



## CONCEPTOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL SISTEMAS INTELIGENTES ARTIFICIALES

### PROYECTO

### Resolución de Problemas utilizando Búsqueda Informada - A\*

### BÚSQUEDA DE PLANES EN UNA MINA

Segundo Cuatrimestre de 2019

## Introducción y Objetivo

El presente proyecto se sitúa en el contexto de una mina representada mediante una grilla, la cual posee celdas con diferentes tipos de suelo y diferentes objetos u obstáculos. El objetivo general del proyecto consiste en el desarrollo de un algoritmo de búsqueda en PROLOG que implemente la estrategia del método A\*. El mismo será utilizado por un agente minero que buscará planes con el objetivo de encontrar la carga explosiva que se halla escondida en la mina para posteriormente ubicarla en el lugar correspondiente, recolectar el detonador y activarlo una vez situado en una posición designada para la detonación. En particular, los planes hallados por el agente minero deberán ser tales que su ejecución incurra en el menor costo posible.

## Características generales de la Mina

La mina se encuentra definida por una grilla (la cual puede ser irregular), donde cada celda o *posición* tiene asociado un tipo de *suelo* (firme o resbaladizo). Asimismo, es posible que haya *rejas* ubicadas en determinadas posiciones de la mina, y para atravesarlas es necesario contar la llave de acceso correspondiente. En particular, cada *llave* se encuentra asociada a una reja específica. Por otra parte, en ciertas posiciones de la mina se erigen *pilares* que sostienen el techo, los cuales representan un obstáculo; es decir, el agente minero no podrá transitar por aquellas posiciones que contengan pilares. De manera similar, es posible que algunas posiciones de la mina contengan *vallas* que, dependiendo de su altura, impiden que el minero atraviese la posición que las contiene. En algún lugar de la mina se encuentra ubicada la *carga* explosiva, que será juntada por el minero, quien posteriormente deberá ubicarla en la posición asignada a ella. Por último, en alguna posición de la mina se halla el *detonador*, que será activado por el minero (habiéndolo recogido previamente) para detonar la carga previamente mencionada desde alguna posición designada para tal fin.

## Representación de la Mina en Prolog

La mina se encuentra representada por una colección de hechos PROLOG con la siguiente forma:

- `celda(Pos, Suelo)`, donde  $Suelo \in \{firme, resbaladizo\}$ , indica el tipo de suelo de una posición `Pos` dentro de la mina. En particular,  $Pos = [F, C]$ , donde `F` y `C` son números enteros positivos que indican la fila y columna de la correspondiente celda en la grilla que describe la mina.
- `estaEn(Obj, Pos)` indica que el objeto `Obj` se encuentra en la posición `Pos` de la mina. En particular,  $Obj \in \{Reja, Llave, Carga, Detonador, Obstaculo\}$ , donde:
  - `Reja = [r, NombreR]`, siendo `NombreR` el nombre asociado a la reja.
  - `Llave = [l, NombreL]`, siendo `NombreL` el nombre asociado a la llave;

