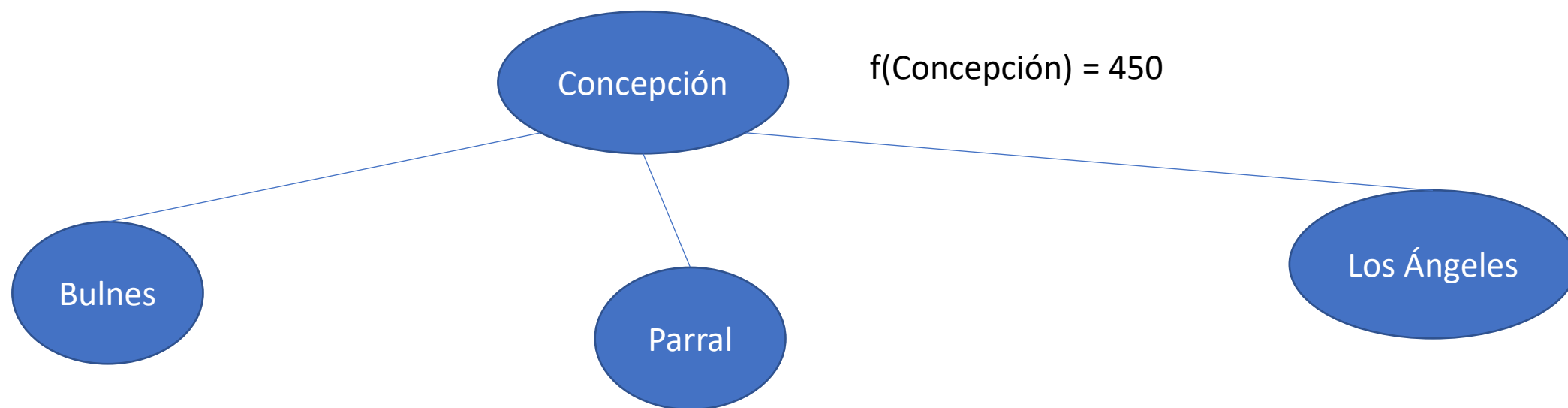
Concepción

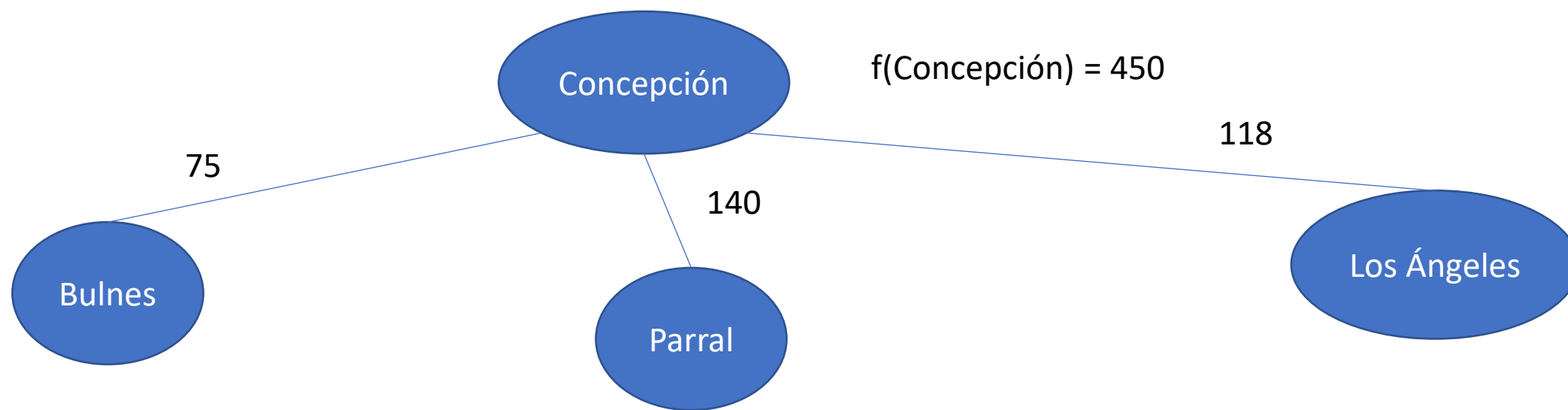
$f(\text{Concepción}) = 0 + \text{valor de heurística}$

