

Algoritmos y Estructura de Datos 2

Departamento de Computación
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

Exorcismo Extremo TP2

Integrante	LU	Correo electrónico
Rosinov, Gaston Einan	37/18	<code>grosinov@gmail.com</code>
Schuster, Martin Ariel	208/18	<code>m.a.schuster98@gmail.com</code>
Panichelli, Manuel	72/18	<code>panicmanu@gmail.com</code>

Reservado para la cátedra

Instancia	Docente	Nota
Primera entrega		
Segunda entrega		

Índice

1. Introducción	3
2. Módulo Juego	4
3. Módulo Mapa	23
4. Módulo Dirección	26
5. Módulo Acción	28
6. Diccionario Trie (α)	32

1. Introducción

A lo largo del TP, hacemos los siguientes reemplazos sintácticos:

- *jugador* es un *string*
- *fantasma* es un *vector(evento)*
- *pos* es $\langle x : nat, y : nat \rangle$
- *evento* es $\langle pos : \mathbf{pos}, dir : \mathbf{dir}, dispara? : \mathbf{bool} \rangle$
- *pasoDisparos* es $\langle pasoDispFan : nat, pasoDispPJ : nat \rangle$

Suponemos que el módulo *vector* tiene una función

Vectorizar: $lista(\alpha) \rightarrow vector(\alpha)$

esta función puede ser fácilmente implementada iterando y tomando referencia de los elementos de la lista y agregándolos atrás del vector.

La complejidad de esta función será $\mathcal{O}(n)$ siempre y cuando α se copie en $\mathcal{O}(1)$.

2. Módulo Juego

Interfaz

generos: juego.

se explica con: JUEGO.

Operaciones básicas de Juego

// Generador

• INICIAR(in m : mapa, in pjs : conj(jugador), in $eventosFan$: vector(evento)) $\rightarrow res$: juego

Pre $\equiv \{\neg vacio(pjs) \wedge \neg vacio(f) \wedge (\forall e : evento)(esta?(e, eventosFan) \Rightarrow_L e.pos \in libres(m))\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} nuevoJuego(m, pjs, eventosFan)\}$

Complejidad: $\Theta(m^2 + \#pjs * |pjMasLargo| + locJugadores + long(eventosFan)^2)$

Descripción: crea un nuevo juego con el mapa dado, un conjunto de jugadores, y los eventos de un fantasma.

// Operaciones pedidas

• INFOACTUALPJVIVOS(in j : Juego) $\rightarrow res$: conj(Tupla(jugador, pos, dir))

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} infoActualPjVivos(j)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: devuelve un conjunto referencias a identidad, posicion y direccion actual de los jugadores vivos.

• INFOACTUALFANVIVOS(in j : Juego) $\rightarrow res$: conj(Tupla(pos, dir))

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} infoActualFanVivos(j)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: devuelve un conjunto referencias a la información de los fantasmas que están vivos.

• INFOACTUALFANESPECIAL(in j : Juego) $\rightarrow res$: Tupla(pos, dir)

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} infoActualFanEspecial(j)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: devuelve la posicion y direccion del fantasma especial.

• INFOACTUALFANVIVOSQUEDISP(in j : Juego) $\rightarrow res$: conj(Tupla(pos, dir))

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} infoActualFanVivosQueDisp(j)\}$

Complejidad: $\mathcal{O}(\#fv)$

Descripción: devuelve un conjunto con la información de los fantasmas que están vivos y disparan en el ultimo paso ejecutado en el juego.

• VIVO?(in j : juego, in pj : string) $\rightarrow res$: bool

Pre $\equiv \{pj \in jugadores(j)\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} jugadorVivo(pj, j)\}$

Complejidad: $\Theta(|pj|)$

Descripción: devuelve si un jugador está vivo

• EJECUTARACCION(in/out j : juego, in a : accion, in pj : jugador)

Pre $\equiv \{j =_{obs} j_0 \wedge_L pj \in jugadores(j) \wedge_L jugadorVivo(pj, j) \wedge \neg esPasar(a)\}$

Post $\equiv \{j =_{obs} step(j_0, a, pj)\}$

Complejidad: $\mathcal{O}(|pj| + \#fv * m + \#jv)$

Descripción: actualiza con la acción a del jugador pj .

• PASARTIEMPO(in/out j : juego)

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{j =_{obs} pasar(j_0)\}$

Complejidad: $\mathcal{O}(\#fv * m + \#jv)$

Descripción: actualiza sin acción de jugador.

• POSOCUPADAPORDISPAROSFAN(**in** j : juego) $\rightarrow res$: conj(posicion)

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} alcanceDisparosFantasmas(fantasmas(j), j)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: devuelve un conjunto de las posiciones afectadas por disparos de fantasmas en el último paso.

// Observadores del TAD

HABITACION(**in** j : juego) $\rightarrow res$: mapa

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} habitacion(j)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: devuelve la habitacion del juego

FANTASMAS(**in** j : juego) $\rightarrow res$: conj(fantasma)

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} fantasmas(j)\}$

Complejidad: $\mathcal{O}(\#f * long(eventoMasLargo))$

Descripción: devuelve por referencia un conjunto de todos los fantasmas del juego

FANTASMAESPECIAL(**in** j : juego) $\rightarrow res$: fantasma

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} fantasmaEspecial(j)\}$

Complejidad: $\Theta(\#f)$

Descripción: devuelve por referencia un conjunto de todos los fantasmas del juego

JUGADORES(**in** j : juego) $\rightarrow res$: conj(jugadores)

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} jugadores(j)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: devuelve por referencia un conjunto de todos los jugadores del juego

ACCIONES(**in** pj : jugador, **in** j : juego) $\rightarrow res$: secu(evt)

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} acciones(pj, j)\}$

Complejidad: $\Theta(|pj|)$

Descripción: devuelve por referencia un conjunto de todos los jugadores del juego

Especificación de las operaciones auxiliares utilizadas en la interfaz

TAD Juego Extendido(α)

otras operaciones

infoActualPjVivos : Juego \rightarrow conj(Tupla(jugador, posicion, direccion))

infoActualPjVivosAux : Juego \times conj(jugador) \rightarrow conj(Tupla(jugador, posicion, direccion))

infoActualFanVivos : Juego \rightarrow conj(Tupla(posicion, direccion))

infoActualFanVivosAux : Juego \times conj(fantasma) \rightarrow conj(Tupla(posicion, direccion))

infoActualFanEspecial : Juego \rightarrow Tupla(posicion, direccion)

infoActualFanVivosQueDisp : Juego \rightarrow conj(Tupla(posicion, direccion))

infoActualFanVivosQueDisAux : Juego \times conj(fantasmas) \rightarrow conj(Tupla(posicion, direccion))

axiomas

infoActualPjVivos(j) \equiv infoActualPjVivosAux(j , jugadores(j))

```

infoActualPjVivosAux(j, js) ≡ if  $\emptyset?(js)$  then  $\emptyset$  else
    if jugadorVivo(dameUno(js), j) then
        Ag( $\langle posJugador(dameUno(js), j), dirJugador(dameUno(js), j) \rangle$ ,
            infoActualPjVivosAux(j, sinUno(js)))
    else
        infoActualPjVivosAux(j, sinUno(js))
    fi fi

infoActualFanVivos(j) ≡ infoActualPjVivosAux(j, jugadores(j)
infoActualFanVivosAux(j, fs) ≡ if  $\emptyset?(fs)$  then  $\emptyset$  else
    if fantasmaVivo(dameUno(fs), j) then
        Ag( $\langle posFantasma(dameUno(fs), j), dirFantasma(dameUno(fs), j) \rangle$ ,
            infoActualFanVivosAux(j, sinUno(fs)))
    else
        infoActualFanVivosAux(j, sinUno(fs))
    fi fi

infoActualFanEspecial(j) ≡  $\langle posFantasma(fantasmaEspecial(j), j), dirFantasma(fantasmaEspecial(j), j) \rangle$ 
infoActualFanVivosQueDisp(j) ≡ infoActualFanVivosAux(j, infoActualFanVivosQueDisAux(j, fantasmas(j)))
infoActualFanVivosQueDispAux(j, fs) ≡ if  $\emptyset?(fs)$  then  $\emptyset$  else
    if fantasmaVivo(dameUno(fs), j) ∧ disparando(dameUno(fs),
        step(j)) then
        Ag(dameUno(fs), infoActualFanVivosQueDispAux(j, sinUno(fs)))
    else
        infoActualFanVivosQueDispAux(j, sinUno(fs))
    fi fi

```

Fin TAD

Representación

Representación de Juego

juego se representa con estr

```

donde j es tupla(// General
    paso: nat,
    ronda: nat,
    mapa: Mapa,

    // Disparos
    mapaDisparos: arreglo(arreglo(pasoDisparos)),
    disparosFanUltimoPaso: conj(posicion),

    // Jugadores
    infoJugadores: diccTrie(string, infoPJ),
    infoActualJugadoresVivos: conj(infoActualPJ),
    infoJugadoresVivos: conj(puntero(infoPJ)),

    // Fantasmas
    infoFantasmas: conj(infoFan),
    infoActualFantasmasVivos: conj(infoActualFan),
    infoFantasmasVivos: conj(itConj(infoFan)),
    infoFantasmaEspecial: itConj(infoActualFan) )

donde infoPJ es tupla(eventos: lista(evento),
    vivo?: bool,
    infoActual: itConj(infoActualPJ) )

```

donde **infoActualPJ** es **tupla**(*identidad*: **string**,
 posicion: **pos**,
 direccion: **dir**)

donde **infoFan** es **tupla**(*eventos*: **vector**(evento),
 vivo?: **bool**,
 infoActual: **itConj**(**infoActualFan**))

donde **infoActualFan** es **tupla**(*posicion*: **pos**,
 direccion: **dir**)