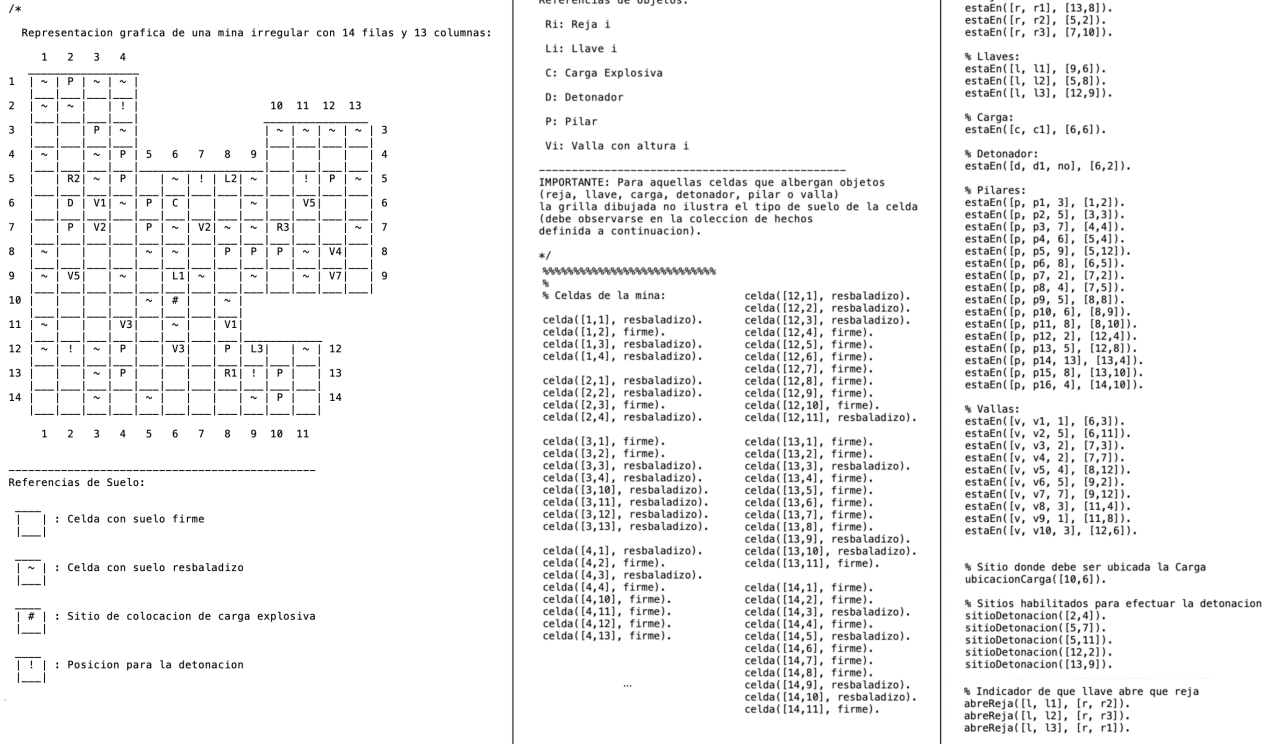


Figura 1: Representación en PROLOG de una mina irregular con 14 filas y 13 columnas.

- $Carga = [c, NombreC]$ , siendo  $NombreC$  el nombre asociado a la carga;
  - $Detonador = [d, NombreD, ActivadoD]$ , siendo  $NombreD$  el nombre asociado al detonador, y  $ActivadoD \in \{si, no\}$  un indicador que establece si el detonador se encuentra activado o no; y
  - $Obstaculo = [TipoO, NombreO, AlturaO]$ , siendo  $TipoO \in \{p, v\}$  un indicador que establece si el obstáculo es un pilar o una valla,  $NombreO$  el nombre asociado al obstáculo y  $AlturaO$  un número entero positivo que indica la altura del mismo.
- $ubicacionCarga(Pos)$  indica que la posición  $Pos$  de la mina es el sitio donde debe ubicarse la carga explosiva (donde  $Pos$  tiene la estructura antes descripta).
  - $sitioDetonacion(Pos)$  indica que la posición  $Pos$  de la mina es uno de los sitios habilitados para activar el detonador y así detonar la carga explosiva (donde  $Pos$  tiene la estructura antes descripta).
  - $abreReja(Llave, Reja)$  indica que la llave  $Llave$  permite atravesar la reja  $Reja$  (donde  $Llave$  y  $Reja$  tienen la estructura antes descripta).

#### IMPORTANTE:

- Puede asumir que cada posición alberga como máximo un objeto, ya sea reja, llave, carga, detonador u obstáculo (pilar o valla).
- Puede asumir que la posición designada para ubicar la carga explosiva es única.
- Puede existir más de un sitio designado para la detonación.

La Figura 1 ilustra la representación parcial correspondiente a una mina irregular, con 14 filas y 13 columnas.

