

## 1. EL MUNDO DE KAREL

### 1.1 GEOGRAFÍA DEL MUNDO DE KAREL<sup>1</sup>

Inicialmente, Pattis<sup>2</sup> diseñó para Karel un mundo cuadrículado, plano e infinito. Llamó calles a las líneas horizontales (de oeste a este) y avenidas a las verticales (de sur a norte), y quiso que Karel transitara por unas y otras:

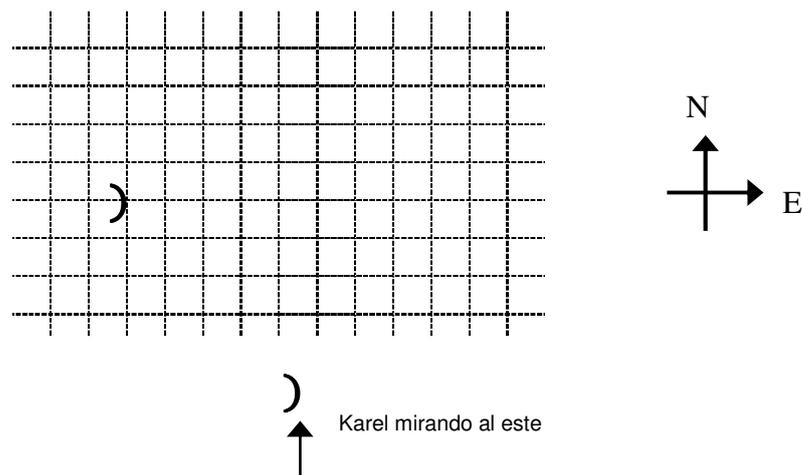


Figura. 1 Diseño del mundo de Karel

Este primer diseño presentó dos problemas: el primero fue que el mundo de Karel resultaba demasiado grande y por lo tanto complejo y el segundo era la ubicación de Karel, no se sabía donde estaba exactamente o en que otro mundo se encontraba, ya que, todos los sitios del mundo eran iguales para él robot. Para resolver el primer problema, Pattis<sup>3</sup> decidió limitar el mundo por el oeste y por el sur, así, evitó que Karel saliera inadvertidamente de su mundo,

<sup>1</sup> CAPEK, Karel *Amaneceres, solo. Checoslovaquia. 1862*

<sup>2</sup> PATTIS Richard E. *El mundo de karel. California. 1890*

<sup>3</sup> PATTIS Richard E. *Op. cit.*

colocó dos muros infinitos construidos en Neutrino (materia impenetrable que ningún robot puede atravesar, romper o mover) en los bordes del mundo.

Los muros sirvieron también como referencia para identificar calles y avenidas, numerándose en orden ascendente (a partir de 1) desde el cruce de los muros; una esquina (cruce de calle y avenida) quedaba entonces identificada por el número de su calle y su avenida. Por ejemplo, (3,17) identifica el cruce de la calle 3 con avenida 17. La primera esquina del mundo (1,1), en el extremo sur-oeste, que correspondía al cruce de la calle 1 con la avenida 1 recibió el nombre de origen.

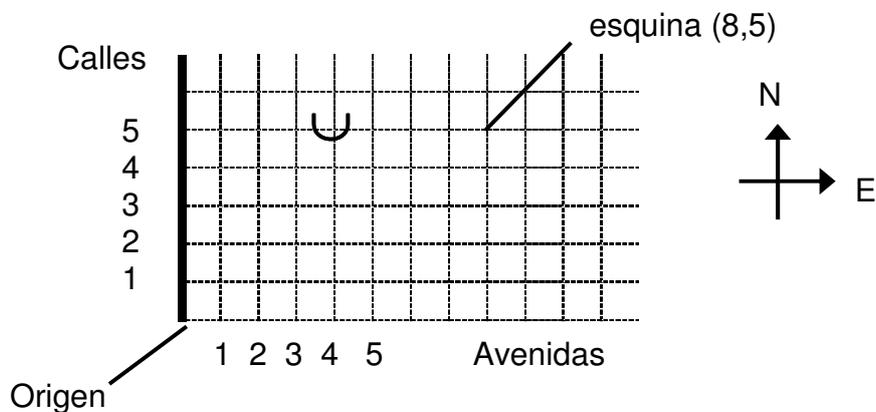


Figura. 2 Estructura del mundo de Karel

Karel puede localizarse únicamente en las esquinas del mundo, orientado hacia uno de los cuatro puntos cardinales (norte, sur, este, oeste).