Rep : **estr** \rightarrow **bool**

Rep(*e*) \equiv **true** \iff

($\forall t : \text{tupla}$)($t \in e.\text{mapaDisparos} \Rightarrow_L \Pi_1(p), \Pi_2(p) \leq e.\text{paso}$) \wedge

($\forall p : \text{pos}$)($p \in e.\text{disparosFanUltimoPaso} \iff \text{mapaDisp}[pos.x][pos.y].\text{pasoDispFan} = \text{paso}$) \wedge

($\forall ip : \text{infoPJ}$)($ip \in \text{valores}(e.\text{infoJugadores}) \Rightarrow_L (\text{long}(ip.\text{eventos}) \leq \text{paso} \wedge (ip.\text{vivo?} \Rightarrow_L \text{long}(ip.\text{eventos}) = \text{paso}) \wedge (ip.\text{vivo?} \iff \text{no estuvo en las posiciones afectadas por los disparos de los fantasmas en los pasos anteriores.}) \wedge \text{todas las posiciones de los eventos son posiciones libres en } e.\text{mapa} \wedge \text{no hay saltos de posiciones entre 2 eventos consecutivos.} \wedge \text{el cambio de posición entre un evento de } if.\text{eventos y su consecutivo debe ser el correspondiente al cambio de dirección entre ellos, considerando también la libertad de la posición en } e.\text{mapa})) \wedge$

($\forall if : \text{infoFan}$)($if \in e.\text{infoFantasmas} \Rightarrow_L (e.\text{vivo?} \iff \text{no estuvo en las pos afectadas por los disparos de los jugadores en los pasos anteriores.}) \wedge \text{todas las posiciones de } if.\text{eventos son posiciones libres en } e.\text{mapa} \wedge \text{no hay saltos de posiciones entre 2 eventos consecutivos en } if.\text{eventos} \wedge \text{el cambio de posición entre un evento de } if.\text{eventos y su consecutivo debe ser el correspondiente al cambio de dirección entre ellos, considerando también la libertad de la posición en } e.\text{mapa}) \wedge$

($\forall iaf : \text{infoActualFan}$)($iaf \in e.\text{infoActualFantasmasVivos} \Rightarrow_L \text{la posición y dirección son las del evento correspondiente a la posición de la secuencia definida por paso mód long(eventos del fantasma)) \wedge$

$\#e.\text{infoFantasmas} = \text{ronda} + 1 \wedge$

Los tamaños de *e.mapa* y *e.mapaDisparos* son **exactamente** iguales. \wedge

$\neg(\exists p : \text{pos})(\text{Es válida y está ocupada en } e.\text{mapa} \text{ y tiene disparos en } e.\text{mapaDisparos}) \wedge$

Una posición en *e.mapaDisparos* tiene un disparo de un personaje en un paso en particular \iff un personaje disparó ese paso y no hubo disparos posteriores a ese paso efectuados por personajes. \wedge

Una posición en *e.mapaDisparos* tiene un disparo de un fantasma en un paso en particular \iff un fantasma disparó ese paso y no hubo disparos posteriores a ese paso efectuados por fantasmas. \wedge

Si un personaje o fantasma dispara desde una *pos* hacia una *dir*, en el mapa disparos debe haber una línea recta desde esa pos hacia esa dir hasta el fin del mapa o una posición ocupada con valores mayores o iguales al paso en el que se efectuó \wedge

Una *infoPJ* se corresponde con su *infoActual* \iff (está vivo \wedge la posición y la dirección son iguales a las de su último evento \wedge su identidad es la clave que obtiene dicha *infoPJ* en *e.infoJugadores*) \wedge ($\forall iapj : \text{infoActualPJ}$)($iapj \in e.\text{infoActualJugadoresVivos} \iff$ su correspondiente *infoPJ* está vivo) \wedge

($\forall ip : \text{puntero}(\text{infoPJ})$)($ip \in e.\text{infoJugadoresVivos} \iff ip \rightarrow \text{vivo?}$) \wedge

$\#e.\text{infoActualJugadoresVivos} = \#e.\text{infoJugadoresVivos} \wedge$

($\forall if : \text{infoFan}$)($if \in e.\text{infoFantasmas} \Rightarrow_L (\exists n : \text{nat})(\text{long}(if.\text{eventos}) = n * 2 + 5 \wedge_L (\text{los últimos } n \text{ eventos de } if.\text{eventos son los primeros } n \text{ invertidos} \wedge \text{los eventos entre } n \text{ y } n+5 \text{ son pasar})) \wedge$

Una *infoFan* se corresponde con su *infoActual* \iff (está vivo \wedge la posición y la dirección son iguales a las de su último evento efectuado) \wedge

($\forall iaf : \text{infoActualFan}$)($iaf \in e.\text{infoActualFanVivos} \iff$ su correspondiente *infoFan* está vivo) \wedge

($\forall if : \text{infoFan}$)($if \in e.\text{infoFantasmasVivos} \iff if.\text{vivo?}$) \wedge

$\#e.\text{infoActualFantasmasVivos} = \#e.\text{infoFantasmasVivos} \wedge$

El fantasma especial siempre está vivo.

$Abs : \text{estr } e \longrightarrow \text{Juego}$ $\{\text{Rep}(e)\}$
 $Abs(e) =_{\text{obs}} j : \text{Juego} \mid e.mapa =_{\text{obs}} habitacion(j) \wedge$
 $claves(e.infoJugadores) =_{\text{obs}} jugadores(j) \wedge_L$
 $(\forall pj : jugador)(pj \in jugadores(j) \Rightarrow_L acciones(pj, j) =_{\text{obs}} obtener(pj, e.infoJugadores).eventos) \wedge$
 $fantasmas(j) =_{\text{obs}} tomarSubsec(infoFantasmas.eventos, 0, long(fantasmas(j))) \wedge$
 $(\exists if : infoFan)(if \in e.infoFantasmas \wedge if.infoActual =_{\text{obs}} e.infoFantasmaEspecial \wedge_L$
 $if.eventos =_{\text{obs}} fantasmaEspecial(j))$

Algoritmos

Algoritmos del módulo

• iIniciar(in m : mapa, in pjs : conj(jugador), in eventosFan : vector(evento)) $\rightarrow res : \text{estr}$
1: // Inicializo la estructura
2: $res : \langle$
3: // Inicializo contadores
4: paso : 0, $\triangleright \Theta(1)$
5: ronda : 0, $\triangleright \Theta(1)$
6:
7: // Seteo el mapa
8: mapa : m, $\triangleright \Theta(Tam(m)^2)$
9:
10: // Inicializo el mapa de disparos con el mismo tamaño que el mapa
11: mapaDisparos : arreglo(arreglo(tupla(nat, nat))[Tam(m)])[Tam(m)], $\triangleright \Theta(Tam(m)^2)$
12: disparosFanUltimoPaso : Vacio(), $\triangleright \Theta(1)$
13:
14: /a/ Inicializo estructuras de jugadores y fantasmas como vacías
15: infoActualJugadoresVivos : Vacio(), $\triangleright \Theta(1)$
16: infoJugadoresVivos : Vacio(), $\triangleright \Theta(1)$
17: infoJugadores : Vacia(), $\triangleright \Theta(1)$
18: infoFantasmas : Vacio(), $\triangleright \Theta(1)$
19: infoActualFantasmasVivos : Vacio(), $\triangleright \Theta(1)$
20: infoFantasmasVivos : Vacia(), $\triangleright \Theta(1)$
21: infoFantasmaEspecial : CrearIt(Vacio()) $\triangleright \Theta(1)$
22: \rangle
23:
24: // Inicializo los jugadores
25: iIniciarJugadores(res, m, pjs) $\triangleright \Theta(\#pjs * |pjMasLargo| + locJugadores)$
26:
27: // Creo el nuevo fantasma
28: iNuevoFanEspecial(res, eventosFan) $\triangleright \Theta(long(eventosFan)^2)$

Complejidad: $\Theta(m^2 + \#pjs * |pjMasLargo| + locJugadores + long(eventosFan)^2)$

Justificación: Copiar y generar iteradores, tuplas y conjuntos es $\Theta(1)$.

```

iIniciarJugadores(in/out  $j$ : estr, in  $m$ : mapa, in  $pjs$ : conj(jugador)) ▷ Función privada
1: // Suponemos la existencia de la función
2: //  $dict(jugador, tupla(pos, dir))$   $localizarJugadores(m, pjs)$ 
3:
4: // Obtengo las posiciones y direcciones de jugadores
5:  $localPJs \leftarrow localizarJugadores(m, pjs)$  ▷  $\Theta(locJugadores)$ 
6:
7: // Lleno las estructuras de jugadores
8: for ( $pj, localizacion$  :  $localPJs$ ) do ▷  $\mathcal{O}(\#pjs * (|pjMasLargo| + copy(infoMasGrande)))$ 
9:   // Creo la infoActual y la agrego a su conjunto
10:   $infoActual \leftarrow \langle identidad : pj, posicion : localizacion.pos, direccion : localizacion.dir \rangle$  ▷
    $\Theta(copy(pj)) = \Theta(|pj|)$ 
11:   $itInfoActual \leftarrow AgregarRapido(j.infoActualJugadoresVivos, infoActual)$  ▷  $\Theta(copy(infoActual))$ 
12:
13:  // Creo la infoPJ con la actual
14:   $info \leftarrow iNuevaInfoPJ(localizacion, itInfoActual)$  ▷  $\Theta(1)$ 
15:  // La agrego al trie y me guardo el puntero a la info guardada
16:   $infoPtr \leftarrow \&Definir(j.infoJugadores, pj, info)$  ▷  $\Theta(|pj| + copy(info))$ 
17:
18:  // Agrego al conjunto de jugadores vivos el puntero a la info del PJ
19:   $AgregarRapido(j.infoJugadoresVivos, infoPtr)$  ▷  $\Theta(1)$ 
20: end for