## Acciones del Minero

Como se mencionó anteriormente, el objetivo del proyecto consiste en hallar planes (secuencias de acciones) eficientes para un agente minero que se encuentra en la mina. Para ello, es necesario establecer cuáles son las acciones que el minero puede efectuar.

### Descripción de las Acciones

Existen seis tipos de acciones que el minero puede realizar durante su estadía en la mina: *caminar*, *rotar*, *saltar*, *juntar*, *dejar* y *detonar*. El primer tipo de acción (*caminar*) permite al minero moverse a través de celdas contiguas de la mina, avanzando hacia la dirección (punto cardinal) en la que se encuentra mirando. El segundo grupo de acciones (*rotar*) permite al minero girar hacia diferentes direcciones (puntos cardinales) con el objetivo de cambiar su rumbo. El tercer tipo de acción (*saltar*) permite al minero moverse entre celdas no contiguas de la mina, desplazándose hacia la dirección (punto cardinal) en la que se encuentra mirando. Por otra parte, el minero puede *juntar* una llave de acceso, carga o detonador que se encuentre en el suelo, o *dejar* en el suelo una carga explosiva que anteriormente poseía. Finalmente, el minero puede activar el detonador mediante la acción *detonar*, logrando la explosión de la carga explosiva que fuera ubicada en su lugar designado con anterioridad.

Cada acción efectuada por el minero conlleva un esfuerzo que se refleja en su *costo*. Asimismo, existen ciertas restricciones para la aplicación de acciones por parte del minero (es decir, no toda acción es aplicable en todo contexto). A continuación se brinda una descripción detallada de las acciones disponibles:

- **ACCIÓN: caminar**

La celda de la mina sobre la que el minero desea avanzar (posición destino) no debe albergar obstáculos. Por otra parte, luego de avanzar hacia la nueva celda, el agente se mantiene mirando en la misma dirección (punto cardinal) en la que se encontraba originalmente. El costo de realizar esta acción está determinado por el tipo de suelo de la posición destino. Si la posición destino corresponde a suelo firme, el costo de efectuar la acción *caminar* es 2. Por otra parte, si la posición destino corresponde a suelo resbaladizo, el costo de realizar la acción *caminar* es 3. Además, si la posición de destino contiene una reja, para poder caminar hacia dicha posición el minero deberá contar con la llave correspondiente.

- **ACCIÓN: rotar** (hacia un punto cardinal dado)

La dirección hacia la que se desea rotar (punto cardinal dado) debe diferir de la dirección actual del minero. El costo de realizar una rotación está determinado por la *distancia* entre la dirección en la que se encontraba mirando (punto cardinal origen) y la dirección hacia la cual desea girar (punto cardinal destino). Si el giro es de 90° (ya sea en sentido horario o anti-horario), la distancia entre los puntos cardinales de origen y destino es 1 (*e.g.*, cuando el minero desea girar de *este* a *norte* o *sur*); en tales casos, el costo de *rotar* es 1. Si el giro es de 180° (ya sea en sentido horario o anti-horario), la distancia entre los puntos cardinales de origen y destino es 2 (*e.g.*, cuando el minero desea girar de *norte* a *sur*); en tales casos, el costo de *rotar* es 2.

- **ACCIÓN: saltar**

La celda de la mina hacia la que el minero desea saltar (posición destino) no debe albergar obstáculos ni rejas. Cabe destacar que el minero sólo podrá saltar vallas y, en particular, sólo aquellas cuya altura sea menor a 4 (*i.e.*,  $\text{Altura0} < 4$ ). Luego de saltar, el agente se mantiene mirando en la misma dirección (punto cardinal) en la que se encontraba originalmente. Asimismo, sólo es posible saltar para adelante de a una valla por vez. Finalmente, saltar una valla conlleva un costo adicional de 1 unidad, el cual se sumará al costo de avance sobre el tipo de suelo correspondiente (2 en caso de caer en suelo firme, y 3 en caso de caer sobre suelo resbaladizo).