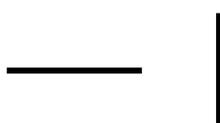
En el figura 2 Karel se encuentra en la esquina (4,5): calle 5 con avenida 4, mirando al sur.

El segundo problema fue resuelto limitando su mundo<sup>4</sup>. Para hacer más interesante su mundo, Pattis diseñó dos nuevos elementos: los segmentos de los muros y los pitos<sup>5</sup>.

Los segmentos de los muros son de longitud finita, horizontal o vertical y van por la mitad de las manzanas. Para que Karel no pueda atravesarlos ni moverlos están construidos en Neutrino. En la figura 3 se muestra la

<sup>4</sup> PATTIS Richard E. *Op cit.*

<sup>5</sup> PATTIS Richard E. *Op. cit.*



representación gráfica de los muros del mundo de Karel, los que se denotan con segmentos de recta:

Figura. 3 Barreras horizontal y vertical (muros)

Los pitos son esferas de plástico que emiten un leve sonido. Al igual que Karel, pueden estar localizados solamente en las esquinas; en una esquina se puede encontrar uno o varios pitos. Karel puede recoger, transportar y colocar pitos según las instrucciones del programa.

En la figura 4 se muestra la ubicación de los pitos en las esquinas.

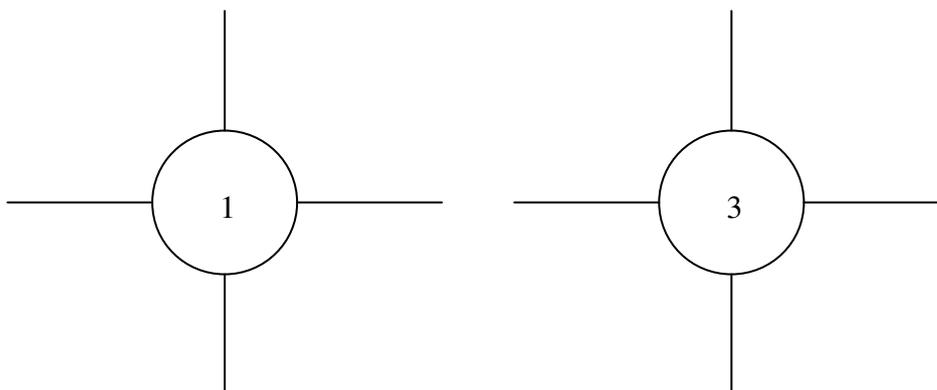


Figura. 4 Número de pitos en una esquina

En la figura 5 se muestra una situación del mundo de Karel, en la cual el robot se encuentra en la esquina (5,7) mirando al norte, hay 12 pitos regados por el mundo y 6 muros que bloquean el movimiento de Karel.

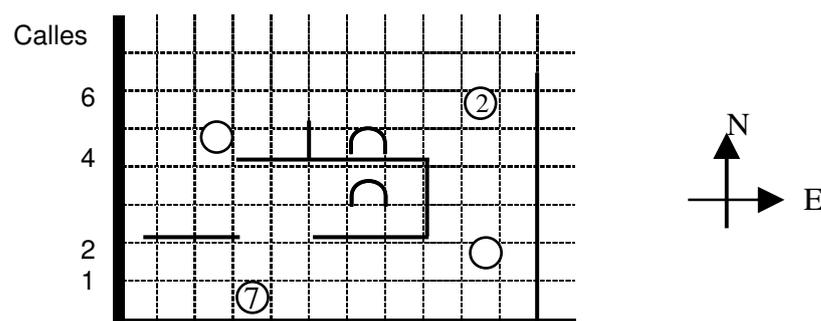


Figura. 5 Elementos del mundo de Karel

## 1.2 CAPACIDAD DE KAREL

Pattis, debía dotar a Karel de capacidades que le permitiera aprovechar su mundo y desenvolverse en él. Estas capacidades se clasificaron en: propiedades de movimiento, de percepción y de manipulación<sup>6</sup>.

**1.2.1 Capacidad de movimiento:** Karel puede moverse una cuadra hacia adelante en la dirección en la cual está orientado y puede rotar en su posición.