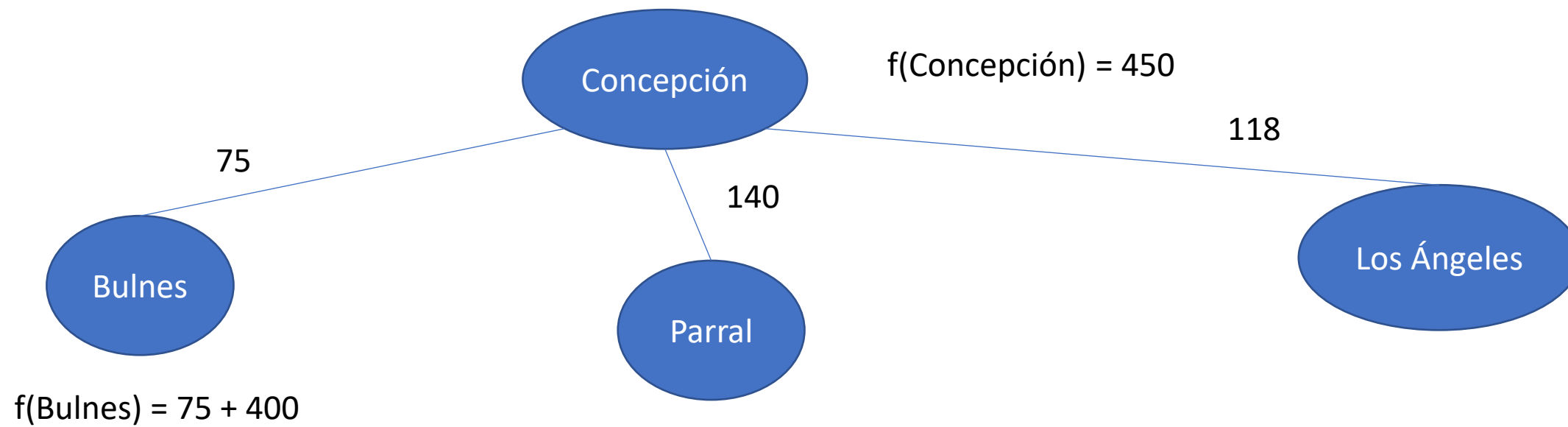


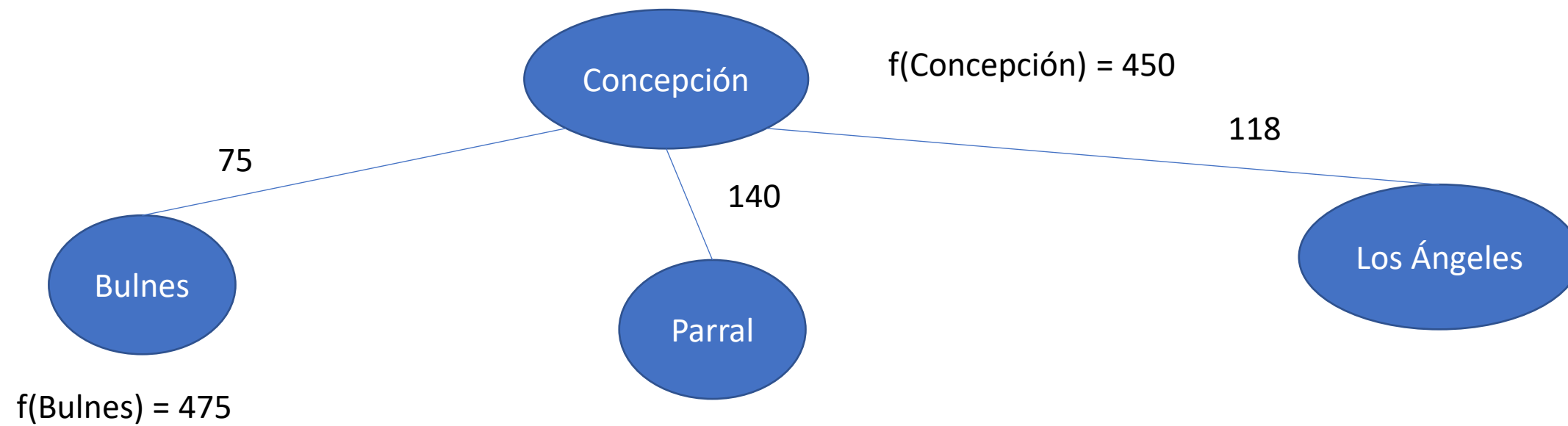
Concepción

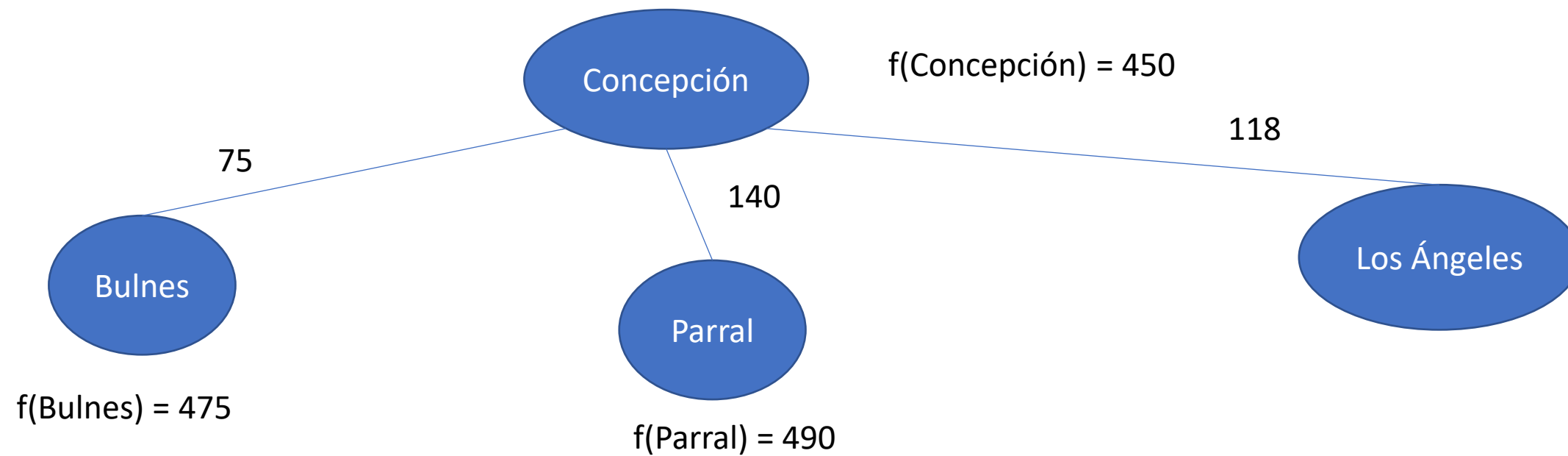
$$f(\text{Concepción}) = 0 + 450 = 450$$