- **ACCIÓN: juntar llave**

La celda de la mina en la que se encuentra el minero debe poseer una llave. Además, el minero no debe poseer una llave con el mismo nombre que la que quiere levantar. Levantar una llave conlleva costo 1, y luego de levantarla el agente se mantiene en la misma posición y mirando en la misma dirección en la que se encontraba originalmente.

- **ACCIÓN: juntar carga**

La celda de la mina en la que se encuentra el agente debe contener la carga explosiva que desea juntar, y el minero no debe poseer una carga con el mismo nombre que la que quiere levantar. Juntar una carga explosiva conlleva un costo de 3 unidades, y luego de levantarla el agente se mantiene en la misma posición y mirando en la misma dirección en la que se encontraba originalmente. Por último, al juntar la carga explosiva, el indicador de colocación de carga pendiente — descrito a continuación— será seteado en **si** (si ya se encontraba seteado en **si**, no cambia), siendo esto un indicio de que la tarea de colocar la carga en su lugar designado está pendiente.

- **ACCIÓN: juntar detonador**

La celda de la mina en la que se encuentra el agente debe contener el detonador que desea juntar, y el minero no debe poseer un detonador con el mismo nombre que el que quiere levantar. Juntar el detonador conlleva un costo de 2 unidades, y luego de levantarlo el agente se mantiene en la misma posición y mirando en la misma dirección en la que se encontraba originalmente.

- **ACCIÓN: dejar carga**

El agente minero debe poseer la carga explosiva que desea dejar en el suelo. La celda de la mina en la que se encuentra el agente (donde dejará la carga) debe corresponder a la ubicación asignada para colocar la carga explosiva. Dejar una carga conlleva un costo de 1 unidad, y luego de dejarla el agente se mantiene en la misma posición y mirando en la misma dirección en la que se encontraba originalmente. Asimismo, al momento de dejar la carga el agente dejará de tener pendiente la tarea de colocar la carga (el indicador correspondiente será seteado en **no**).

- **ACCIÓN: detonar**

El agente minero debe poseer el detonador que desea accionar. La celda de la mina en la que se encuentra el agente debe ser una de las posiciones designadas como sitios de detonación. Además, para poder realizar la detonación, previamente el agente debe haber colocado la carga explosiva en su lugar designado (de acuerdo a lo establecido por el indicador de tarea de colocación de carga pendiente). Accionar el detonador conlleva un costo de 1 unidad, y luego de accionarlo el atributo que indica si el mismo se encuentra activado o no será seteado en **si**. Además, luego de detonar, el agente se mantiene en la misma posición y mirando en la misma dirección en la que se encontraba originalmente.

## Representación de las Acciones

Para representar las acciones deberá utilizar las siguientes estructuras de PROLOG:

- caminar: **caminar**.
- Rotar (hacia un punto cardinal dado): **rotar(Dir)**, donde  $Dir \in \{n, s, e, o\}$ .
- Saltar: **saltar\_valla(Valla)**, donde  $Valla = [v, NombreV, AlturaV]$  es una valla que se encuentra adelante del agente.
- Juntar llave: **juntar\_llave(Llave)**, donde  $Llave = [1, NombreL]$  es una llave que se encuentra en la posición del agente.

- Juntar carga: `juntar_carga(Carga)`, donde  $Carga = [c, NombreC]$  es una carga que se encuentra en la posición del agente.
- Juntar detonador: `juntar_detonador(Detonador)`, donde  $Detonador = [d, NombreD, ActivadoD]$  es un detonador que se encuentra en la posición del agente.
- Dejar carga: `dejar_carga(Carga)`, donde  $Carga = [c, NombreC]$  es una que posee el minero, y será dejada en la posición en la que se encuentra el agente.
- Detonar: `detonar(Detonador)`, donde  $Detonador = [d, NombreD, ActivadoD]$  es un detonador que posee el minero y será activado.