**1.2.2 Capacidad de percepción:** Karel tiene sentidos rudimentarios de vista, oído, tacto y orientación: Posee tres cámaras de televisión, dirigidas hacia el frente, hacia su derecha y hacia su izquierda. Con ellas puede ver un muro a media cuadra de distancia al frente, a la derecha y a la izquierda. Tiene además un oído que le permite percibir pitos localizados en su misma esquina (Karel no puede saber cuantos pitos hay en la esquina, solamente percibe que hay pitos). Consultando su brújula interna el robot puede saber la dirección en la que está mirando (norte, sur, este u oeste).

**1.2.3 Capacidad de manipulación:** Finalmente, Karel posee un brazo mecánico con el que puede recoger y poner pitos en una bolsa a prueba de ruido para transportarlos, puede determinar si lleva algún pito en su bolsa, tocándola con su brazo mecánico, es capaz de recibir, memorizar y seguir una serie de instrucciones dadas en un lenguaje de programación que él siempre entienda.

## 1.3 ESPECIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL MUNDO DE KAREL

Las instrucciones que Karel debe realizar en su mundo, están definidas por las especificaciones de un problema determinado. Por ejemplo, para salir de un

---

<sup>6</sup> PATTIS Richard E. *Op. cit.*

laberinto de muros, recoger un sembrado de mazorcas (pitos), recoger y colocar pitos en determinadas direcciones, forman un estado en el mundo de Karel, que es una descripción exacta y completa de todos los componentes del mundo en un momento dado.

Un estado lo podemos ver, entonces, como una “aerofotografía<sup>7</sup>” del mundo de Karel que muestre los muros del mundo, la localización y orientación de Karel y el estado de los pitos (tanto los que están en las esquinas del mundo como los que están en la bolsa de Karel). En la figura 6 se muestra un estado posible del mundo de Karel.

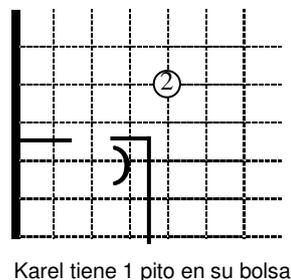


Figura. 6 Estado posible en un mundo de Karel

En el mundo de Karel un problema se especifica dando una condición inicial que debe cumplirse en su mundo y una condición final que debe cumplirse para resolver el problema.

Resolver un problema en este contexto es encontrar una secuencia de pasos dentro de una instrucción que le indique al robot la manera de “transformar” cualquier estado que cumpla la condición inicial en un correspondiente estado que cumpla la condición final. Los muros del mundo, no pueden variar del estado inicial al final, ya que Karel no tiene la capacidad de moverlos. Los pitos pueden sufrir modificaciones en su localización, pero el número total de pitos en el mundo no pueden variar en una tarea, pues Karel no los puede crear ni destruir.

<sup>7</sup> PATTIS Richard E. *Op. cit.*

## 1.4 APLICACIONES

### 1.4.1 Ejemplos

Problema 1. Karel debe recoger los 5 pitos que se encuentran en la calle 1 del mundo:

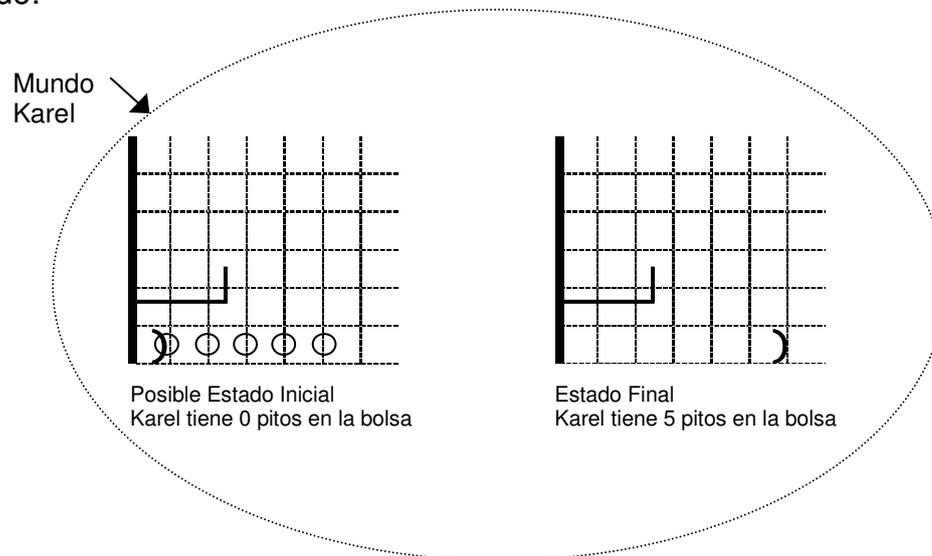


Figura. 7 Estado inicial y final del problema 1

Problema 2. Karel se encuentra en alguna esquina del mundo, con 8 o más pitos en su bolsa y queremos que deje pitos en las esquinas a su alrededor:

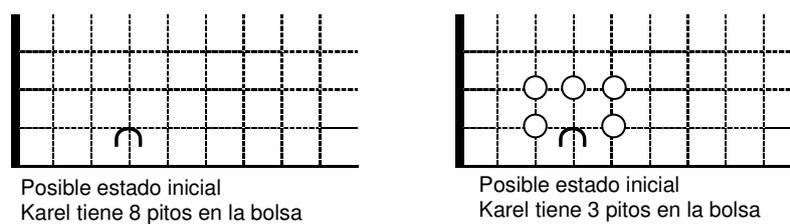


Figura. 8 Estado inicial y final del problema 2

Problema 3. Karel se encuentra en el origen mirando al este, en el mundo hay montañas escalonadas que parten del límite horizontal del mundo y alcanzan una altura de 3 calles, las dos montañas están separadas por una calle. Karel

debe recoger los pitos que se encuentran en cada una de las esquinas que rodean las montañas y regresar al origen:

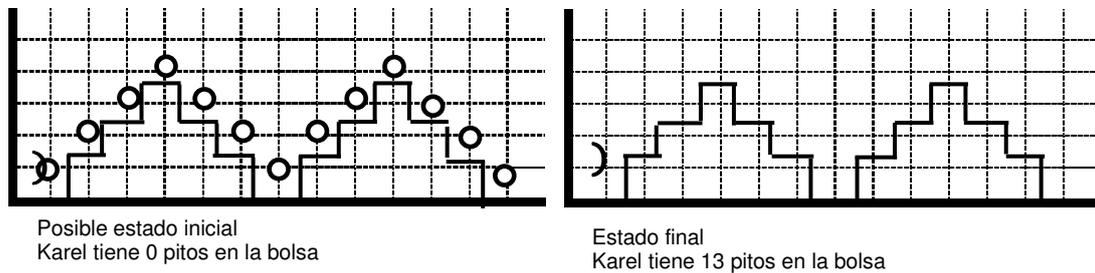


Figura. 9 Estado inicial y final del problema 3

Problema 4. Karel debe recoger los pitos que se encuentran en su mundo. Parte del estado inicial y debe llegar al estado final como se muestra en la figura 10.

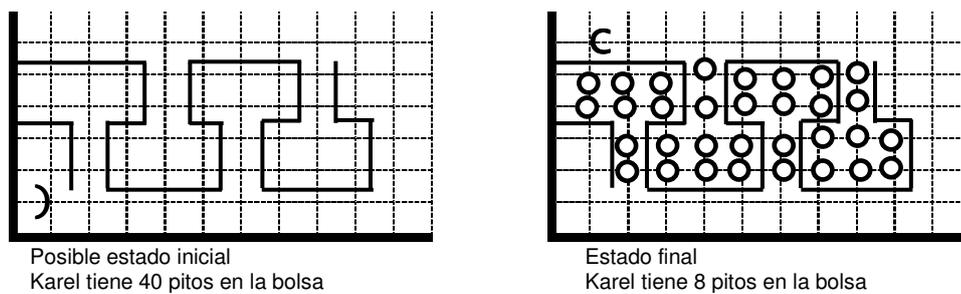


Figura. 10 Estado inicial y final del problema 4

Problema 5. Karel se encuentra en alguna calle de la avenida uno. Al frente de él hay un muro de tres calles de altura y dos calles más adelante hay otro muro igual. Sobre la avenida uno, a la izquierda del segundo muro, hay un pito que Karel debe recoger. Estado inicial:  $j > 0$ , para indicar el número de la calle donde Karel se encuentra.