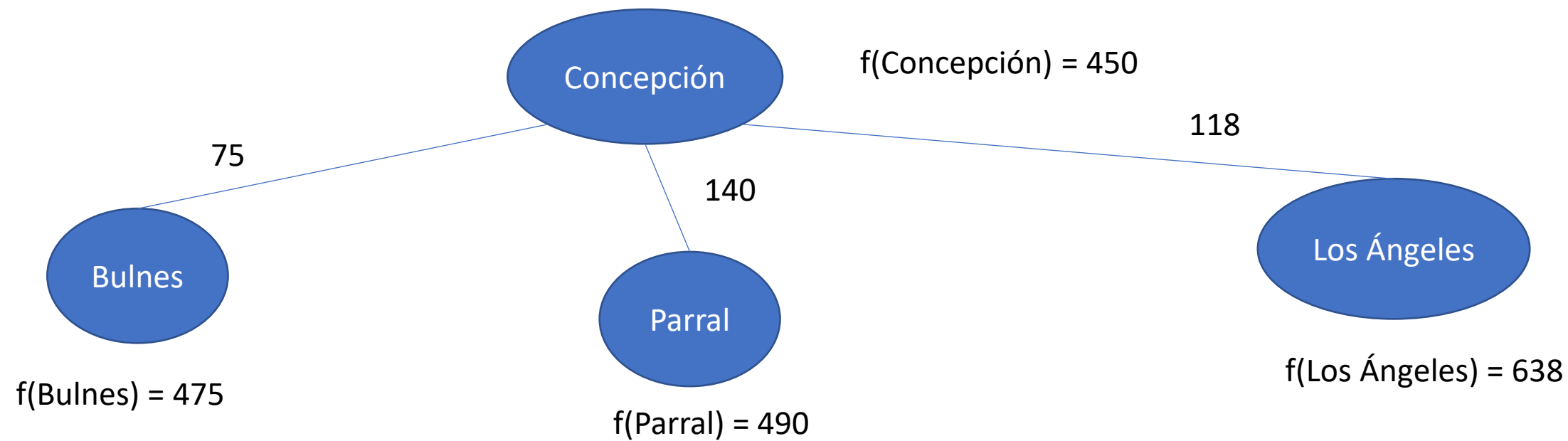


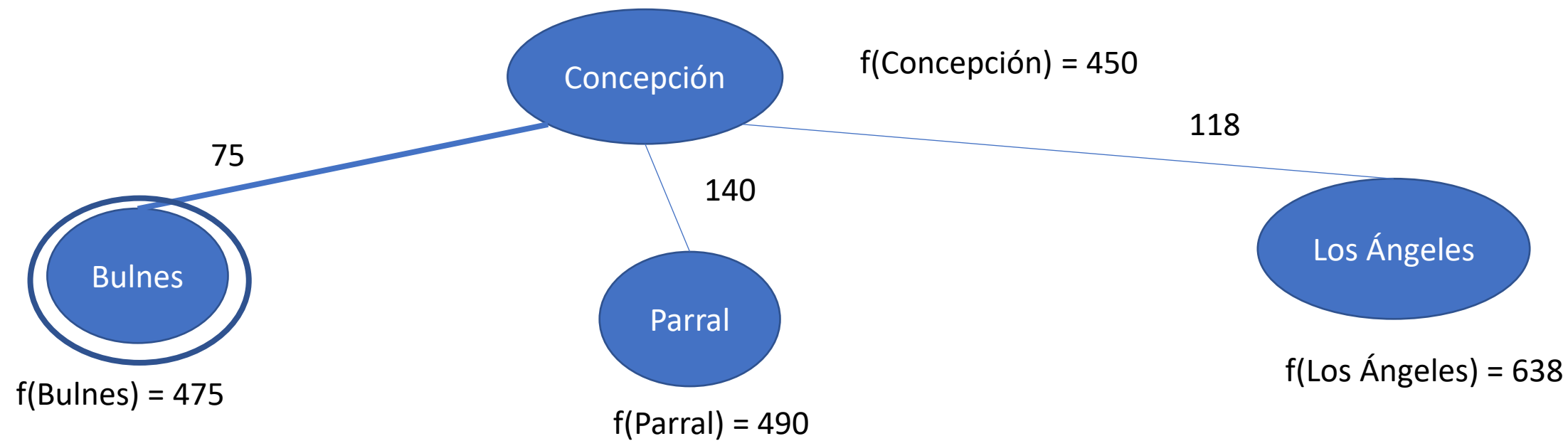


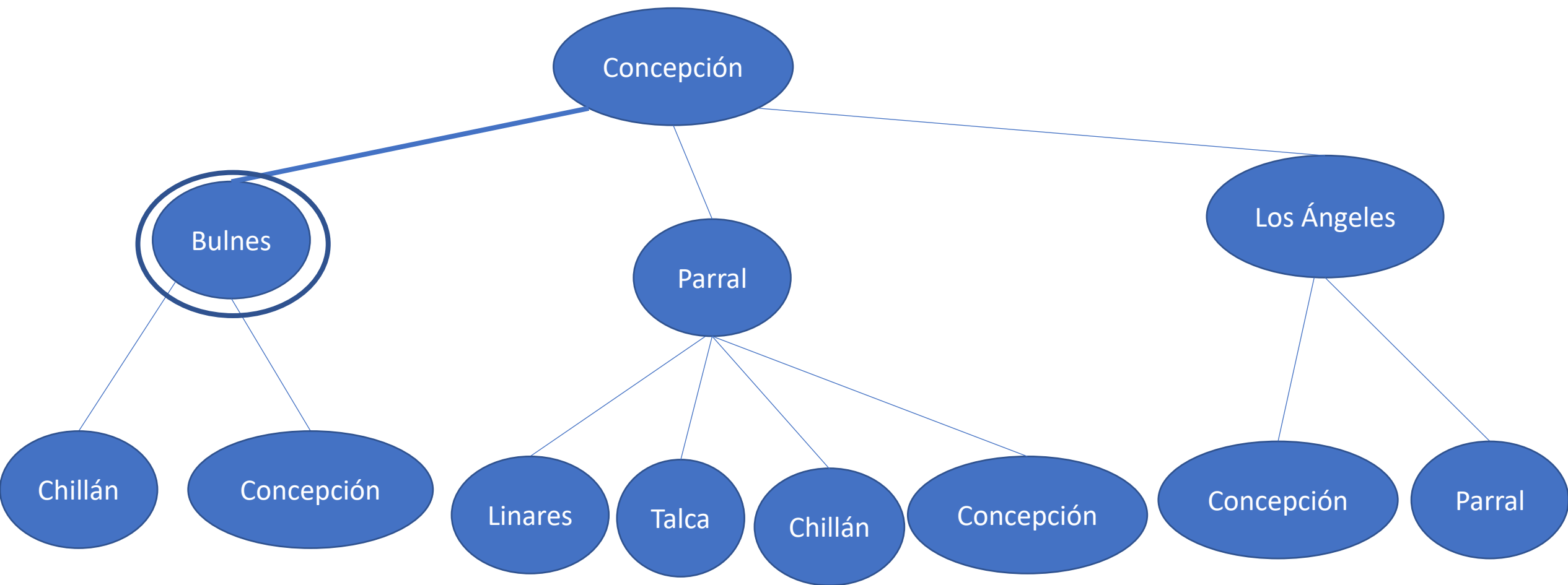


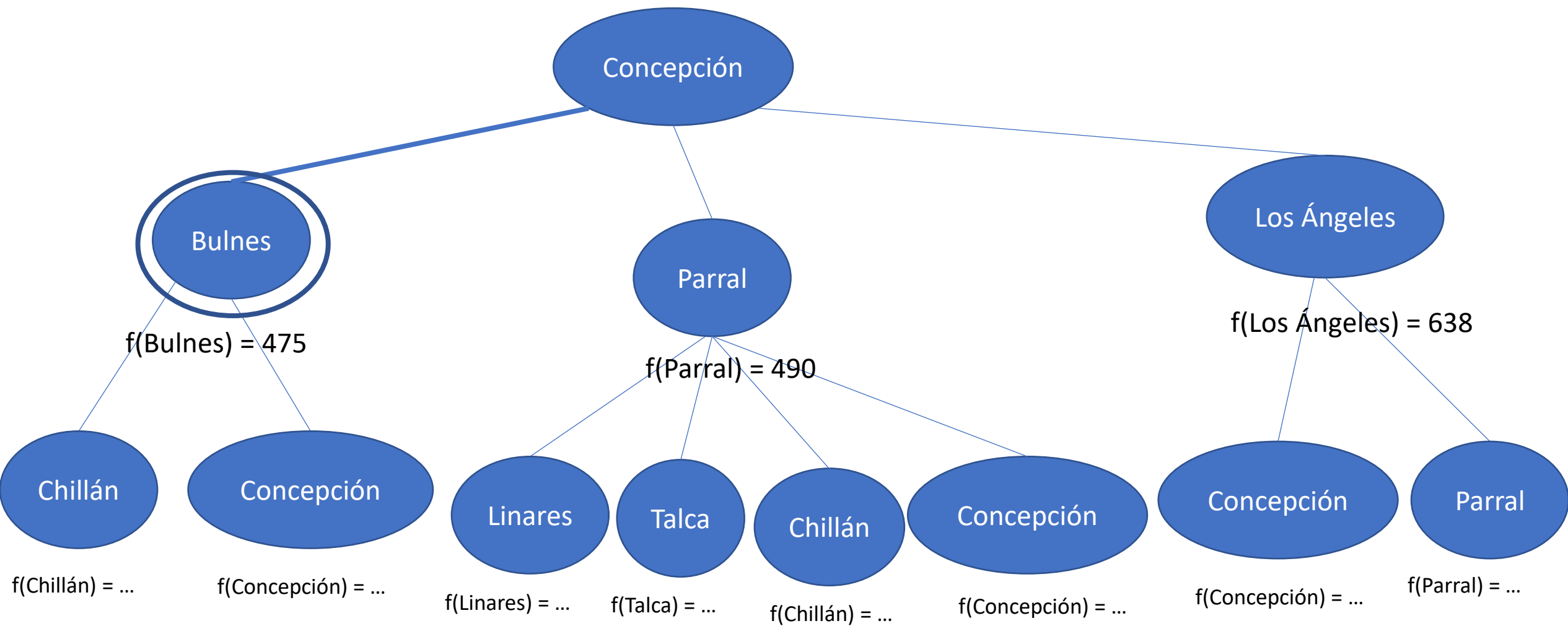


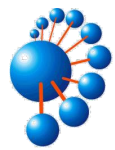






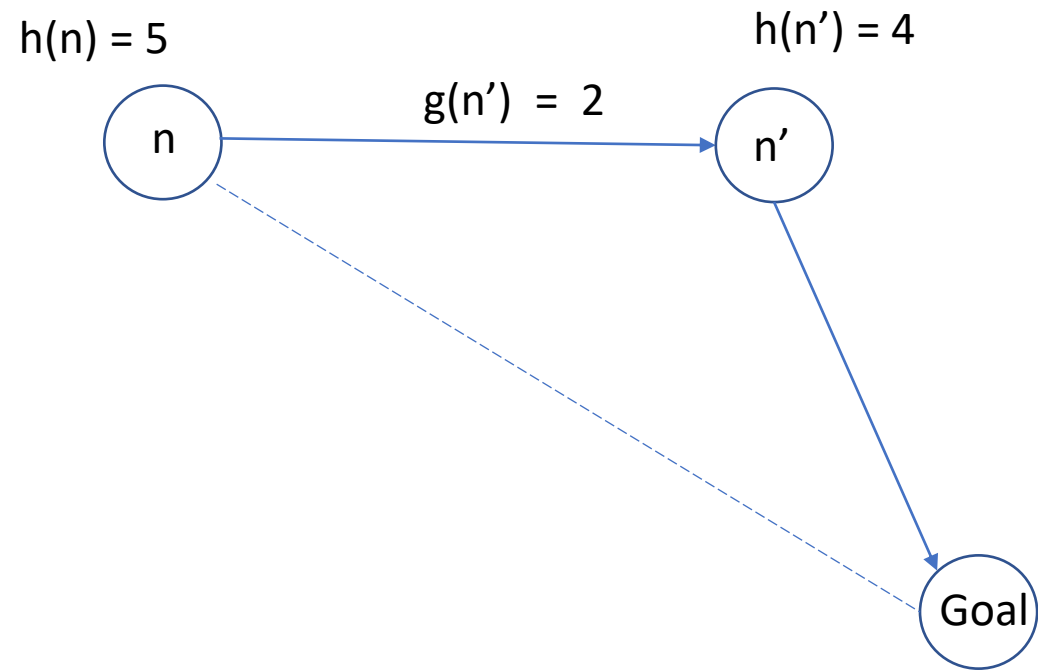




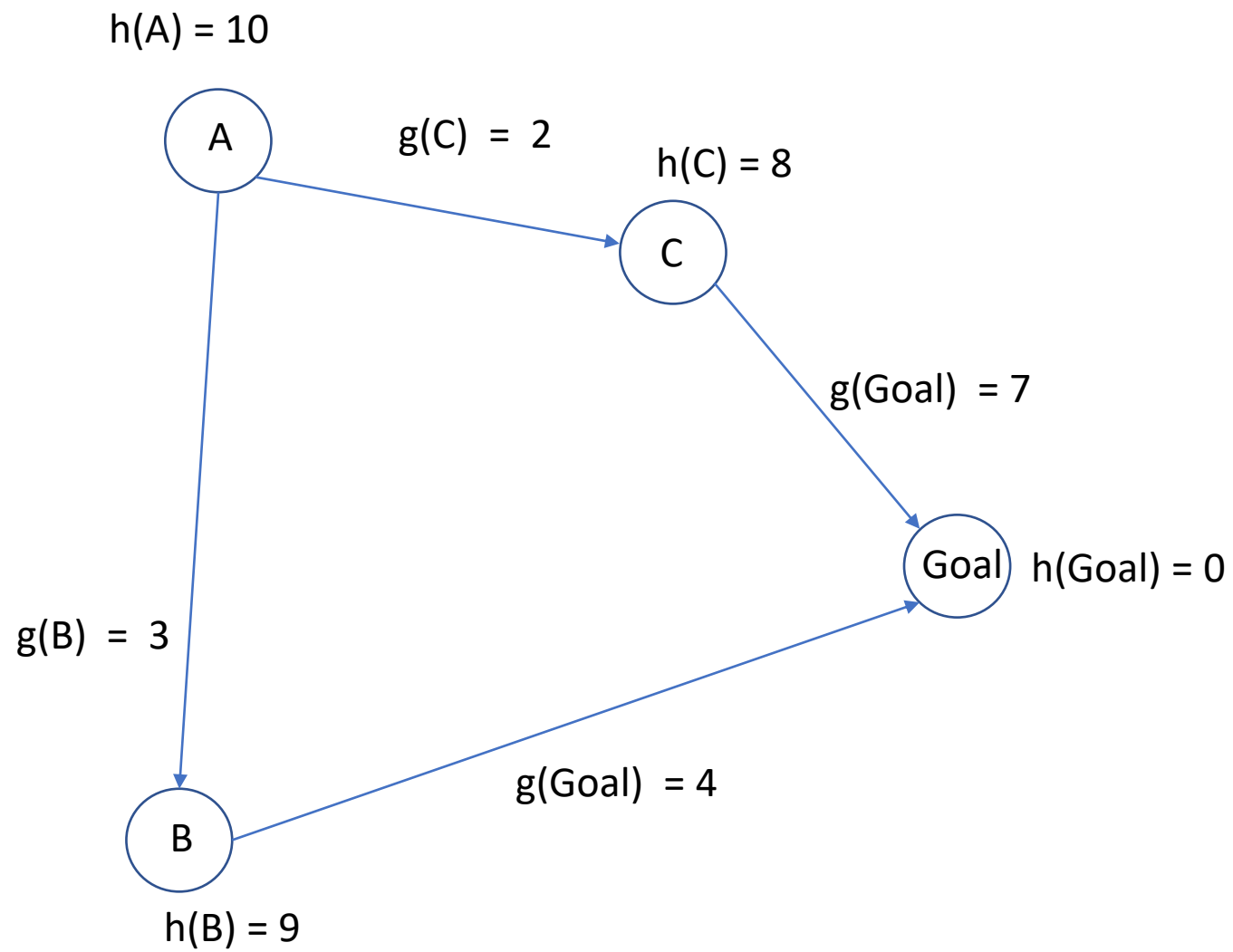


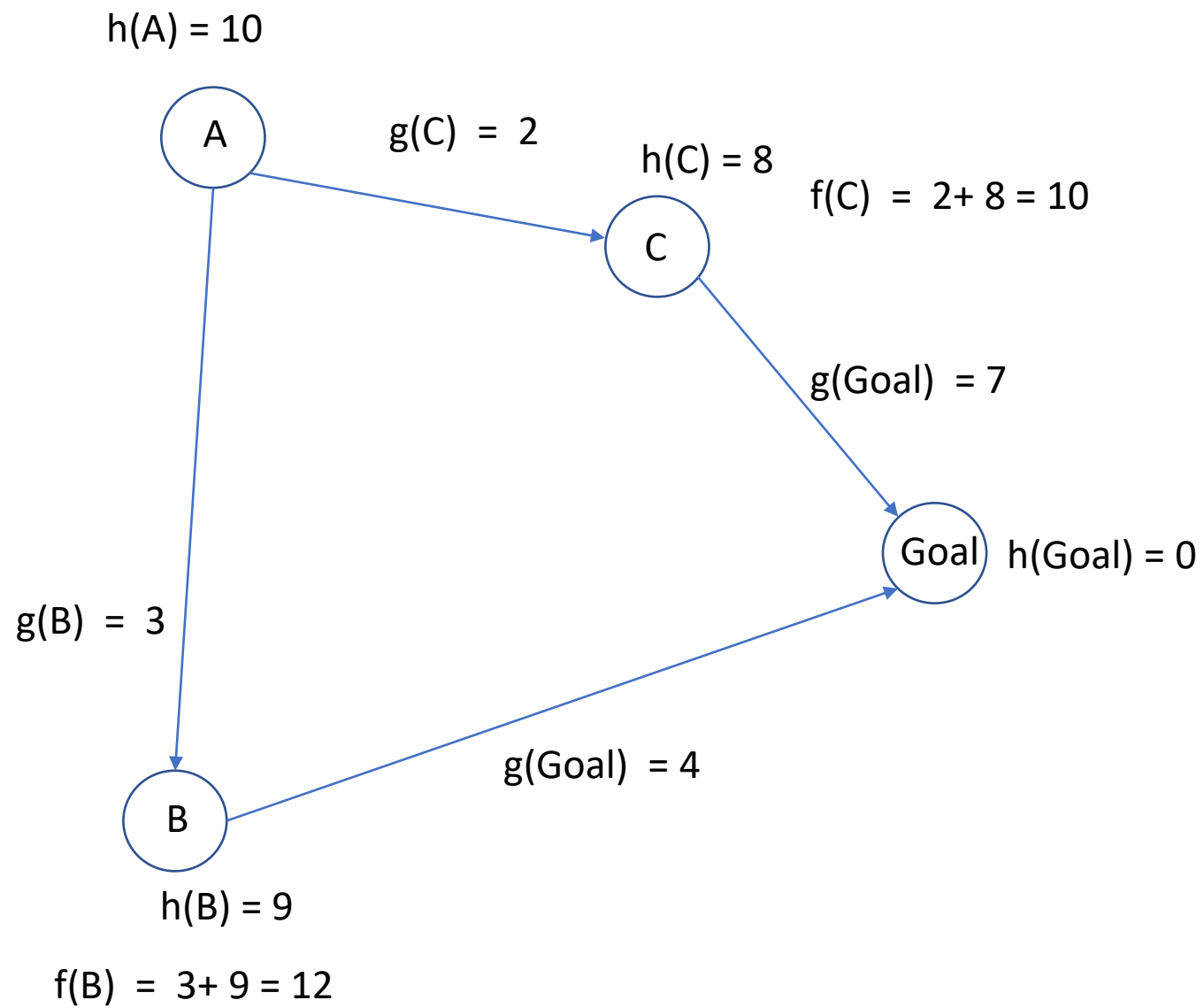
PROPIEDADES DE LAS HEURÍSTICAS

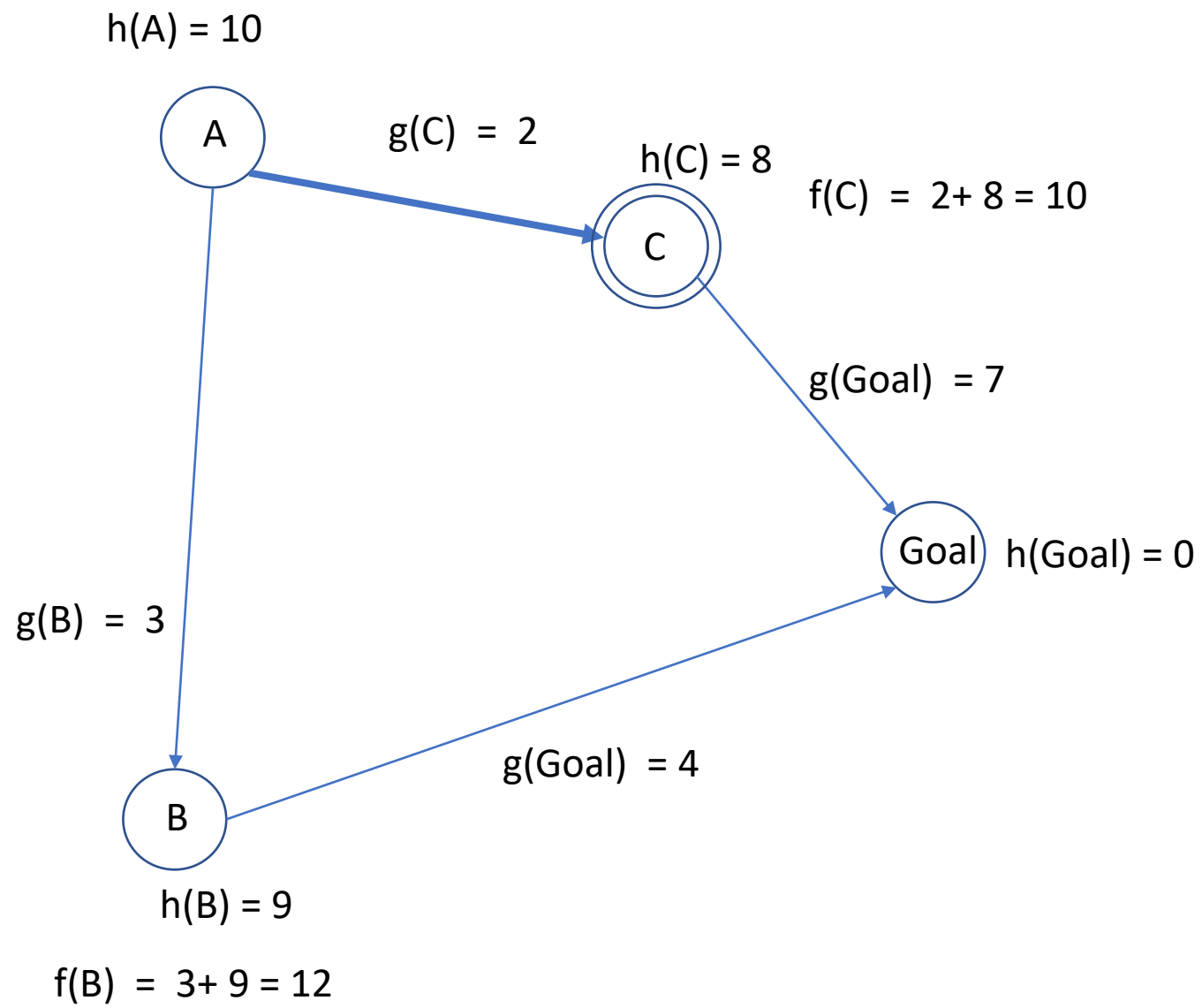
- Por definición, la heurística es una estimación del menor costo al objetivo, a partir de algún nodo n
 - Esta estimación puede ser buena (menor o igual al costo real) o mala (mayor al costo real)
- **Admisibilidad:** para cada nodo n , heurística sub-estima (o es idéntica) al costo real
 - Condición necesaria para optimalidad de A^* en un árbol de búsqueda
- **Consistencia:** Para cada nodo n' sucesor de n (generado por alguna acción a), el costo estimado de llegar al objetivo a partir de n no es mayor que el costo de llegar a n' más el costo de llegar al objetivo desde n' :
 - $h(n) \leq c(n, a, n') + h(n')$