```

Pre: pjs no es vacío

Post: se inicializan las estructuras de los jugadores

Complejidad: $\mathcal{O}(\#pjs * |pjMasLargo| + locJugadores)$

Justificación: Copiar y generar iteradores, tuplas y conjuntos es $\Theta(1)$. Definir es $\Theta(|pj|)$ ya que copiar la tupla de info es $\Theta(|pj|)$ (porque hay que copiar el nombre) y definir también. Luego, definir $\#pjs$ es $\mathcal{O}(\#pjs * |pjMasLargo|)$. Finalmente, la complejidad de todo el algoritmo es $\mathcal{O}(\#pjs * |pjMasLargo| + locJugadores)$.

```

iNuevaInfoPJ(in  $localizacion$ : tupla(pos, dir), in  $itInfoActual$ : itConj(infoActualPJ))  $\rightarrow res$ : infoPJ ▷
Función privada

```

```

1: // Armo la infoPJ
2:  $res \leftarrow \{$  ▷  $\Theta(1)$ 
3:    $eventos : iCrearEventosConLocalizacion(localizacion)$ 
4:    $vivo? : true$ 
5:    $infoActual : itInfoActual$ 
6:  $\}$ 

```

Pre: el iterador es válido

Post: se genera la info pj con el iterador y los

Complejidad: $\Theta(1)$

Justificación: Copiar y generar iteradores, tuplas y conjuntos es $\Theta(1)$.

iCrearEventosConLocalizacion(in *localizacion* : tupla(pos, dir)) → *res* : lista(evento) ▷ Función privada

```

1: // Creo el evento
2: evento ← ⟨ ▷ Θ(1)
3:   pos : localizacion.pos,
4:   dir : localizacion.dir,
5:   disparo? : false
6: ⟩
7:
8: // Creo una lista con él
9: evts ← Vacía() ▷ Θ(1)
10: AgregarAtras(evts, evento) ▷ Θ(copy(evento))
11:
12: // La devuelvo
13: res ← evts

Pre: true
Post: se genera una lista con un solo evento que contiene la info de la localizacion
Complejidad: Θ(1)
Justificación: Copiar y generar tuplas, listas y eventos es Θ(1).
```

iNuevoFanEspecial(in/out *j* : estr, in *eventosFan* : vector(evento)) ▷ Función privada

```

1: // Creo la infoActual y la agrego a su conjunto
2: infoActualFan ← ⟨posicion : eventosFan[0].pos, direccion : eventosFan[0].dir⟩ ▷ Θ(1)
3: itInfoActualFan ← AgregarRapido(infoActualFan, j.infoActualFantasmasVivos) ▷ Θ(copy(infoActual))
4:
5: // Hago que el fantasma especial sea este
6: j.infoFantasmaEspecial ← itInfoActualFan ▷ Θ(1)
7:
8: // Le doy forma al vector de eventos
9: nuevosEventosFan ← Inversa(eventosFan) ▷ Θ(Longitud(eventosFan)2)
10:
11: // Creo la infoFan con la actual
12: infoFan ← ⟨eventos : nuevosEventosFan, vivo? : true, infoActual : itInfoActualFan⟩ ▷ Θ(1)
13: // La agrego al conjunto de información de fantasmas y me guardo su iterador
14: itInfoFan ← AgregarRapido(infoFan, j.infoFantasmas) ▷ Θ(copy(infoFan))
15:
16: // Agrego al conjunto de fantasmas vivos el interador a la info del Fan
17: AgregarRapido(itInfoFan, j.infoFantasmasVivos) ▷ Θ(copy(itInfoFan))

Pre: eventosFan no es vacío
Post: Se agrega un nuevo fantasma (el especial) a todas las estructuras de forma correcta
Complejidad: Θ(long(eventosFan)2)
Justificación: Copiar y generar iteradores, tuplas y conjuntos es Θ(1).
```

• **iInfoActualPjVivos**(in *j* : estr) → *res* : conj(infoActualPJ)

```

1: res ← j.infoActualJugadoresVivos

Complejidad: Θ(1)
```

• **iInfoActualFanVivos**(in *j* : estr) → *res* : conj(infoActualFan)

```

1: res ← j.infoActualFantasmasVivos

Complejidad: Θ(1)
```

• **iInfoActualFanEspecial**(in j : **estr**) $\rightarrow res$: infoActualFan

1: $res \leftarrow Siguiente(j.infoFantasmaEspecial)$

Complejidad: $\Theta(1)$

• **iInfoActualFanVivosQueDisp**(in j : **estr**) $\rightarrow res$: conj(infoActualFan)

1: $fantasmasVivosQueDisp \leftarrow Vacio()$

$\triangleright \Theta(1)$

2:

3: // Recorro los fantasmas vivos y agrego a res los que estan vivos y disparando

4: **for** itInfoFan : $j.infoFantasmasVivos$ **do**

$\triangleright \Theta(\#fv)$

5: $infoFan \leftarrow Siguiente(itInfoFan)$

6:

7: **if** $iEventoActualFan(infoFan, j.paso).dispara?$

8: **then** $AgregarRapido(fantasmasVivosQueDisp, Siguiente(infoFan.infoActual))$ $\triangleright \Theta(copy(infoActual))$

9: **end if**

10: **end for**

11:

12: $res \leftarrow fantasmasVivosQueDisp$

Complejidad: $\Theta(\#fv)$

Justificacion: Copiar una infoActual es $\Theta(1)$, ya que copiar tuplas y bools es $\Theta(1)$.

• **iVivo?**(in j : **estr**, in pj : **string**) $\rightarrow res$: bool

1: $res \leftarrow Significado(j.infoJugadores, pj).vivo?$

$\triangleright \Theta(|pj|)$

Complejidad: $\Theta(|pj|)$

• **iEjecutarAccion**(in/out j : estr, in a : accion, in pj : jugador) $\rightarrow res$:estr

```

1: // Incremento el paso
2:  $j.paso \leftarrow j.paso + 1$   $\triangleright \Theta(1)$ 
3:
4: // Actualizo la información del jugador con la nueva acción,
5: // y me guardo una referencia a su info modificada
6:  $infoPJ \leftarrow iActualizarPJ(pj, a)$   $\triangleright \Theta(|pj|)$ 
7:  $evtPJ \leftarrow iEventoActualPJ(infoPJ)$   $\triangleright \Theta(1)$ 
8:
9: // Reinicio los disparos de fantasmas
10:  $iReiniciarDisparosFan(j)$   $\triangleright \mathcal{O}(1)$ 
11:
12: // Modifico el mapa de disparos (solo si dispara)
13:  $iActualizarMapaDisparosConPJ(j, evtPJ)$   $\triangleright \mathcal{O}(m)$ 
14:
15: // Veo que fantasmas mueren, guardandome si murió el fantasma especial
16:  $murioFanEspecial \leftarrow iChequearMuerteFantasmas(j)$   $\triangleright \Theta(\#fv)$ 
17:
18: // Si murió el fantasma especial, cambio de ronda
19: if  $murioFanEspecial$  then
20:    $iNuevaRonda(j, infoPJ) \triangleright \mathcal{O}(m^2 + \#f + locJugadores + \#j * (|pjMasLargo| + Longitud(evMasLarg)))$ 
21: else
22:   // Sigo en la misma ronda
23:   // Actualizo las acciones de los fantasmas,
24:   // actualizando el mapa de disparos si disparan.
25:    $iActualizarFantasmas(j)$   $\triangleright \mathcal{O}(\#fv * m)$ 
26:
27:   // Veo que jugadores mueren
28:    $iChequearMuerteJugadores(j)$   $\triangleright \Theta(\#jv)$ 
29:
30:   // Agrego los 'pasar' faltantes
31:    $iAgregarPasarFaltantes(j)$   $\triangleright \Theta(\#jv)$ 
32: end if

```

Complejidad sin cambiar: $\mathcal{O}(|pj| + m + \#fv + \#fv * m + \#jv) \in \mathcal{O}(|pj| + \#fv * m + \#jv)$

Complejidad cambiando: $\mathcal{O}(|pj| + m^2 + \#f + locJugadores + \#j * (|pjMasLargo| + Longitud(eventoMasLargo)))$

iActualizarPJ(in pj : jugador, in a : accion) $\rightarrow res$: infoPJ ▷ Funcion privada

```

1: // Busco la información del PJ enviando infoJugadores como referencia modificable
2:  $infoPJ \leftarrow Significado(j.infoJugadores, pj)$  ▷  $\Theta(|pj|)$ 
3:
4: // Genero un evento con la acción y el evento anterior (el actual)
5:  $evtPJ \leftarrow Aplicar(a, j, iEventoActualPJ(infoPJ))$  ▷  $\Theta(1)$ 
6:
7: // Agrego el evento al jugador
8:  $AgregarAtras(infoPJ.eventos, evtPJ)$  ▷  $\Theta(copy(evtPJ))$ 
9:
10: // Obtengo su información actual
11:  $itInfoActual \leftarrow infoPJ.infoActual$  ▷  $\Theta(1)$ 
12:
13: // La actualizo
14:  $Siguiente(itInfoActual).posicion \leftarrow evt.pos$  ▷  $\Theta(1)$ 
15:  $Siguiente(itInfoActual).direccion \leftarrow evt.dir$  ▷  $\Theta(1)$ 
16:
17: // Devuelvo la info del pj
18:  $res \leftarrow infoPJ$ 

```

Pre: pj está definido en $j.infoJugadores$
Post: Se actualiza la info del personaje y se devuelve una referencia a ella
Complejidad: $\Theta(|pj|)$
Justificación: Copiar tuplas, naturales y operaciones del iterador son $\Theta(1)$.