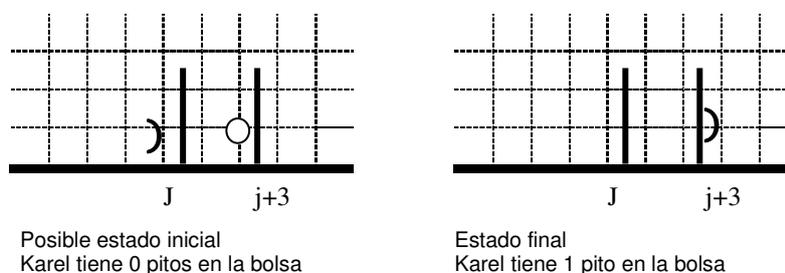


Figura. 11 Estado inicial y final del problema 5

## 1.5 EJERCICIOS PROPUESTOS

Ejercicio. 1 Identifique los errores de definición de los elementos que se presentan en el siguiente mundo de Karel.

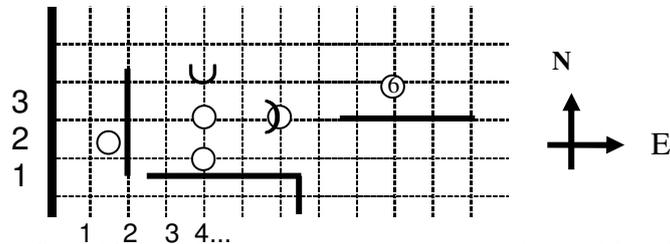


Figura. 12 Identificación de los errores en un mundo de Karel para el ejercicio

Ejercicio. 2 Realice las siguientes modificaciones en el mundo de Karel:

- Coloque tres pitos en el origen
- Coloque un pito en la esquina (4,2)
- Ponga un pito en la calle 4 entre avenidas 1 y 2
- Ponga a Karel en la esquina (6,1) mirando hacia el sur-este
- Coloque a Karel en la esquina (2,2) mirando al sur

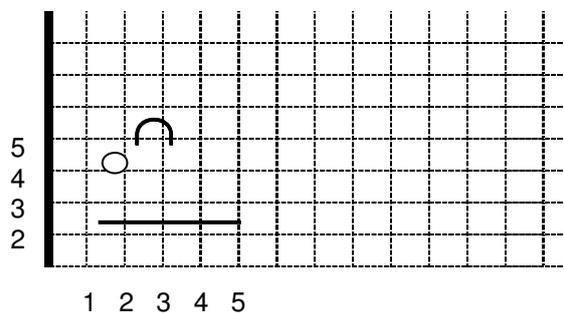


Figura. 13 Modificaciones en un mundo de Karel para el ejercicio 2

Ejercicio. 3 ¿Qué percibe Karel en cada una de los estados siguientes?

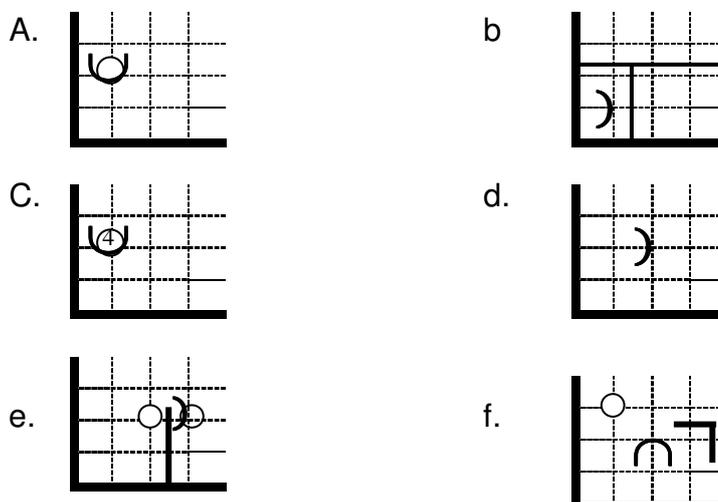
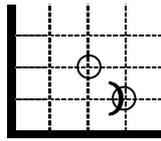


Figura. 14 Percepción de estados en un mundo de Karel para el ejercicio 3

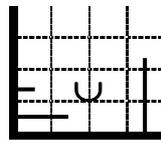
Ejercicio. 4 ¿Cuáles de los siguientes casos especifican correctamente un problema?