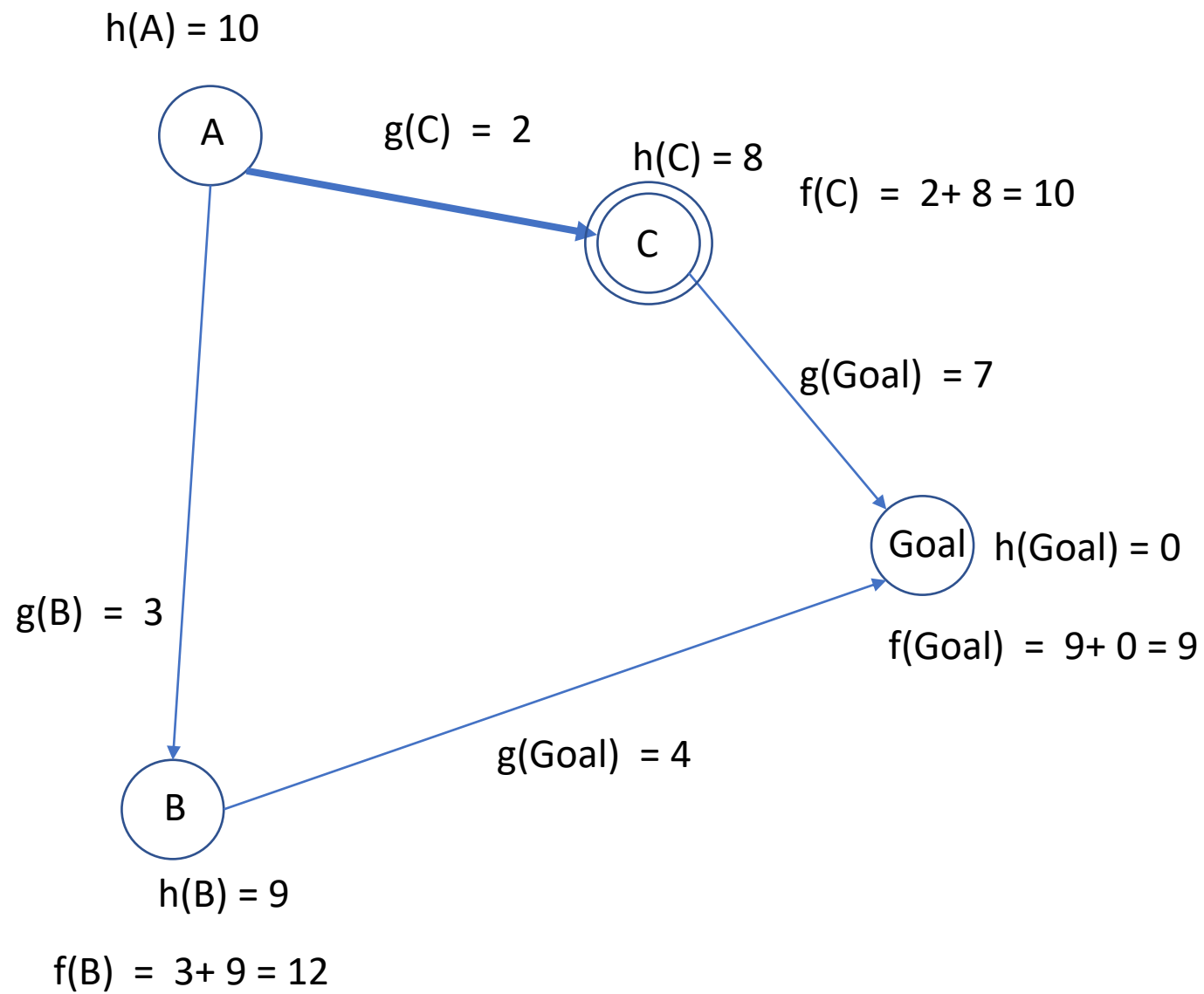


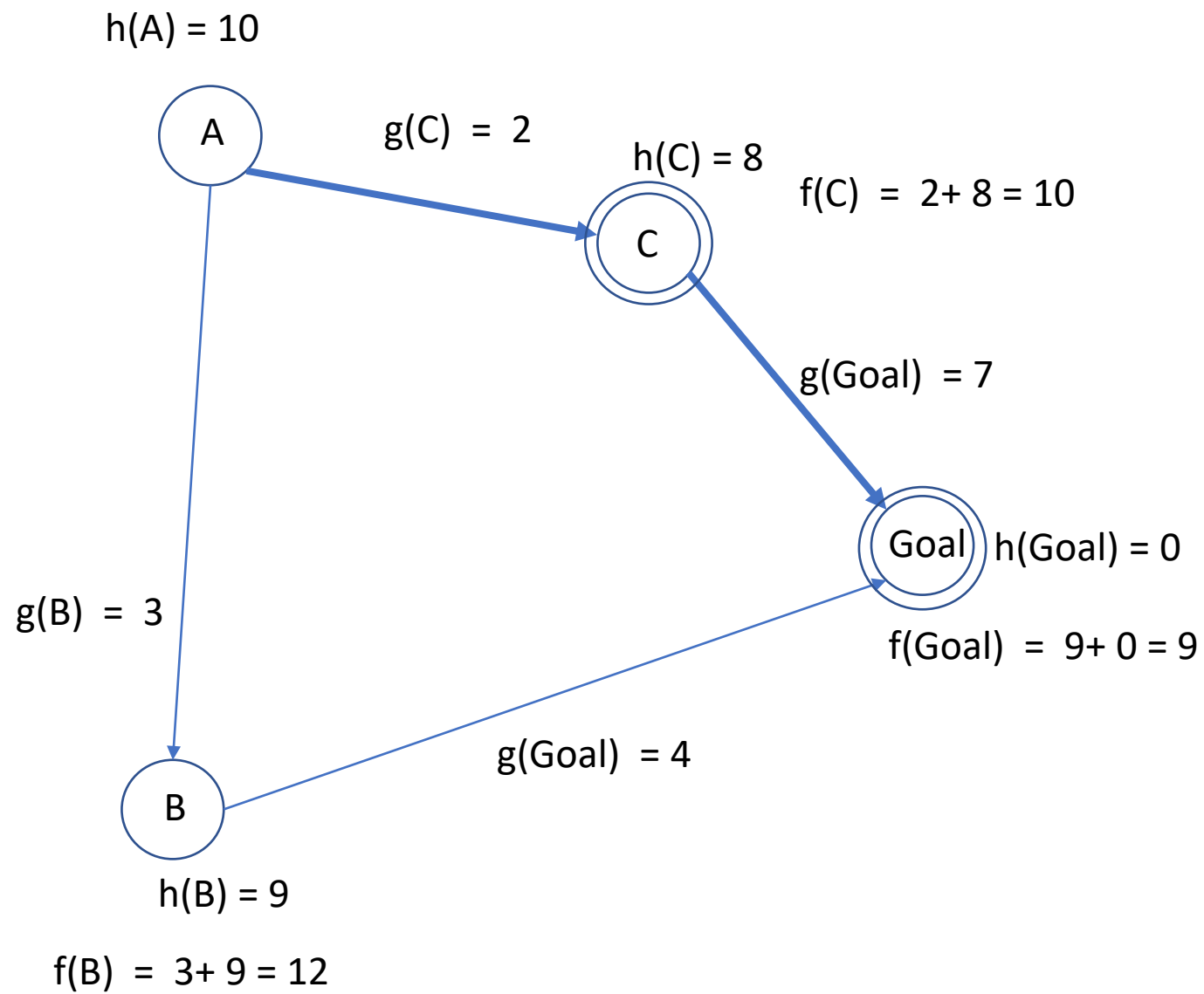
$$h(n) \leq c(n, a, n') + h(n')$$
$$5 \leq 2 + 4$$