iEventoActualPJ(in $info$: infoPJ) $\rightarrow res$: evento ▷ Funcion privada

```

1:  $res \leftarrow Ultimo(info.eventos)$  ▷  $\Theta(1)$ 

```

Pre: true
Post: Se devuelve el último evento de $info.eventos$
Complejidad: $\Theta(1)$
Justificación: La operación Último sobre una lista es $\Theta(1)$

iReiniciarDisparosFan(in/out j : estr) ▷ Funcion privada

```

1: // Vacío la lista de disparos del ultimo paso
2: // Al asignarle vacío, se libera la memoria que ocupaba anteriormente.
3:  $j.disparosFanUltimoPaso \leftarrow Vacio()$  ▷  $\mathcal{O}(1)$ 

```

Pre: true
Post: La lista de disparos de fantasmas es vacía
Complejidad: $\mathcal{O}(1)$
Justificación: Liberar la memoria de un conjunto de tuplas de naturales es $\mathcal{O}(1)$.

iActualizarMapaDisparosConPJ(in/out j : estr, in $evtPJ$: evento) ▷ Funcion privada

```

1: // Si dispara, agrego las posiciones afectadas por su disparo al mapa de disparos.
2: if  $evtPJ.dispara?$ 
3: then  $iAgregarDisparo(j, evtPJ.pos, evtPJ.dir, false)$  ▷  $\mathcal{O}(m)$ 
4: end if

```

Pre: La posicion del evento es valida en el mapa del juego.
Post: Si el evento es disparar, se llena el mapa con los disparos correctos.
Complejidad: $\mathcal{O}(m)$

```

iAgregarDisparo(in/out j : estr, in pos : pos, in dir : dir, in esFan : bool)           ▷ Funcion privada
1: // Copio pos para no modificar el original
2: posCopy ← copy(pos)                                                                 ▷  $\Theta(1)$ 
3:
4: // Parado desde posCopy en mapaDisparos, recorro hacia dir
5: // hasta que me choco con un obstaculo o la pared.
6: while Valida?(j.mapa, posCopy)  $\wedge$  Libre(j.mapa, posCopy) do                               ▷  $\mathcal{O}(Tam(j.mapa))$ 
7:   // Me guardo una referencia al pasoDisp correcto
8:   if esFan
9:     then pasoDisp ← mapaDisparos[pos.x][pos.y].pasoDispFan                               ▷  $\Theta(1)$ 
10:    else pasoDisp ← mapaDisparos[pos.x][pos.y].pasoDispPJ                               ▷  $\Theta(1)$ 
11:    end if
12:
13:   // Si no pasé ya por está posición con otro
14:   // (i.e si en el mapa de disparos no está ya el paso actual)
15:   if pasoDisp ≠ j.paso then
16:     // Le pongo el paso actual al paso en el que hubo un disparo
17:     pasoDisp ← j.paso                                                                 ▷  $\Theta(1)$ 
18:
19:     // Si es un fantasma, agrego la posición al conjunto de disparos de fantasmas
20:     if esFan
21:       then AgregarRapido(j.disparosFanUltimoPaso, posCopy)                               ▷  $\Theta(copy(posCopy))$ 
22:       end if
23:   end if
24:
25:   // Avanzo la posición en esa dirección
26:   pos ← Avanzar(posCopy, dir)                                                         ▷  $\Theta(1)$ 
27: end while

```

Pre: La pos es valida en el mapa del juego.

Post: Si el evento es disparar, se llena el mapa con los disparos correctos.

Complejidad: $\mathcal{O}(m)$

Justificación: Copiar naturales, indexar y tomar referencia son $\Theta(1)$. Luego, como hacemos operaciones que son $\Theta(1)$ y lo hacemos a lo sumo $Tam(j.mapa)$ veces, tenemos $\mathcal{O}(Tam(j.mapa))$.

```

iChequearMuerteFantasmas(in/out  $j$ : estr)  $\rightarrow res$ : bool ▷ Funcion privada
1: // Me guardo si el fantasma especial muere
2:  $muereFanEspecial \leftarrow false$ 
3:
4: // Recorro los fantasmas vivos con un iterador
5:  $itFanVivos \leftarrow CrearIt(j.infoFantasmasVivos)$ 
6:
7: while HaySiguiente(itFanVivos) do ▷  $\Theta(\#fv)$ 
8:   // Obtengo su info
9:    $infoFan \leftarrow Siguiente(Siguiente(itFanVivos))$  ▷  $\Theta(1)$ 
10:
11:   // Obtengo su evento actual
12:    $eventoActual \leftarrow iEventoActualFan(infoFan, j.paso)$  ▷  $\Theta(1)$ 
13:
14:   if  $iFanAfectadoPorDisparo(j, eventoActual.pos)$  ▷  $\Theta(1)$ 
15:   then  $muereFanEspecial \leftarrow iMuereFan(j, itFanVivos)$  ▷  $\Theta(1)$ 
16:   end if
17:
18:   // Avanzo el iterador
19:    $Avanzar(itFanVivos)$  ▷  $\Theta(1)$ 
20: end while
21:
22: // Retorno si murio el fan especial
23:  $res \leftarrow muereFanEspecial$ 

Pre: true
Post: Mata a los fantasmas que están en posiciones en las que hay disparos en este paso
Complejidad:  $\Theta(\#fv)$ 

```

```

iFanAfectadoPorDisparo(in  $j$ : estr, in  $pos$ : pos)  $\rightarrow res$ : bool ▷ Funcion privada
1: // El Fan estará afectado si en la posición en la que está hay un disparo de un PJ en el paso actual
2: // Indexo por su posición en el mapa de disparos
3:  $pasoDispPJ \leftarrow j.mapaDisparos[pos.x][pos.y].pasoDispPJ$  ▷  $\Theta(1)$ 
4:
5: // Estará afectado si el paso del disparo del PJ es igual al actual
6:  $afectado? \leftarrow (pasoDispPJ == j.paso)$  ▷  $\Theta(1)$ 
7:  $res \leftarrow afectado?$ 

Pre: pos es valida en el mapa
Post: res es true sii en pos hay un disparo de un jugador en este paso
Complejidad:  $\Theta(1)$ 

```

iMuereFan(in/out j : **estr**, in/out $itFanVivos$: **itConj**(**itConj**(**infoFan**))) $\rightarrow res$: **bool** ▷ Funcion privada

```

1: // Obtengo la info
2:  $infoFan \leftarrow Siguiente(Siguiente(itFanVivos))$  ▷  $\Theta(1)$ 
3:
4: // Lo seteo como muerto
5:  $infoFan.vivo? \leftarrow false$  ▷  $\Theta(1)$ 
6:
7: // Obtengo la info actual
8:  $itInfoActual \leftarrow infoFan.infoActual$  ▷  $\Theta(1)$ 
9:
10: // Veo si es el fantasma especial
11:  $eraFanEspecial \leftarrow (itInfoActual == j.infoFantasmaEspecial)$  ▷  $\Theta(1)$ 
12:
13: // Lo borro de infoActualFantasmasVivos
14:  $EliminarSiguiente(itInfoActual)$  ▷  $\Theta(1)$ 
15:
16: // Lo borro de infoFantasmasVivos
17:  $EliminarSiguiente(itFanVivos)$  ▷  $\Theta(1)$ 
18:
19: // Retorno si era el fantasma especial
20:  $res \leftarrow eraFanEspecial$ 

Pre: el iterador es valido
Post: Saca al fantasma de las estructuras que solo tienen vivos
Complejidad:  $\Theta(1)$ 

```

iNuevaRonda(in/out j : **estr**, in $pjMatoFanEspecial$: **infoPJ**) ▷ Funcion privada

```

1: // Incremento la ronda
2:  $j.ronda \leftarrow j.ronda + 1$  ▷  $\Theta(1)$ 
3:
4: // Reinicio el paso
5:  $j.paso \leftarrow 0$  ▷  $\Theta(1)$ 
6:
7: // Reinicio el mapa de disparos y los disparos de los fantasmas
8:  $iReiniciarMapaDisparos(j)$  ▷  $\Theta(m^2)$ 
9:  $iReiniciarDisparosFan(j)$  ▷  $\mathcal{O}(1)$ 
10:
11: // Reinicio los fantasmas
12:  $iReiniciarFantasmas(j)$  ▷  $\Theta(\#f)$ 
13:
14: // Agrego el nuevo fan especial luego de convertir la lista en un vector
15:  $nuevoFan \leftarrow Vectorizar(pjMatoFanEspecial.eventos)$ 
16:  $iNuevoFanEspecial(j, nuevoFan)$  ▷  $\Theta(long(nuevoFan))$ 
17:
18: // Reinicio los jugadores
19:  $iReiniciarJugadores(j)$  ▷  $\mathcal{O}(locJugadores + \#j * (|pjMasLargo| + Longitud(eventoMasLargo)))$ 

Pre: el pj es uno de los del juego
Post: se agrega un nuevo fantasma especial correspondiente al jugador que lo mató.  $\wedge$  Se reinician todas las estructuras
Complejidad:  $\mathcal{O}(m^2 + \#f + locJugadores + \#j * (|pjMasLargo| + Longitud(eventoMasLargo)))$ 

```

```

iReiniciarMapaDisparos(in/out  $j$  : estr) ▷ Funcion privada
1: // Recorro todas las posiciones y las pongo en 0
2: for  $i \leftarrow 0 \dots Tam(j.mapaDisparos)$  ▷  $\Theta(m^2)$ 
3:   for  $j \leftarrow 0 \dots Tam(j.mapaDisparos)$  ▷  $\Theta(m)$ 
4:      $j.mapaDisparos[i][j].pasoDispFan \leftarrow 0$  ▷  $\Theta(1)$ 
5:      $j.mapaDisparos[i][j].pasoDispPJ \leftarrow 0$  ▷  $\Theta(1)$ 
6:   end for
7: end for

Pre: true
Post: el mapa de disparos no tiene mas disparos
Complejidad:  $\Theta(m^2)$ 