## Búsqueda de Planes - Implementación de $A^*$

Como se mencionó anteriormente, el objetivo del minero es la búsqueda de planes mientras se encuentra en la mina. En particular, la meta del minero es efectuar la detonación una vez situado en uno de los lugares designados para tal fin (para lo cual debe poseer el detonador), habiendo colocado la carga explosiva en su ubicación correspondiente (es decir, la tarea de colocar la carga ya no se encuentra pendiente). A tal efecto, el minero podría planificar su búsqueda en diversas situaciones, partiendo de diferentes puntos de la mina. En cada caso, el plan hallado para que el minero alcance su objetivo deberá ser *optimal*, en el sentido de que el costo asociado a la ejecución de la correspondiente secuencia de acciones deberá ser minimal. Con el objetivo de obtener tales planes, deberá implementarse el método de búsqueda  $A^*$ . Concretamente, deberá implementarse el predicado:

`buscar_plan(+EInicial, -Plan, -Destino, -Costo)`

que dado un estado inicial (`EInicial`), y teniendo en cuenta la configuración de la mina, halle una secuencia de acciones (`Plan`) que le permitan recoger el detonador y la carga explosiva, ubicar la carga en su lugar designado y, finalmente, efectuar la detonación desde una de las posiciones habilitadas para tal fin (siendo dicha posición identificada como `Destino`). Asimismo, deberá retornarse el `Costo` asociado a la ejecución del `Plan` hallado. Este predicado permitirá al minero hallar un plan optimal (el de menor costo posible) para alcanzar su objetivo.

En caso de que no sea posible encontrar un plan para cumplir con el objetivo del minero (por ejemplo, porque la carga explosiva no puede ser colocada en su lugar designado ya que éste no es alcanzable desde el estado inicial), el predicado `buscar_plan/4` deberá mostrar por consola un mensaje que indique la situación correspondiente.

Para la implementación del predicado `buscar_plan/4` deberá emplearse la estrategia de búsqueda del método  $A^*$ . Para ello deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los *estados* deberán consignar la siguiente información: posición del agente, dirección del agente, lista con sus posesiones (llaves, carga y/o detonador), e indicador de colocación de carga pendiente. En particular, deberá adoptarse el siguiente formato: `[Pos, Dir, ListaPosesiones, ColocacionCargaPendiente]`, donde `ListaPosesiones` es una lista vacía o posee la forma `[Posesion1, ..., PosesionN]` y cada posesión posee la estructura introducida anteriormente (dependiendo del tipo de posesión: llave, carga o detonador), y `ColocacionCargaPendiente`  $\in \{si, no\}$  es un indicador que establece si ya se cumplió con la tarea de colocar la carga en su lugar establecido.
- El estado inicial en cada búsqueda deberá definirse de manera tal que `ListaPosesiones = []` y `ColocacionCargaPendiente = si`.
- Deberá definirse la representación de los *nodos*, la *frontera* y el conjunto de *visitados*.
- Deberá adoptarse una heurística adecuada y admisible.
- Deberá efectuarse control de visitados.