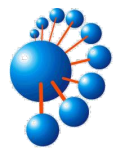






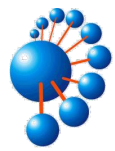




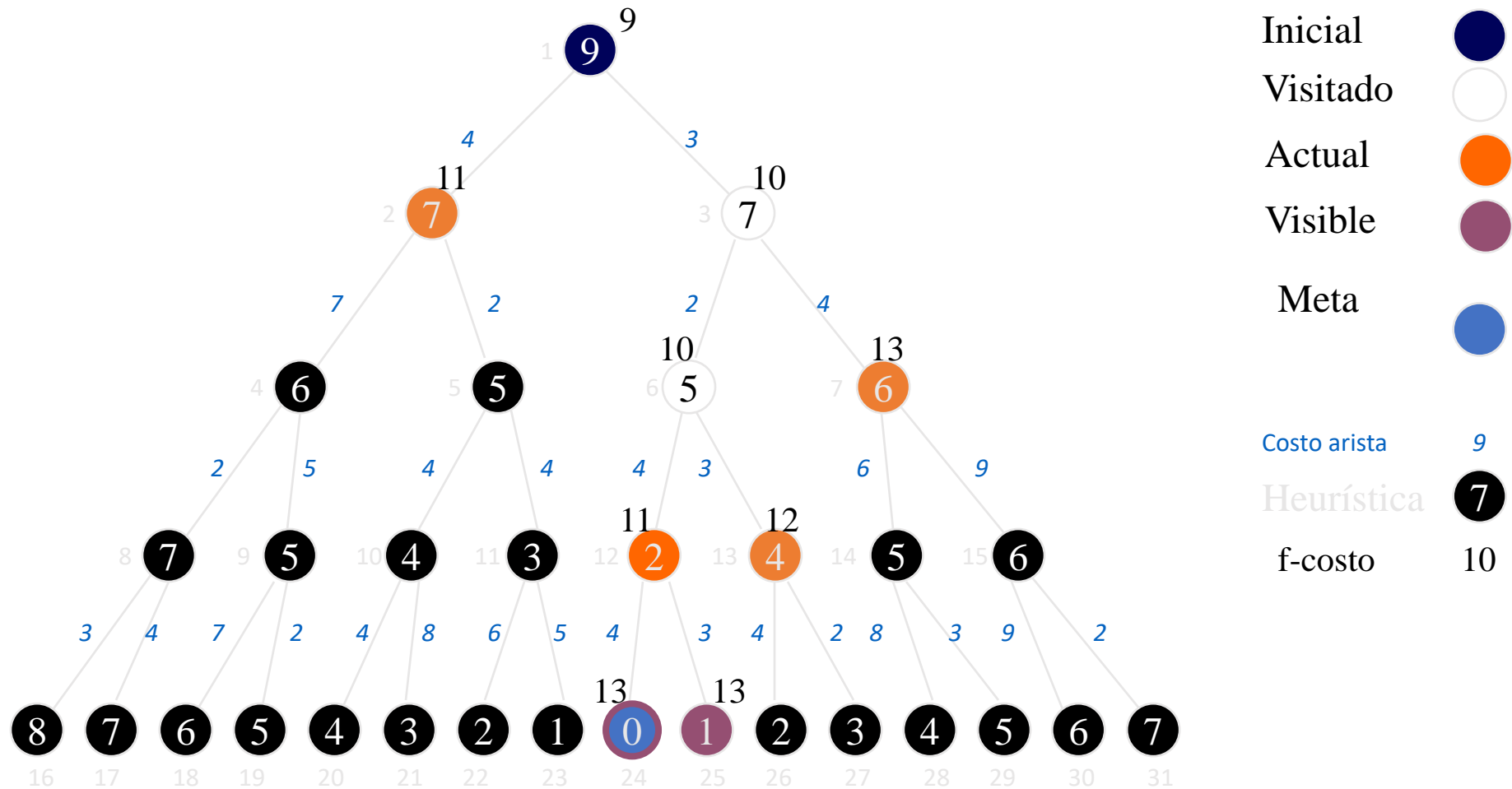


PROPIEDADES DE A^*

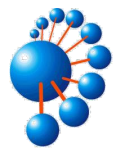
- El valor de f nunca disminuye a lo largo del camino desde el nodo inicial
 - también se conoce como ***monotonidad*** de la función
 - casi todas las heurísticas admisibles muestran monotonidad
 - las que no, pueden ser modificadas sin mucho esfuerzo
- esta propiedad puede ser usada para generar contornos
 - regiones donde el f-costo está bajo un cierto umbral
 - con costo uniforme ($h = 0$), los contornos son circulares
 - a mejor heurística h , más preciso es el contorno en torno al camino óptimo



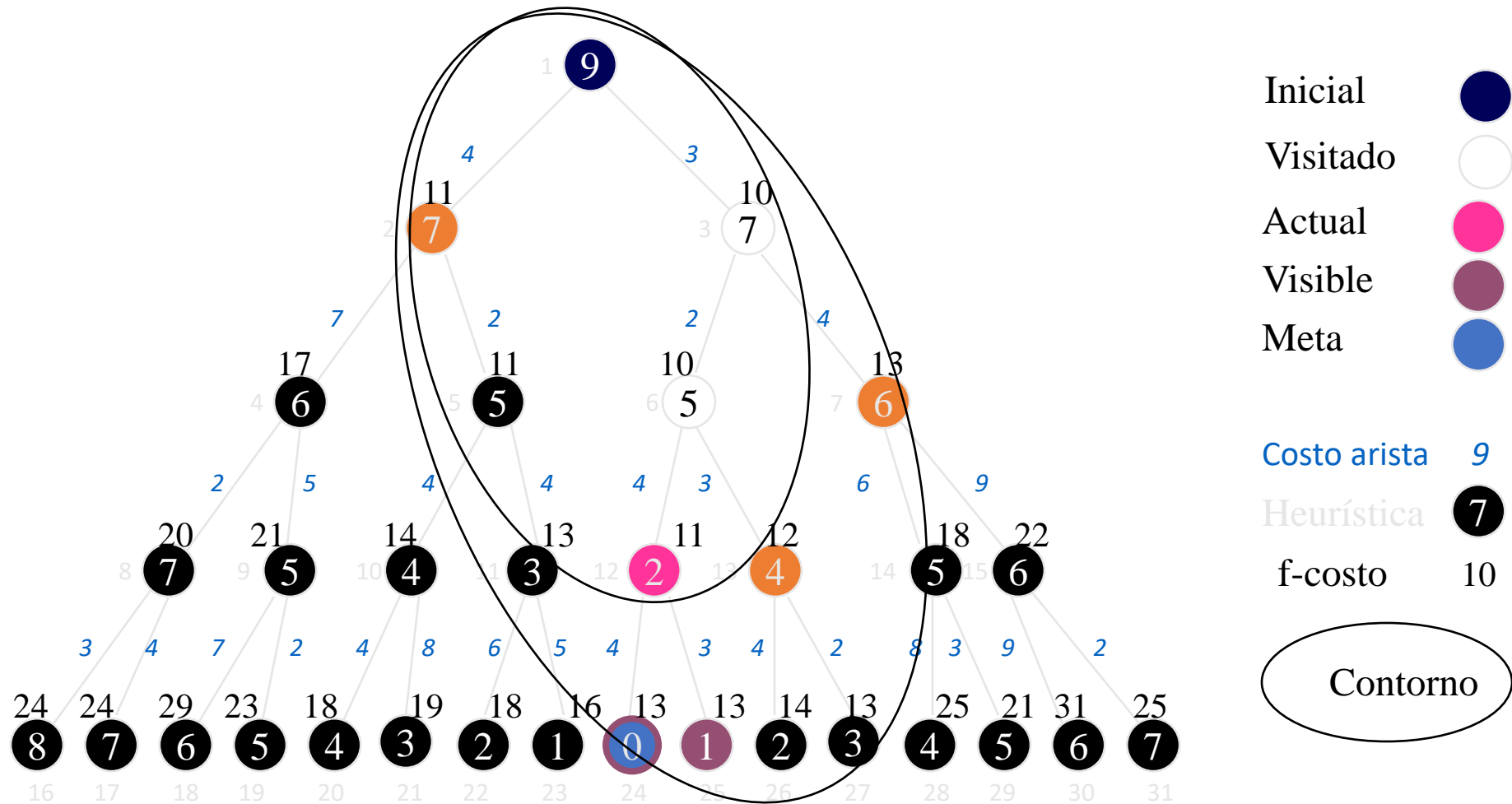
INSTANTÁNEA DE A*

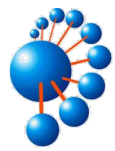


nodos: [2(4+7), 7(3+4+6), 13(3+2+3+4)]