```

```

iReiniciarFantasmas(in/out  $j$  : estr) ▷ Funcion privada
1: // Vacío la información de los fantasmas vivos, liberando la memoria que ocupaba.
2:  $infoFantasmasVivos \leftarrow Vacio()$  ▷  $\Theta(1)$ 
3:  $infoActualFantasmasVivos \leftarrow Vacio()$  ▷  $\Theta(1)$ 
4:
5: // Recorro infoFantasmas con un iterador
6:  $itInfoFan \leftarrow CrearIt(j.infoFantasmas)$  ▷  $\Theta(1)$ 
7: while HaySiguiente(itInfoFan) do ▷  $\Theta(\#f)$ 
8:   // Obtengo su info
9:    $info \leftarrow Siguiente(itInfoFan)$  ▷  $\Theta(1)$ 
10:
11:   // Lo seteo como vivo
12:    $info.vivo? \leftarrow true$  ▷  $\Theta(1)$ 
13:
14:   // Creo su infoActual y la agrego a infoActualFantasmasVivos, guardandome su iterador
15:    $infoActualFan \leftarrow \langle posicion : info.eventos[0].pos, direccion : info.eventos[0].dir \rangle$  ▷  $\Theta(1)$ 
16:    $itInfoActualFan \leftarrow AgregarRapido(j.infoActualFantasmasVivos, infoActualFan)$  ▷
    $\Theta(copy(infoActualFan))$ 
17:
18:   // Le seteo el iterador a la info actual
19:    $info.infoActual \leftarrow itInfoActualFan$  ▷  $\Theta(1)$ 
20:
21:   // Agrego un iterador a su info a infoFantasmasVivos
22:    $AgregarRapido(j.infoFantasmasVivos, itInfoFan)$  ▷  $\Theta(copy(itInfoFan))$ 
23: end while
24:

Pre: true
Post: todos los fantasmas están en las estructuras de vivos
Complejidad:  $\Theta(\#f)$ 
Justificación: Copiar iteradores, tuplas, naturales, etc. es  $\Theta(1)$ 

```

iReiniciarJugadores(in/out j: estr)	▷ Funcion privada
1: // Vacío las estructuras de vivos	
2: $j.infoActualJugadoresVivos \leftarrow Vacio()$	▷ $\mathcal{O}(1)$
3: $j.infoJugadoresVivos \leftarrow Vacio()$	▷ $\mathcal{O}(1)$
4:	
5: // Obtengo sus localizaciones	
6: $localPJs \leftarrow localizarJugadores(j.mapa, Claves(j.infoJugadores))$	▷ $\Theta(locJugadores)$
7:	
8: // Por cada clave y valor de las localizaciones,	
9: for $pj, localizacion : localPJs$ do	▷ $\mathcal{O}(\#j * (pjMasLargo + Longitud(eventoMasLargo)))$
10: // Obtengo $infoPJ$ del trie por referencia modificable (enviandole infoJugadores como modificable)	
11: $infoPJ \leftarrow Significado(j.infoJugadores, pj)$	▷ $\Theta(pj)$
12:	
13: // Vacío los eventos, así liberando la memoria que ocupaban	
14: $infoPJ.eventos \leftarrow Vacio()$	▷ $\Theta(1)$
15:	
16: // Creo una lista de eventos con la localización y se la seteo	
17: $infoPJ.eventos \leftarrow iCrearEventosConLocalizacion(localizacion)$	▷ $\Theta(1)$
18:	
19: // Lo seteo como vivo	
20: $infoPJ.vivo? \leftarrow true$	▷ $\Theta(1)$
21:	
22: // Creo una info actual	
23: $infoActualPJ \leftarrow \langle identidad : pj, posicion : localizacion.pos, direccion : localizacion.dir \rangle$	▷ $\Theta(pj)$
24:	
25: // La agrego a $infoActualJugadoresVivos$ y me guardo itInfoActual	
26: $itInfoActual \leftarrow AgregarRapido(j.infoActualJugadoresVivos, infoActualPJ)$	▷ $\Theta(1)$
27:	
28: // Le seteo infoActual a infoPJ con el iterador	
29: $infoPJ.infoActual \leftarrow itInfoActual$	▷ $\Theta(1)$
30:	
31: // Agrego un puntero a la infoPJ a $infoJugadoresVivos$	
32: $AgregarRapido(j.infoJugadoresVivos, \&infoPJ)$	▷ $\Theta(1)$
33: end for	
<u>Pre:</u> true	
<u>Post:</u> todos los fantasmas están en las estructuras de vivos	
<u>Complejidad:</u> $\mathcal{O}(locJugadores + \#j * (pjMasLargo + Longitud(eventoMasLargo)))$	
<u>Justificacion:</u> Copiar tuplas, iteradores y direcciones es $\Theta(1)$	

```

iActualizarFantasmas(in/out j : estr) ▷ Función privada
1: // Recorro los fantasmas vivos
2: for (itInfoFan : j.infoFantasmasVivos) do ▷  $\Theta(\#fv)$ 
3:   // Obtengo la información del fantasma
4:   infoFan  $\leftarrow$  Siguiente(itInfoFan) ▷  $\Theta(1)$ 
5:
6:   // Actualizo su información actual, obteniendo el evento actual
7:   eventoActual  $\leftarrow$  iActualizarFan(infoFan, j.paso) ▷  $\Theta(1)$ 
8:
9:   // Si dispara, agrego su disparo a los del paso
10:  if eventoActual.dispara?
11:  then iAgregarDisparo(j, eventoActual.pos, eventoActual.dir, true) ▷  $\mathcal{O}(m)$ 
12:  end if
13: end for

```

Pre: truePost: actualiza las acciones de los fantasmas, actualizando el mapa de disparos si disparan.Complejidad: $\mathcal{O}(\#fv * m)$ Justificación: Tomar referencia del elemento al que apunta un iterador y copiar un evento es $\Theta(1)$.

```

iActualizarFan(in/out info : infoFan, in paso : nat)  $\rightarrow$  res : evento ▷ Funcion privada
1: // Obtengo el evento actual
2: eventoActual  $\leftarrow$  iEventoActualFan(infoFan, paso) ▷  $\Theta(1)$ 
3:
4: // Obtengo el iterador a la info actual
5: itInfoActual  $\leftarrow$  info.infoActual ▷  $\Theta(1)$ 
6:
7: // La actualizo con el eventoActual
8: Siguiente(itInfoActual).posicion  $\leftarrow$  eventoActual.pos ▷  $\Theta(1)$ 
9: Siguiente(itInfoActual).direccion  $\leftarrow$  eventoActual.dir ▷  $\Theta(1)$ 
10:
11: // Devuelvo el evento actual
12: res  $\leftarrow$  eventoActual

```

Pre: truePost: actualiza la info actual del fantasmaComplejidad: $\Theta(1)$ Justificación: Actualizar el iterador y generar el eventoActual es $\Theta(1)$.

```

iEventoActualFan(in info : infoFan, in paso : nat)  $\rightarrow$  res : evento ▷ Funcion privada
1: idx  $\leftarrow$  mod(j.paso, Longitud(info.eventos)) ▷  $\Theta(1)$ 
2: res  $\leftarrow$  info.eventos[idx] ▷  $\Theta(1)$ 

```

Pre: truePost: devuelve el evento que corresponde al paso actualComplejidad: $\Theta(1)$ Justificación: La operaciones matemáticas y la indexación en un vector es $\Theta(1)$.

```

iChequearMuerteJugadores(in/out  $j$ : estr) ▷ Funcion privada
1: // Recorro los jugadores vivos con un iterador
2:  $itPJVivos \leftarrow CrearIt(j.infoJugadoresVivos)$  ▷  $\Theta(1)$ 
3:
4: while HaySiguiente( $itPJVivos$ ) do ▷  $\Theta(\#jv)$ 
5:   // Obtengo su evento actual
6:    $ptrInfoPJ \leftarrow Siguiente(itPJVivos)$  ▷  $\Theta(1)$ 
7:    $eventoActual \leftarrow iEventoActualPJ(*ptrInfoPJ)$  ▷  $\Theta(1)$ 
8:
9:   if  $iPJAfectadoPorDisparo?(j, eventoActual.pos)$  ▷  $\Theta(1)$ 
10:  then  $iMuerePJ(j, itPJVivos)$  ▷  $\Theta(1)$ 
11:  end if
12:
13:   // Avanzo el iterador
14:    $Avanzar(itPJVivos)$  ▷  $\Theta(1)$ 
15: end while

Pre: true
Post: quita al jugador de las estr de vivos y lo deja como muerto si está en una pos en la que hay un disparo de un fan
Complejidad:  $\Theta(\#jv)$ 
Justificación: Crear punteros, iteradores y tuplas es  $\Theta(1)$ .
16:

```

```

iPJAfectadoPorDisparo?(in  $j$ : estr, in  $pos$ : pos)  $\rightarrow res$ : bool ▷ Funcion privada
1: // El PJ estará afectado si en la posición en la que está hay un disparo de un fantasma
2: // Indexo por su posición en el mapa de disparos para obtener el paso en el que hubo un disparo del fantasma
3:  $pasoDispFan \leftarrow j.mapaDisparos[pos.x][pos.y].pasoDispFan$  ▷  $\Theta(1)$ 
4:
5: // Estará afectado si el paso del disparo del fantasma es igual al actual
6:  $afectado? \leftarrow (pasoDispFan == j.paso)$  ▷  $\Theta(1)$ 
7:  $res \leftarrow afectado?$ 

Pre: la pos es válida en el mapa del juego
Post: El PJ estará afectado si en la posición en la que está hay un disparo de un fantasma
Complejidad:  $\Theta(1)$ 
Justificación: La indexación en arreglos es  $\Theta(1)$ 