## Ejemplos

Por ejemplo, dada la configuración de la mina suministrada (`minaExample.pl`):

```
?- buscar_plan([[4,10], o, [], si], Plan, Destino, Costo).
```

```
Plan = [rotar(s), caminar, caminar, rotar(o), caminar, caminar, caminar, caminar, rotar(s),  
        juntar_carga([c,c1]), caminar, caminar, caminar, juntar_llave([l,l1]), caminar,  
        dejar_carga([c,c1]), rotar(o), caminar, caminar, rotar(n), caminar, caminar, caminar,  
        caminar, rotar(o), saltar_valla([v,v1,1]), juntar_detonador([d,d1,no]), rotar(n),  
        caminar, caminar, caminar, caminar, rotar(e), caminar, caminar, detonar([d,d1,no])],  
Destino = [2, 4],  
Costo = 70.
```

```
?- buscar_plan([[6,4], n, [], si], Plan, Destino, Costo).
```

```
Plan = [rotar(o), saltar_valla([v,v1,1]), juntar_detonador([d,d1,no]), rotar(e),  
        saltar_valla([v,v1,1]), rotar(s), caminar, caminar, rotar(e), caminar, caminar,  
        rotar(n), caminar, caminar, rotar(s), juntar_carga([c,c1]), caminar, caminar, caminar,  
        caminar, dejar_carga([c,c1]), caminar, rotar(o), caminar, saltar_valla([v,v8,3]),  
        caminar, rotar(s), caminar, detonar([d,d1,no])],  
Destino = [12, 2],  
Costo = 61.
```

```
?- buscar_plan([[12,11], n, [], si], Plan, Destino, Costo).
```

```
Plan = [rotar(o), caminar, caminar, juntar_llave([l,l3]), rotar(s), caminar, rotar(o),  
        caminar, caminar, rotar(n), caminar, caminar, caminar, caminar, caminar,  
        saltar_valla([v,v4,2]), rotar(o), caminar, rotar(s), juntar_carga([c,c1]), caminar,  
        caminar, caminar, juntar_llave([l,l1]), caminar, dejar_carga([c,c1]), rotar(o),  
        caminar, caminar, rotar(n), caminar, caminar, caminar, caminar, rotar(o),  
        saltar_valla([v,v1,1]), juntar_detonador([d,d1,no]), rotar(n), caminar, caminar,  
        caminar, caminar, rotar(e), caminar, caminar, detonar([d,d1,no])],  
Destino = [2, 4],  
Costo = 88.
```

## Informe

Deberá completarse el formulario de Google establecido por la cátedra, accesible mediante el siguiente enlace: <https://forms.gle/6gB1PLea9kph2Qt4A>.

Dicho formulario cumple el rol de informe, en el cual deberá documentarse apropiadamente el desarrollo realizado. Deberán describirse claramente y en forma completa los distintos aspectos involucrados en la resolución del proyecto.

Se recomienda consultar con la cátedra cualquier inquietud relativa al informe/formulario de Google, ya que una vez enviado no se aceptarán nuevas respuestas del mismo usuario (y en caso de haber recibido múltiples respuestas mediante usuarios distintos, se considerará sólo la primer respuesta enviada).

## Consideraciones Generales

1. Fecha límite de entrega: **Lunes 4 de Noviembre a la medianoche**. Toda entrega recibida con posterioridad a esta fecha será considerada como desaprobada.
2. El desarrollo del proyecto será individual.
3. En la evaluación del proyecto se dará importancia, principalmente, al uso apropiado de técnicas y conceptos vistos en la materia.
4. Se sugiere consultar con la cátedra toda convención adoptada para la resolución del proyecto que no se encuentre enmarcada o especificada en el enunciado.
5. La resolución del proyecto no podrá ser provista dentro del archivo `.pl` suministrado por la cátedra como ejemplo de mapa de una mina. Es decir, deberá desarrollarse en uno o más archivos `.pl` distintos del archivo que describe la mina. Desde el archivo *principal* correspondiente a la resolución del proyecto deberá consultarse el archivo que contiene el mapa de la mina.
6. La entrega del proyecto consiste del envío por e-mail del código PROLOG implementado (todos los archivos `.pl` necesarios para su ejecución) y el envío del formulario de Google completado (el cual cumple el rol de informe).
  - Enviar a (según corresponda): `cia.dcic@gmail.com` / `sia.dcic@gmail.com`
  - Asunto del e-mail (según corresponda): Proyecto CIA / SIA - <Apellido y Nombre>
  - Adjunto: un archivo **Apellido.zip** que contenga todos los archivos a entregar en formato `.pl` (código PROLOG).

IMPORTANTE: De incumplir alguna de las condiciones de entrega, el proyecto se considerará automáticamente desaprobado.