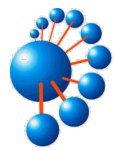
INSTANTÁNEA DE A* CON CONTORNOS





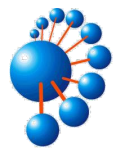
OPTIMALIDAD DE A^*

- A^* encontrará la solución optimal
 - la primera solución encontrada es la optimal
- A^* es optimalmente eficiente
 - no hay otro algoritmo que garantice la expansión de menos nodos que A^*



COMPLEJIDAD DE A^*

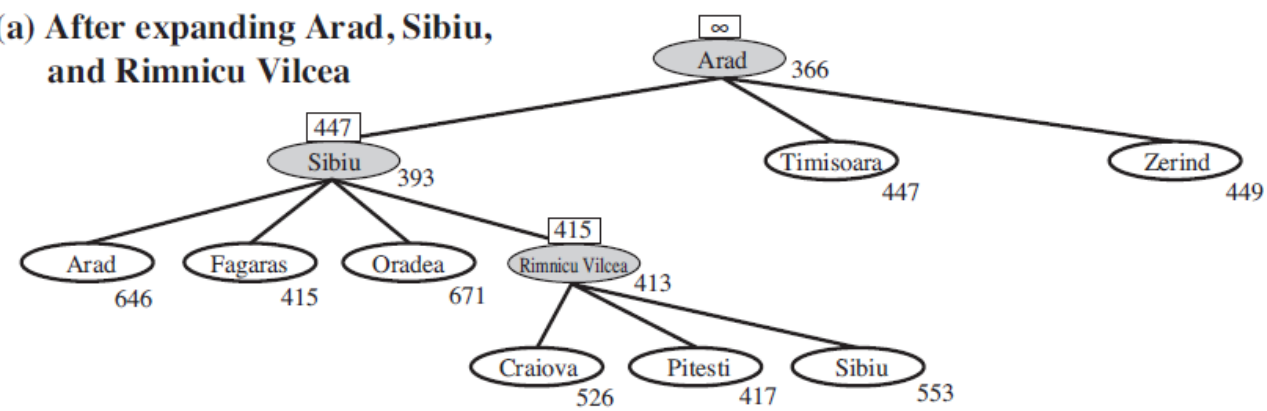
- El número de nodos dentro del espacio de búsqueda todavía es exponencial
 - con respecto a la longitud de la solución
 - mejor que otros algoritmos, pero todavía problemático
- con frecuencia, la complejidad espacial es más severa que la complejidad temporal
 - A^* guarda todos los nodos generados en memoria



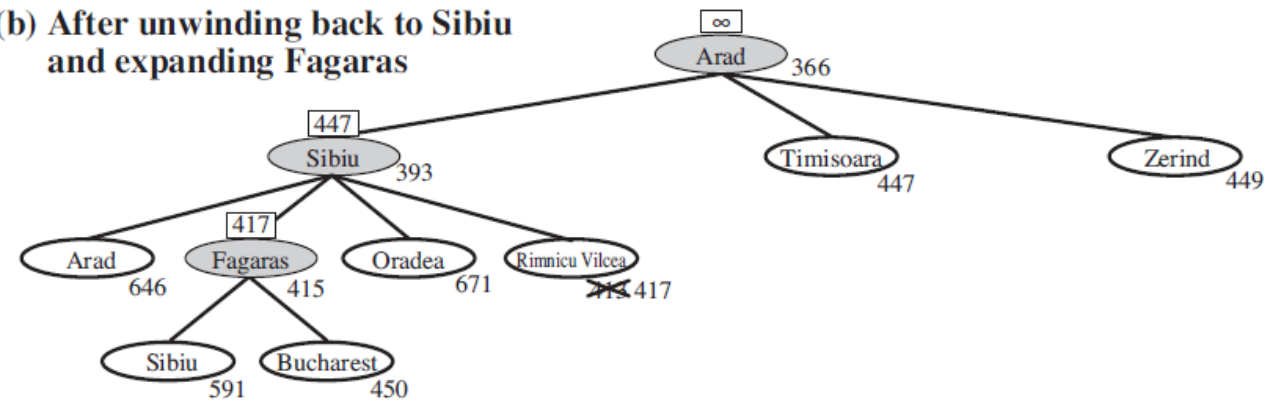
BÚSQUEDA CON MEMORIA ACOTADA

- Algoritmos de búsqueda que tratan de ahorrar memoria
- La mayoría son variaciones de A^*
 - profundización iterativa de A^* (IDA*)
 - Búsqueda best first recursiva (RBFS)
 - memoria acotada simplificada A^* (SMA*)

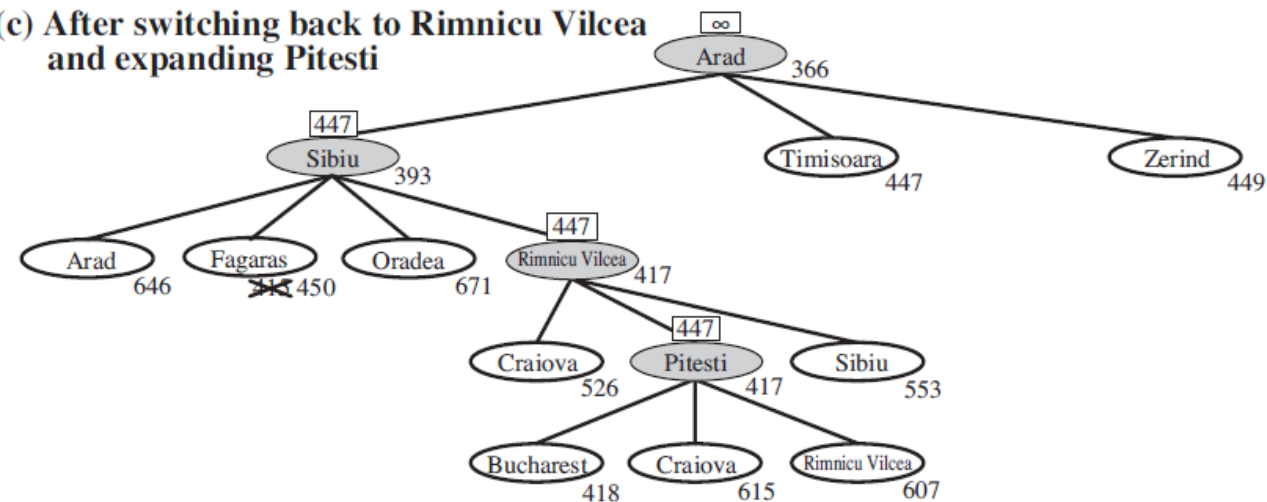
(a) After expanding Arad, Sibiu, and Rimnicu Vilcea

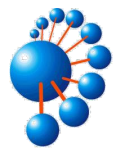


(b) After unwinding back to Sibiu and expanding Fagaras



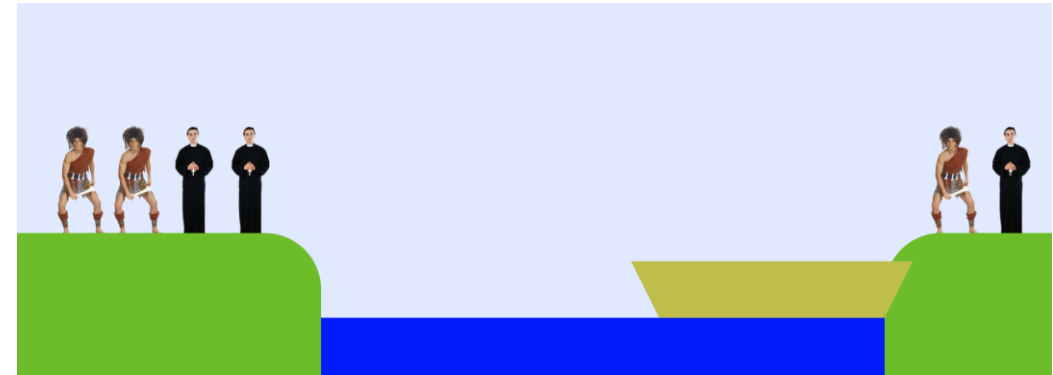
(c) After switching back to Rimnicu Vilcea and expanding Pitesti



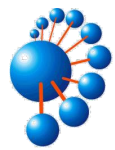


HEURÍSTICAS DE BÚSQUEDA

- Para muchas tareas, una buena heurística es la clave para encontrar una solución
 - Reduce el tamaño del espacio de búsqueda
 - Orienta la búsqueda hacia la meta
- Relajación de problemas
 - Menos restricciones a los operadores
 - Su solución exacta puede ser una buena heurística para el problema original