```

```

iMuerePJ(in/out  $j$ : estr, in/out  $itPJVivos$ : itConj(puntero(infoPJ))) ▷ Funcion privada
1: // Obtengo una referencia modificable a su información
2:  $infoPJ \leftarrow *Siguiente(itPJVivos)$  ▷  $\Theta(1)$ 
3:
4: // Lo seteo como muerto
5:  $infoPJ.vivo? \leftarrow false$  ▷  $\Theta(1)$ 
6:
7: // Lo borro del conjunto infoActualJugadoresVivos
8:  $EliminarSiguiente(infoPJ.infoActual)$  ▷  $\Theta(1)$ 
9:
10: // Lo borro del conjunto infoJugadoresVivos
11:  $EliminarSiguiente(itPJVivos)$  ▷  $\Theta(1)$ 

Pre: el iterador es válido
Post: modifica el booleano y quita su info de las estr de vivos
Complejidad:  $\Theta(1)$ 
Justificación: Las operaciones del iterador son  $\Theta(1)$ 

```

iAgregarPasarFaltantes(in/out j : estr) ▷ Funcion privada

```

1: // Recorro a todos los jugadores vivos, y le agrego un pasar a los jugadores que no se movieron
2: for ptrInfoPJ : j.infoJugadoresVivos do ▷  $\Theta(\#jv)$ 
3:   // Si su lista de acciones no es de la misma longitud que el paso actual + 1,
4:   // entonces es necesario agregarle una acción pasar
5:   if Longitud(infoPJ.eventos)  $\neq$  j.paso + 1 then
6:     // Genero el evento pasar ▷  $\Theta(1)$ 
7:     eventoPasar  $\leftarrow$  {
8:       pos : Ultimo(infoPJ.eventos).pos,
9:       dir : Ultimo(infoPJ.eventos).dir,
10:      disparo? : false
11:    }
12:   // Lo agrego al final
13:   AgregarAtras(infoPJ.eventos, eventoPasar) ▷  $\Theta(\text{copy}(\text{eventoPasar}))$ 
14: end if
15: end for

Pre: true
Post: agrega 'pasar' a los jugadores que no hayan realizado una acción
Complejidad:  $\Theta(\#jv)$ 
Justificacion: Copiar un evento es  $\Theta(1)$ 

```

• iPasarTiempo(in/out j : estr)

```

1: // Incremento el paso
2:  $j.paso \leftarrow j.paso + 1$  ▷  $\Theta(1)$ 
3:
4: // Reinicio los disparos de fantasmas
5: iReiniciarDisparosFan( $j$ ) ▷  $\mathcal{O}(1)$ 
6:
7: // Actualizo las acciones de los fantasmas,
8: // actualizando el mapa de disparos si disparan.
9: iActualizarFantasmas( $j$ ) ▷  $\mathcal{O}(\#fv * m)$ 
10:
11: // Veo que jugadores mueren
12: iChequearMuerteJugadores( $j$ ) ▷  $\Theta(\#jv)$ 
13:
14: // Agrego los 'pasar' faltantes
15: iAgregarPasarFaltantes( $j$ ) ▷  $\Theta(\#jv)$ 

Complejidad:  $\mathcal{O}(\#fv * m + \#jv)$ 

```

• iPosOcupadasPorDisparosFan(in j : estr) \rightarrow res : conj(posicion)

```

1: res  $\leftarrow j.disparosFanUltimoPaso$ 

Complejidad:  $\Theta(1)$ 

```

iHabitacion(in j : estr) \rightarrow res : mapa

```

1: res  $\leftarrow j.mapa$ 

Complejidad:  $\Theta(1)$ 

```

iFantasmas(**in** j : **estr**) $\rightarrow res$: conj(vector(evento))

```

1:  $res \leftarrow Vacio()$   $\triangleright \Theta(1)$ 
2: for ( $infoFan$  :  $j.infoFantasmas$ ) do  $\triangleright \mathcal{O}(\#f * Longitud(eventoMasLargo))$ 
3:    $AgregarRapido(res, infoFan.eventos)$   $\triangleright \Theta(copy(infoFan.eventos)) = \Theta(Longitud(infoFan.eventos))$ 
4: end for

```

Complejidad: $\mathcal{O}(\#f * Longitud(eventoMasLargo))$

iFantasmaEspecial(**in** j : **estr**) $\rightarrow res$: vector(evento)

```

1: for ( $infoFan$  :  $j.infoFantasmas$ ) do  $\triangleright \Theta(\#f)$ 
2:   if ( $infoFan.infoActual == j.infoFantasmaEspecial$ )
3:     then  $res \leftarrow infoFan.eventos$ 
4:   end if
5: end for

```

Complejidad: $\Theta(\#f)$

iJugadores(**in** j : **estr**) $\rightarrow res$: conj(string)

```

1:  $res \leftarrow Claves(j.infoJugadores)$   $\triangleright \Theta(1)$ 

```

Complejidad: $\Theta(1)$

iAcciones(**in** pj : **string**, **in** j : **estr**) $\rightarrow res$: lista(evento)

```

1:  $res \leftarrow Significado(j.infoJugadores, pj).eventos$   $\triangleright \Theta(|pj|)$ 

```

Complejidad: $\Theta(|pj|)$

3. Módulo Mapa

El módulo Mapa provee una habitación en la que se puede ocupar y consultar por una posición en $\Theta(1)$.

Interfaz

generos: mapa.

se explica con: HABITACIÓN.

Operaciones básicas del mapa

NUEVOMAPA(**in** $n : \text{nat}$) $\rightarrow res : \text{mapa}$

Pre $\equiv \{\text{true}\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{nuevaHab}(n)\}$

Complejidad: $\Theta(n^2)$

Descripción: genera un mapa de tamaño $n \times n$.

OCUPAR(**in/out** $m : \text{mapa}$, **in** $p : \text{pos}$)

Pre $\equiv \{m =_{\text{obs}} m_0 \wedge p \in \text{casilleros}(m) \wedge \text{libre}(m, p) \wedge \text{alcanzan}(\text{libres}(m) - p, \text{libres}(m) - p, m)\}$

Post $\equiv \{m =_{\text{obs}} \text{ocupar}(c, m_0)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: ocupa una posición del mapa siempre y cuando éste no deje de ser conexo.

TAM(**in** $m : \text{mapa}$) $\rightarrow res : \text{nat}$

Pre $\equiv \{\text{true}\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{tam}(m)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: devuelve el tamaño del mapa.

LIBRE(**in** $m : \text{mapa}$, **in** $p : \text{pos}$) $\rightarrow res : \text{bool}$

Pre $\equiv \{p \in \text{casilleros}(m)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{libre}(p, m)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: devuelve si una posición está ocupada.

VALIDA?(**in** $m : \text{mapa}$, **in** $p : \text{pos}$) $\rightarrow res : \text{bool}$

Pre $\equiv \{\text{true}\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} 0 \leq \Pi_1(pos) < \text{tam}(m) \wedge 0 \leq \Pi_2(pos) < \text{tam}(m)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: devuelve si una posición es válida en el mapa.

COPIAR(**in** $m : \text{mapa}$) $\rightarrow res : \text{mapa}$

Pre $\equiv \{\text{true}\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} m\}$

Complejidad: $\Theta(m^2)$

Descripción: devuelve si una posición está ocupada.

Aliasing: se devuelve una copia del elemento ingresado por referencia.

Representación

Representación del mapa

El objetivo de este módulo es implementar una matriz de tamaño n con vectores de booleanos que indican si una posición está ocupada. La estructura de representación, su invariante de representación y su función de abstracción

son las siguientes.

mapa se representa con map

donde **map** es $\text{tupla}(\text{tamano: nat}, \text{casilleros: vec}(\text{vec}(\text{bool})),)$

$\text{Rep} : \text{mapa} \rightarrow \text{bool}$

$\text{Rep}(\text{map}) \equiv \text{true} \iff$ La longitud de map.casilleros es igual a $\text{tamano} \wedge$

La longitud del vector m.casilleros es igual a la de todo otro vector dentro de el \wedge

Toda posición libre debe ser alcanzable por todo el resto de las posiciones libres a través de un camino de posiciones libres (conexo).