a)



Karel tiene 0 pitos en la bolsa

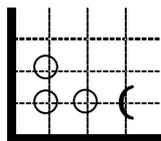
b)



Karel tiene 1 pito en la bolsa

Figura. 15 Especificación de estados en un mundo de Karel para los Ejercicios 4 a y 4 b

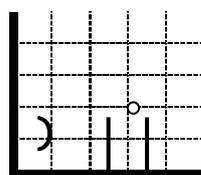
c) Karel debe determinar el siguiente estado:



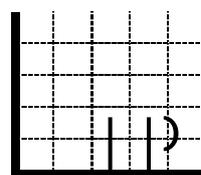
Karel tiene 0 pitos en la bolsa

Figura. 16 Determinación de un estado en un mundo de Karel para el ejercicio 4 c

d) Se tiene el siguiente estado inicial con su correspondiente estado final:



Karel tiene 0 pitos en la bolsa



Karel tiene 1 pito en la bolsa

Figura. 17 Estado inicial y final en un mundo de Karel para el ejercicio 4 d

e) Se tiene el siguiente estado inicial con su correspondiente estado final:

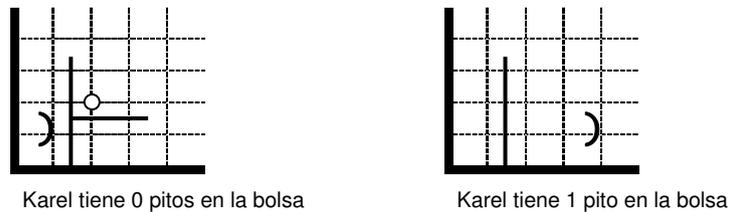


Figura. 18 Estado inicial y final en un mundo de Karel para el ejercicio 4 e

f) Se tiene el siguiente estado inicial con su correspondiente estado final:

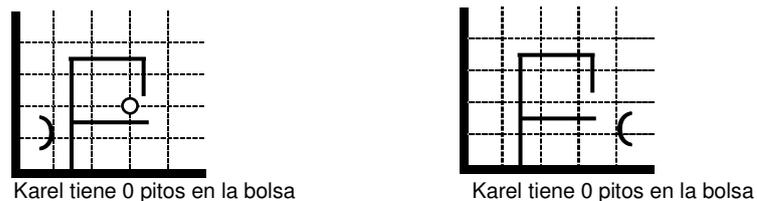


Figura. 19 Estado inicial y final en un mundo de Karel para el ejercicio 4 f

g) Karel debe saltar un muro y tomar el pito que se encuentra detrás.

h) Karel debe partir del origen, y terminar en la esquina (3,1), mirando al norte.

Ejercicio. 5. ¿Cuáles de los siguientes problemas están bien especificados y debería poderlos resolver Karel? En la figura 20 se ilustran los estados iniciales y finales.

a)

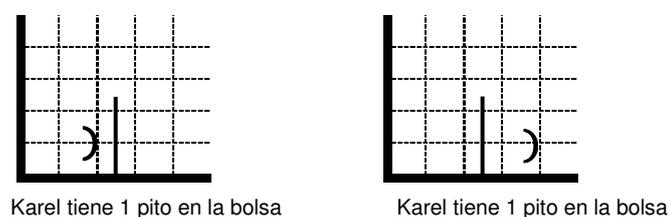
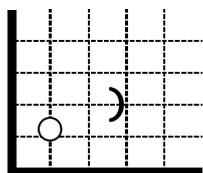
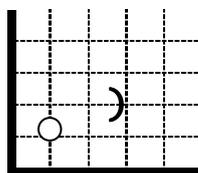


Figura. 20 Estado inicial y final en un mundo de Karel para el ejercicio 5 a

b)



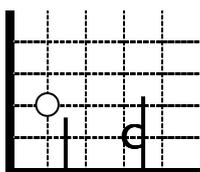
Karel tiene 1 piton en la bolsa



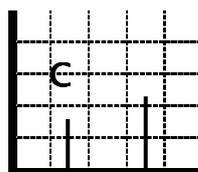
Karel tiene 2 pitos en la bolsa

Figura. 21 Estado inicial y final en un mundo de Karel para el ejercicio 5 b

c)