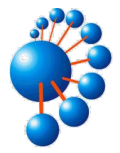


A^* and Heuristics
in 2 minutes



HEURÍSTICA PUZZLE-8

- **Nivel de dificultad**
 - alrededor de 20 pasos para una solución típica
 - factor de ramificación aproximadamente 3
 - búsqueda exhaustiva lleva a $3^{20} = 3.5 * 10^9$
 - $9! = 362,880$ diferentes configuraciones para las 9 piezas
- **candidatas a función heurística**
 - número de piezas fuera de lugar
 - suma de las distancias de las piezas a sus posiciones correctas
- **generación de heurísticas**
 - posible a partir de especificaciones formales

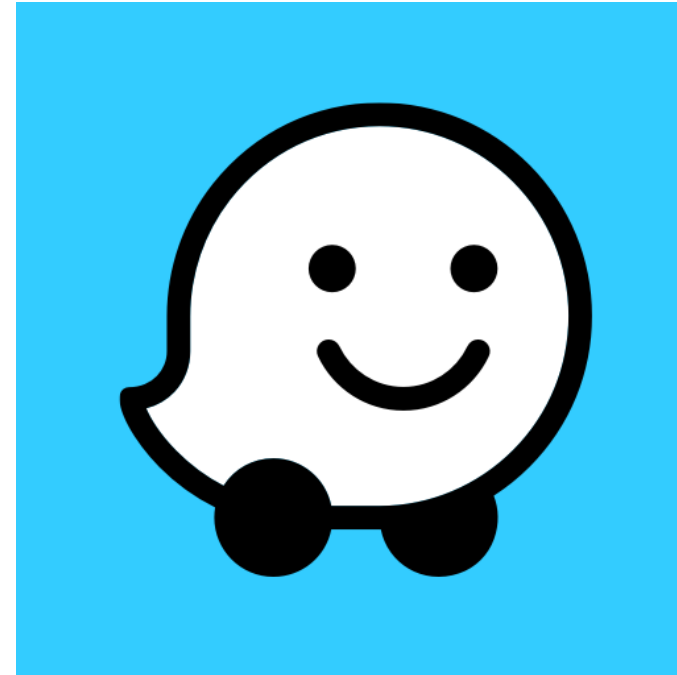


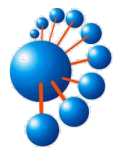
APLICACIONES DE BÚSQUEDA INFORMADA

- Asistentes de navegación



Google Maps





APLICACIONES DE BÚSQUEDA INFORMADA

motion planning for autonomous vehicles in 4D ($\langle x, y, \text{orientation}, \text{velocity} \rangle$)

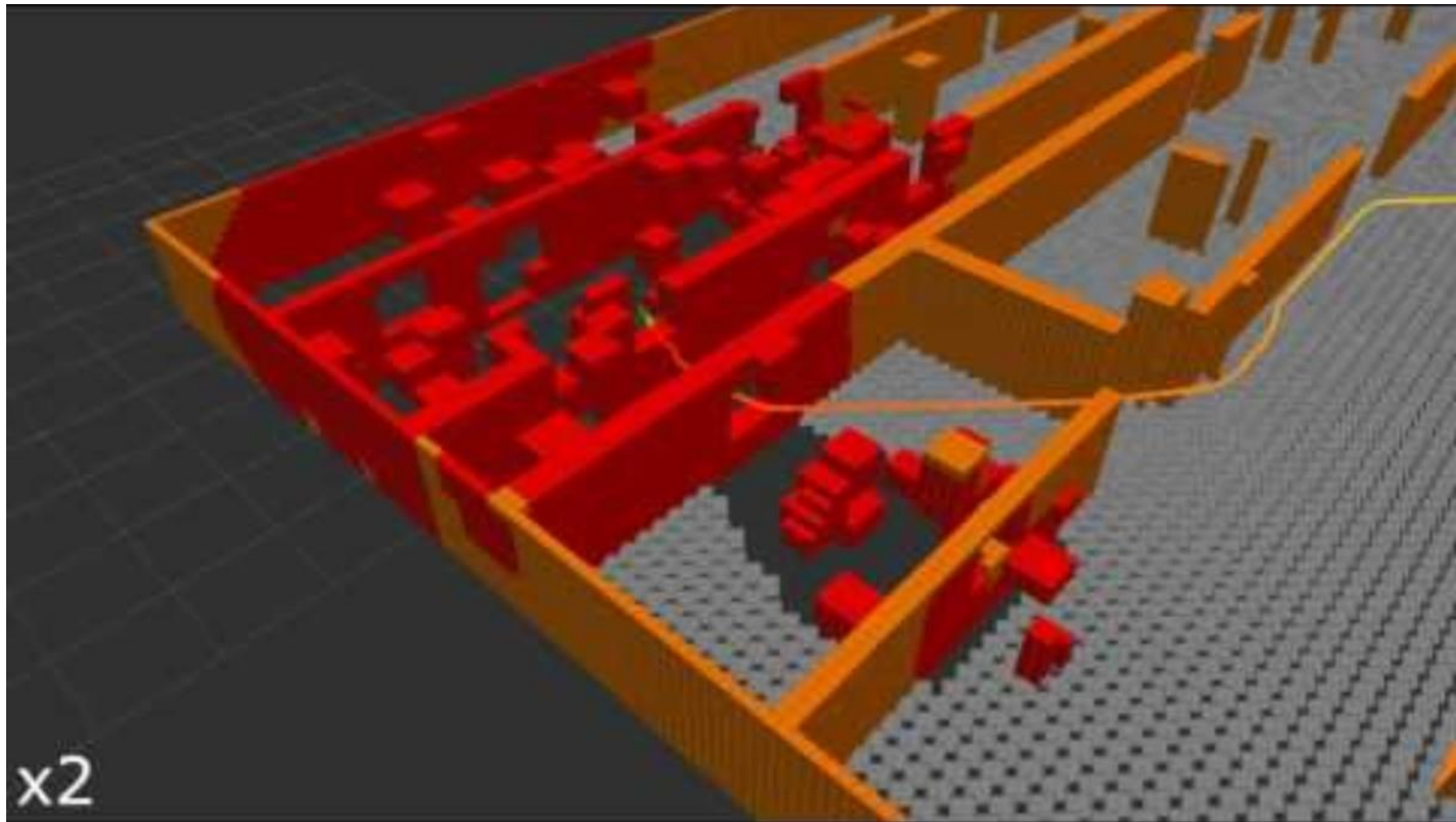
running Anytime Incremental A* (Anytime D*) on multi-resolution lattice

[Likhachev & Ferguson, IJRR'09]



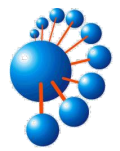
part of efforts by Tartanracing team from CMU for the Urban Challenge 2007 race

Profesor Julio Godoy



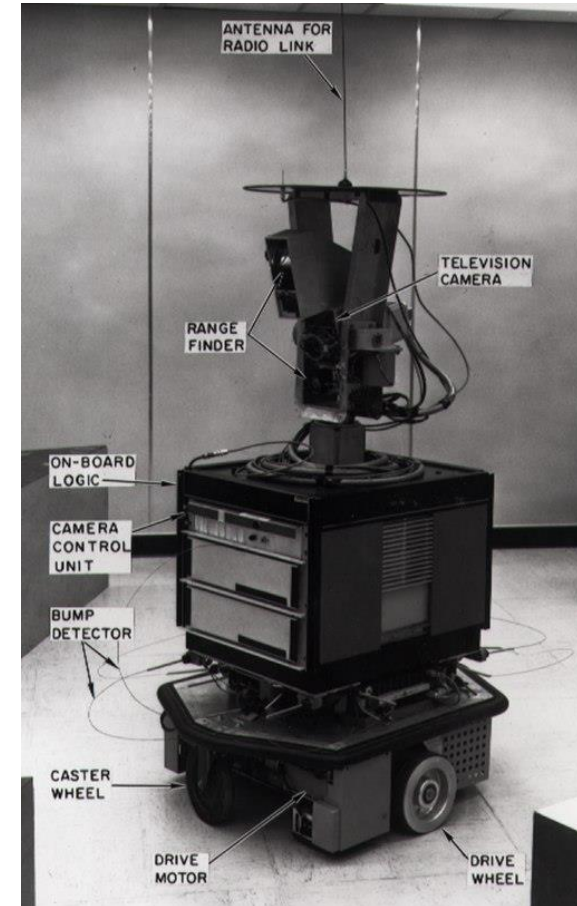


¿Weighted A*?

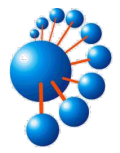


APLICACIONES DE BÚSQUEDA INFORMADA

- Shakey:
 - Primer robot móvil de propósito general
 - Utilizaba, entre otros programas, métodos de búsqueda para encontrar rutas de navegación







APLICACIONES DE BÚSQUEDA INFORMADA

- Amazon robotics:



AMAZON ROBOTICS