$\text{Abs} : \text{mapa } \text{map} \rightarrow \text{hab}$

$\{\text{Rep}(\text{map})\}$

$\text{Abs}(\text{map}) =_{\text{obs}} h : \text{hab} \mid m.\text{tamano} =_{\text{obs}} \text{tam}(h) \wedge_L$

$(\forall t: \text{tupla}(\text{nat}, \text{nat}))(0 \leq \Pi_1(t), \Pi_2(t) < \text{map.tamano} - 1 \Rightarrow_L$

$\text{libre}(h, t) =_{\text{obs}} \text{map.casilleros}[\Pi_1(t)][\Pi_2(t)]$

Algoritmos

Algoritmos del módulo

iTam(**in** $m : \text{map}$) $\rightarrow res : \text{nat}$

1: $res \leftarrow m.\text{tamano}$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad: $\Theta(1)$

iOcupar(**in/out** $m : \text{map}$, **in** $p : \text{pos}$)

1: $m[\Pi_1(p)][\Pi_2(p)] \leftarrow \text{true}$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad: $\Theta(1)$

Justificación: El acceso a una posición de un vector y su modificación es $\Theta(1)$

iLibre(**in** $m : \text{map}$, **in** $p : \text{pos}$) $\rightarrow res : \text{bool}$

1: $res \leftarrow \neg m[\Pi_1(p)][\Pi_2(p)]$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad: $\Theta(1)$

Justificación: El acceso a una posición de un vector es $\Theta(1)$

iNuevoMapa(in $n : \text{nat}$) $\rightarrow res : \text{map}$

```

1: // Inicializo el tamaño, el vector y el mapa.
2:  $res \leftarrow \langle tamaño : n, casilleros : Vacía() \rangle$   $\triangleright \Theta(1)$ 
3:
4: // Genero un vector de booleanos en falso con n posiciones.
5:  $i \leftarrow 0$   $\triangleright \Theta(1)$ 
6: while  $i < n$  do  $\triangleright \mathcal{O}(n^2)$ 
7:    $v.AgregarAtras(false)$   $\triangleright \mathcal{O}(n)$ 
8:    $i \leftarrow i + 1$ 
9: end while
10:
11: // Genero la matriz de n x n posiciones haciendo n copias del vector de booleanos antes creado.
12:  $i \leftarrow 0$ 
13: while  $i < n$  do  $\triangleright \mathcal{O}(n^2)$ 
14:    $res.AgregarAtras(v.Copiar())$   $\triangleright \mathcal{O}(n)$ 
15:    $i \leftarrow i + 1$   $\triangleright \Theta(1)$ 
16: end while

```

Complejidad: $\mathcal{O}(n^2)$

Justificación: Copiar un vector de n booleanos es $\mathcal{O}(n * copy(bool))$ y copiar un bool es $\Theta(1)$. Luego, agregar n veces la copia del vector es $\mathcal{O}(n^2)$, puesto que AgregarAtras es $\mathcal{O}(n)$ y copiarlo es $\mathcal{O}(n)$ por lo antes visto. Luego la complejidad de la operación de la línea 10 es $\mathcal{O}(n)$ y, por lo tanto, todo el while es $\mathcal{O}(n^2)$.

iValida?(in $m : \text{map}$ in $p : \text{pos}$) $\rightarrow res : \text{nat}$

```

1:  $res \leftarrow 0 \leq pos.x, pos.y < m.tamaño$   $\triangleright \Theta(1)$ 

```

Complejidad: $\Theta(1)$

iCopiar(in $m : \text{map}$) $\rightarrow res : \text{map}$

```

1:  $res \leftarrow \langle tamaño : m.tamaño, casilleros : Copiar(m.casilleros) \rangle$   $\triangleright \Theta(m.tamaño^2)$ 

```

Complejidad: $\Theta(1)$

Justificación: Copiar un vector es $\Theta\left(\sum_{i=1}^{\ell} copy(v[i])\right)$, donde $\ell = \text{long}(v)$. Luego, copiar un vector de vectores de booleanos de tamaño n es $\Theta(m.tamaño^2)$.

4. Módulo Dirección

El módulo Dirección provee una dirección y una función que permite invertir las mismas.

Interfaz

generos: dir.

se explica con: DIRECCIÓN.

Operaciones básicas de Dirección

ARRIBA() $\rightarrow res : dir$

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} \uparrow\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: genera la dirección arriba.

ABAJO() $\rightarrow res : dir$

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} \downarrow\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: genera la dirección abajo.

IZQUIERDA() $\rightarrow res : dir$

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} \leftarrow\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: genera la dirección izquierda.

DERECHA() $\rightarrow res : dir$

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} \rightarrow\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: genera la dirección derecha.

INVERTIR(in/out $d : dir$)

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} invertir(d)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: invierte la dirección.

Representación

El objetivo de este módulo es implementar una dirección utilizando strings. La estructura de representación, su invariante de representación y su función de abstracción son las siguientes.

Representación de Dirección

dir se representa con string

Rep : dir $\rightarrow bool$

Rep(d) $\equiv true \iff$

$d =_{obs} "arriba" \vee$

$d =_{obs} "abajo" \vee$

$d =_{obs} "izquierda" \vee$

$d =_{obs} "derecha"$

Abs : dir $d \rightarrow dir$

{Rep(d)}

Abs(d) =_{obs} $d_{tad} : dir \mid (d =_{obs} "arriba" \wedge d_{tad} =_{obs} \uparrow) \vee$
 $(d =_{obs} "abajo" \wedge d_{tad} =_{obs} \downarrow) \vee$
 $(d =_{obs} "izquierda" \wedge d_{tad} =_{obs} \leftarrow) \vee$
 $(d =_{obs} "derecha" \wedge d_{tad} =_{obs} \rightarrow)$

Algoritmos

Algoritmos del módulo

iArriba() $\rightarrow res : \text{dir}$ 1: $res \leftarrow \text{"arriba"}$ $\triangleright \Theta(1)$ Complejidad: $\Theta(1)$

iAbajo() $\rightarrow res : \text{dir}$ 1: $res \leftarrow \text{"abajo"}$ $\triangleright \Theta(1)$ Complejidad: $\Theta(1)$

iIzquierda() $\rightarrow res : \text{dir}$ 1: $res \leftarrow \text{"izquierda"}$ $\triangleright \Theta(1)$ Complejidad: $\Theta(1)$

iDerecha() $\rightarrow res : \text{dir}$ 1: $res \leftarrow \text{"derecha"}$ $\triangleright \Theta(1)$ Complejidad: $\Theta(1)$

iInvertir(in/out d: dir)1: $switch(d)$ $\triangleright \Theta(1)$ 2: $case \text{"arriba"} :$ 3: $d \leftarrow \text{"abajo"}$ 4: $case \text{"abajo"} :$ 5: $d \leftarrow \text{"arriba"}$ 6: $case \text{"izquierda"} :$ 7: $d \leftarrow \text{"derecha"}$ 8: $case \text{"derecha"} :$ 9: $d \leftarrow \text{"izquierda"}$ Complejidad: $\Theta(1)$

5. Módulo Acción

El módulo Acción provee una acción y una funciones que permiten operar con acciones y eventos.

Interfaz

generos: accion.

se explica con: ACCIÓN.

Operaciones básicas de Acción

MOVER(in d : dir) $\rightarrow res$: accion

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} mover(d)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: genera una acción de mover en la dirección especificada.

PASAR() $\rightarrow res$: accion

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} pasar\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: genera la acción de pasar.

DISPARAR() $\rightarrow res$: accion

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} disparar\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: genera la acción de disparar.

APLICAR(in a : acción, in j : juego, in e : evento) $\rightarrow res$: evento

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} aplicar(a, j, e)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: genera el evento a partir de la acción a realizar.

INVERTIR(in e : evento) $\rightarrow res$: evento

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} invertir(e)\}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: invierte un evento.

INVERSA(in/out es : vector(evento)) $\rightarrow res$: vector(evento)

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{obs} inversaReal(es)\}$

Complejidad: $\Theta(long(es)^2)$

Descripción: genera una secuencia que contiene a la inicial, le suma 5 pasos de espera y le agrega la secuencia original invertida.

AVANZAR(in p : pos, in d : dir) $\rightarrow res$: pos

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{d =_{obs} \uparrow \wedge res =_{obs} \langle \Pi_1(pos) + 1, \Pi_2(pos) \rangle \vee$

$d =_{obs} \downarrow \wedge res =_{obs} \langle \Pi_1(pos) - 1, \Pi_2(pos) \rangle \vee$

$d =_{obs} \leftarrow \wedge res =_{obs} \langle \Pi_1(pos), \Pi_2(pos) - 1 \rangle \vee$

$d =_{obs} \rightarrow \wedge res =_{obs} \langle \Pi_1(pos) + 1, \Pi_2(pos) + 1 \rangle \}$

Complejidad: $\Theta(1)$

Descripción: devuelve la posición correspondiente a moverse en la dirección indicada.

Especificación de las operaciones auxiliares utilizadas en la interfaz

TAD Acción Extendida(α)

extiende ACCIÓN

otras operaciones

$\text{inversaReal} : \text{secu}(\text{evento}) \rightarrow \text{secu}(\text{evento})$

$\text{pasar} : \text{evento} \rightarrow \text{evento}$

axiomas

$\text{inversasReal}(es) \equiv es \ \& \ (\text{pasar}(\text{ult}(es)) \bullet \text{pasar}(\text{ult}(es)) \bullet \text{pasar}(\text{ult}(es)) \bullet \text{pasar}(\text{ult}(es)) \bullet \text{pasar}(\text{ult}(es)) \bullet \langle \rangle$
 $\quad \quad \quad \& \text{inversa}(es)$

$\text{pasar}(\text{evt}) \equiv \langle \Pi_1(\text{evt}), \Pi_2(\text{evt}), \text{false} \rangle$

Fin TAD

Representación

Representación de Acción

El objetivo de este módulo es implementar una acción utilizando una tupla de string y dirección. La estructura de representación, su invariante de representación y su función de abstracción son las siguientes.

acción se representa con a

donde **a** es **tupla**(*acción*: string, *dir*: dir)

$\text{Rep} : \text{acción} \rightarrow \text{bool}$

$\text{Rep}(a) \equiv \text{true} \iff$

$a.\text{acción} =_{\text{obs}} \text{"disparar"} \vee$

$a.\text{acción} =_{\text{obs}} \text{"pasar"} \vee$

$a.\text{acción} =_{\text{obs}} \text{"mover"}$

$\text{Abs} : \text{acción } a \rightarrow \text{acción}$

$\{\text{Rep}(a)\}$

$\text{Abs}(a) =_{\text{obs}} a_{\text{tad}} : \text{acción} \mid (a.\text{acción} =_{\text{obs}} \text{"disparar"} \wedge \text{esDisparar}(a_{\text{tad}})) \vee$

$(a.\text{acción} =_{\text{obs}} \text{"pasar"} \wedge \text{esPasar}(a_{\text{tad}})) \vee$

$((a.\text{acción} =_{\text{obs}} \text{"mover"} \wedge \text{esMover}(a_{\text{tad}})) \wedge_L a.\text{dir} =_{\text{obs}} \text{direccion}(a_{\text{tad}}))$

Algoritmos

Para las acciones que no tienen dirección, les definimos la dirección *Arriba*().