Karel tiene 0 pitos en la bolsa

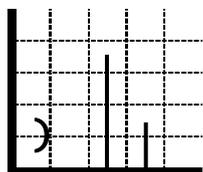


Karel tiene 0 pitos en la bolsa

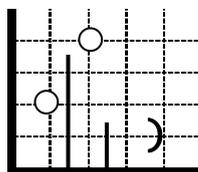
Figura. 22 Estado inicial y final en un mundo de Karel para el ejercicio 5

c

d)



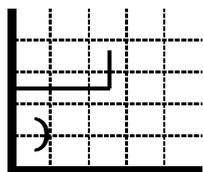
Karel tiene 0 pitos en la bolsa



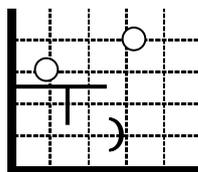
Karel tiene 2 pitos en la bolsa

Figura. 23 Estado inicial y final en un mundo de Karel para el ejercicio 5 d

e)



Karel tiene 2 pitos en la bolsa



Karel tiene 0 pitos en la bolsa

Figura. 24 Estado inicial y final en un mundo de Karel para el ejercicio 5 d

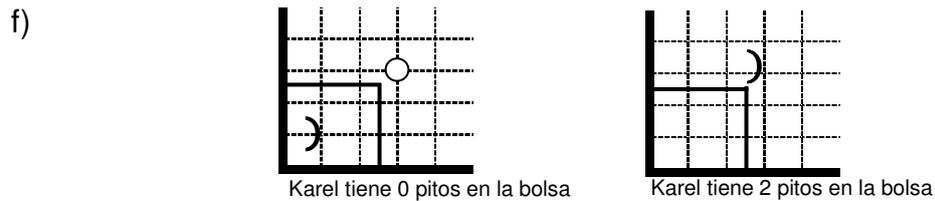


Figura. 25 Estado inicial y final en un mundo de Karel para el ejercicio 5 f

Ejercicio. 6 Defina el estado inicial y el estado final de cada uno de los siguientes enunciados:

- Karel debe recoger todos los pitos que se encuentran en su mundo.
- Karel debe recoger todos los pitos de la calle 1.
- Karel se encuentra en el origen, no existen muros y hay pitos en las esquinas (3,4), (2,3), los cuales debe recoger el robot.
- Karel se encuentra en la esquina (1,5) y debe recoger todos los pitos que los rodean.
- Karel se encuentra en la siguiente situación, y debe llenar el cuarto con pitos:

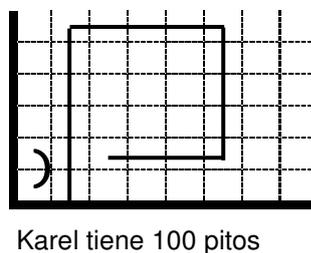
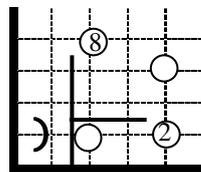


Figura. 26 Estado especificado para Karel para el ejercicio 6 e

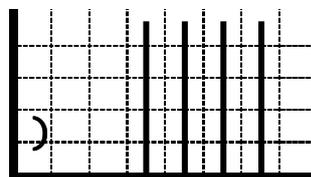
f) En la figura 27 se ilustra el mundo de Karel, quién tiene que recoger un pito en las esquinas que tengan más de un pito y regresar al origen:



Karel tiene 100 pitos

Figura. 27 Estado especificado para un mundo de Karel para el ejercicio 6 f

g) En la figura 28 se define el estado del mundo de karel, quién debe recoger todos los pitos y formar tres torres del mismo tamaño en las avenidas rodeadas por muros:



Karel tiene 6 pitos

Figura. 28 Estado especificado en un mundo de Karel para el ejercicio 6 g

Ejercicio. 7 Para cada uno de los siguientes problemas dibuje otro posible estado inicial con su correspondiente estado final:

a) Karel trabaja en una librería y debe colocar todos los libros en los cuatro anaqueles de la biblioteca, en cada anaquel caben hasta dos libros; Karel ya colocó los libros (pitos) frente a cada anaquel, Karel debe guardarlos. A continuación se muestra un posible estado inicial y su correspondiente estado final:

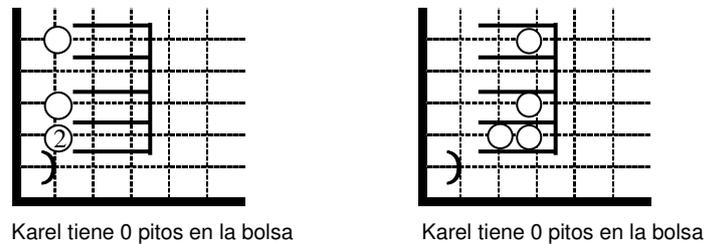


Figura. 29 Estado inicial y final definidos para Karel para el ejercicio 7 a

b) Karel se está entrenando para una carrera de obstáculos en una pista de 12 millas de largo, en la que hay (entre las esquinas (1,1) y (1,12)) obstáculos de 0, 1, 2 ó 3 metros de altura. Karel debe saltar los obstáculos colocando detrás de cada una, a la altura de la calle 1 tantos pitos como metros midan el obstáculo y regresar al origen. Suponga que Karel parte con suficientes pitos. A continuación se da un ejemplo de un posible estado inicial y con su correspondiente estado final.

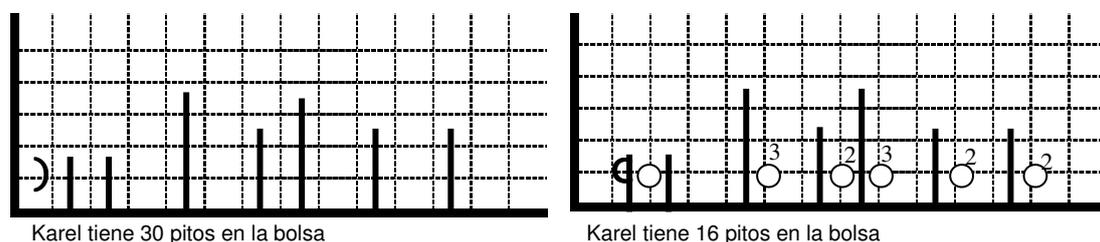


Figura. 30 Estado inicial y final definidos para Karel para el ejercicio 7 b

c) Karel se encuentra en el origen mirando al Este. En las primeras 7 esquinas del mundo sobre la calle 1 (de la avenida 1 a la 7) hay una serie de pitos (0,1, 2 ó 3 en cada esquina). Haga un programa para que Karel “mueva” este

“patrón” de pitos 3 calles más arriba (en la calle 4). Karel debe terminar en el origen, mirando al este. A continuación se muestra un posible estado inicial y su correspondiente estado final.

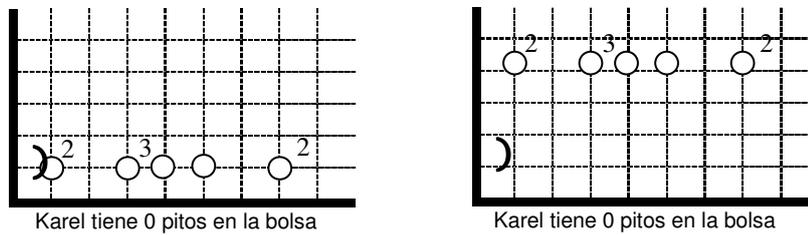


Figura 31. Estado inicial y final definidos para Karel para el ejercicio 7 c

d) Karel tiene un criadero de conejos formado por cuatro corrales. Todos los días Karel saca los conejos de su corral y los pone frente a la entrada para que coman. En cada corral puede haber hasta 3 conejos. Karel debe sacar los conejos de cada corral y ponerlos frente a la entrada (una esquina al oeste). Karel parte del origen mirando al Este y termina igual. A continuación se muestra un posible estado inicial y su correspondiente estado final

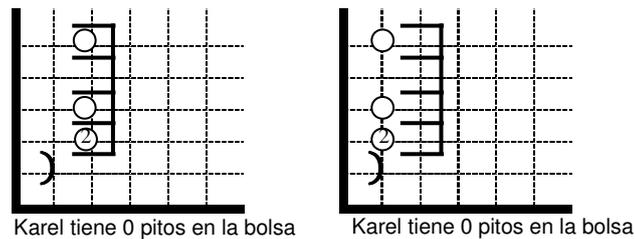


Figura. 32 Estado inicial y final definidos para Karel para el ejercicio 7 d