Esto no importa ya que la dirección es ignorada en general para esas acciones.

Algoritmos del módulo

iPasar() $\rightarrow res : \text{acción}$

1: $res \leftarrow \langle \text{accion} : \text{"pasar"}, \text{dir} : \text{Arriba}() \rangle$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad: $\Theta(1)$

iDisparar() $\rightarrow res : \text{acción}$

1: $res \leftarrow \langle \text{accion} : \text{"disparar"}, \text{dir} : \text{Arriba}() \rangle$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad: $\Theta(1)$

iMover(in d : dir) $\rightarrow res$: acción

 1: $res \leftarrow \langle accion : "mover", dir : d \rangle$
 $\triangleright \Theta(1)$
Complejidad: $\Theta(1)$

iInvertir(in e : evento) $\rightarrow res$: evento

 1: $res \leftarrow \langle pos : e.pos, dir : Invertir(e.dir), disparo? : e.disparo? \rangle$
 $\triangleright \Theta(1)$
Complejidad: $\Theta(1)$

iAvanzar(in p : pos, in d : dir) $\rightarrow res$: pos

 1: $switch(d)$
 $\triangleright \Theta(1)$
 2: $case Arriba() :$

 3: $res \leftarrow \langle pos.x + 1, pos.y \rangle$

 4: $case Abajo() :$

 5: $res \leftarrow \langle pos.x - 1, pos.y \rangle$

 6: $case Izquierda() :$

 7: $res \leftarrow \langle pos.x, pos.y - 1 \rangle$

 8: $case Derecha() :$

 9: $res \leftarrow \langle pos.x, pos.y + 1 \rangle$
Complejidad: $\Theta(1)$

iInversa(in/out es : vector(evento))

1: // El resultado deseado es el siguiente

2:

3: // Copio el vector de entrada

 4: $esCopy \leftarrow copy(es)$
 $\triangleright \Theta(long(es))$

5:

6: // Me guardo la longitud original

 7: $longOriginal \leftarrow Longitud(es)$

8:

9: // Creo un evento que sea pasar y lo agrego 5 veces

 10: $eventoPasar \leftarrow \langle pos : Ultimo(esCopy).pos, dir : Ultimo(esCopy).dir, disparo? : false \rangle$
 $\triangleright \Theta(1)$
 11: **for** ($i = 0, \dots, 4$) **do**
 $\triangleright \mathcal{O}(long(es) * 5)$
 12: $AgregarAtras(esCopy, eventoPasar)$
 $\triangleright \mathcal{O}(long(es))$
 13: **end for**

14:

15: // Recorro los eventos de la secuencia original de atrás para adelante,

16: // invirtiendolos y agregándolos al final

 17: **for** ($i = longOriginal - 1, \dots, 0$) **do**
 $\triangleright \mathcal{O}(long(es)^2)$
 18: $AgregarAtras(esCopy, invertir(esCopy[i]))$
 $\triangleright \mathcal{O}(long(es))$
 19: **end for**

20:

21: // Devuelvo los eventos

 22: $res \leftarrow esCopy$
Complejidad: $\mathcal{O}(long(es)^2)$
Justificación: Crear una tupla y acceder al vector es $\Theta(1)$. $\mathcal{O}(long(es) * 5) + \mathcal{O}(long(es)^2) = \mathcal{O}(long(es)^2)$.

iAplicar(in a : acción, in j : juego, in e : evento) $\rightarrow res$: evento

```

1: if ( $a.accion = disparar$ )  $\triangleright \Theta(1)$ 
2:   then  $res \leftarrow \langle pos : e.pos, dir : e.dir, disparo? : true \rangle$   $\triangleright \Theta(1)$ 
3: end if
4:
5: if ( $a.accion = pasar$ )  $\triangleright \Theta(1)$ 
6:   then  $res \leftarrow \langle pos : e.pos, dir : e.dir, disparo? : false \rangle$   $\triangleright \Theta(1)$ 
7: end if
8:
9: if ( $a.accion = mover$ ) then  $\triangleright \Theta(1)$ 
10:    $prox \leftarrow Avanzar(e.pos, a.dir)$ 
11:   if ( $Valida?(j.mapa, prox) \wedge_L Libre(j.mapa, prox)$ )  $\triangleright \Theta(1)$ 
12:     then  $res \leftarrow \langle pos : prox, dir : a.dir, disparo? : false \rangle$   $\triangleright \Theta(1)$ 
13:     else  $res \leftarrow \langle pos : e.pos, dir : a.dir, disparo? : false \rangle$ 
14:   end if
15: end if

```

Complejidad: $\Theta(1)$
Justificación: Crear una tupla, comparar sus elementos y las operaciones del mapa son $\Theta(1)$.

donde **nodo** es $\text{tupla}(\text{significado: puntero}(\alpha),$
 $\text{siguientes: arreglo}(\text{puntero}(\text{nodo})) [256])$

$\text{Rep} : \text{dic} \rightarrow \text{bool}$

$\text{Rep}(d) \equiv \text{true} \iff$

(Los nodos del diccionario (excepto la raiz) tienen un unico padre. Es decir, no hay dos Nodos en la estructura que tengan punteros iguales en los siguientes del Nodo. \wedge

La raiz no tiene padre. Es decir, no hay un camino de hijos por el cual se llegue a dicho Nodo. \wedge

Todas las hojas tienen un significado distinto de NULL. \wedge

Un s string pertenece a $d.\text{claves} \iff \text{estáDefinido}(s, d.\text{claves})$)

// La primer condicion implica que no hay ciclos ni Nodos con hijos de menor nivel

$\text{Abs} : \text{dic } e \rightarrow \text{dicc}(\text{string}, \alpha)$

$\{\text{Rep}(e)\}$

$\text{Abs}(e) =_{\text{obs}} d : \text{dicc}(\text{string}, \alpha) \mid$

$(\forall :: s \text{ string})(\text{def?}(s, d) =_{\text{obs}} \text{estáDefinido}(e.\text{raiz}, s)) \wedge$

$(\forall :: s \text{ string})(\text{def?}(s, d) \Rightarrow_L \text{obtener}(s, d) =_{\text{obs}} \text{significado}(e.\text{raiz}, s)) \wedge$

$\text{claves}(d) =_{\text{obs}} e.\text{claves}$

$\text{estáDefinido}(r, s) \equiv \text{if } \text{vacía?}(s)$

then $r \rightarrow \text{significado} \neq \text{NULL}$

else $r \rightarrow \text{siguientes}[\text{int}(\text{prim}(s))] \neq \text{NULL} \wedge_L \text{estáDefinido}(r.\text{siguientes}[\text{int}(\text{prim}(s))], \text{fin}(s))$ **fi**

$\text{significado}(r, s) \equiv \text{if } \text{vacía?}(s)$

then $r \rightarrow \text{significado}$

else $\text{significado}(r.\text{siguientes}[\text{int}(\text{prim}(s))], \text{fin}(s))$ **fi**

Algoritmos

iVacía() $\rightarrow res : \&\text{dic}$

1: // Le asigna un nuevo nodo a la raiz

2: $res \leftarrow \langle \text{raiz} : \text{nuevoNodo}() \rangle$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad: $\Theta(1)$

Justificación: La complejidad de crear un nuevo nodo es $\Theta(1)$

iSignificado(in/out $d : \text{dic}$, in $k : \text{string}$) $\rightarrow res : \&\alpha$

1: $\text{Nodo actual} \leftarrow d.\text{raiz}$

$\triangleright \Theta(1)$

2: **for** ($\text{char } c : k$) **do**

$\triangleright \mathcal{O}(|k|)$

3: $\text{actual} \leftarrow (\text{actual} \rightarrow \text{siguientes}[\text{toInt}(c)])$

$\triangleright \Theta(1)$

4: **end for**

5: $res \leftarrow *(\text{actual} \rightarrow \text{significado})$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad: $\Theta(|k|)$

Justificación: Los accesos y las asignaciones de punteros son $\Theta(1)$. Como el ciclo se ejecuta $|k|$ veces, se ejecutarán dichas asignaciones $|k|$ veces. Luego la complejidad será $\Theta(|k|)$.

iClaves(in $d : \text{dic}$) $\rightarrow res : \text{conj}(\text{string})$

1: $res \leftarrow e.\text{claves}$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad: $\Theta(1)$

Justificación: Devolver por referencia un conjunto es $\Theta(1)$.

iDefinido?(in/out d : dic, in k : string) $\rightarrow res$: bool

```

1: Nodo actual  $\leftarrow d.raiz$   $\triangleright \Theta(1)$ 
2: for (char  $c$  :  $k$ ) do  $\triangleright \mathcal{O}(|k|)$ 
3:     if (actual  $\rightarrow siguientes[toInt(c)] \neq NULL$ )  $\triangleright \Theta(1)$ 
4:         then actual  $\leftarrow (actual \rightarrow siguientes[toInt(c)])$   $\triangleright \Theta(1)$ 
5:         else  $res \leftarrow false$   $\triangleright \Theta(1)$ 
6:     end if
7: end for
8:  $res \leftarrow ((actual \rightarrow significado) \neq NULL)$   $\triangleright \Theta(1)$ 

```

Complejidad: $\mathcal{O}(|k|)$

Justificación: Los accesos y las asignaciones de punteros son $\Theta(1)$. Como el ciclo se ejecuta a lo sumo $|k|$ veces, se ejecutarán dichas asignaciones $|k|$ veces como máximo. Luego la complejidad será $\mathcal{O}(|k|)$.

iDefinir(in/out d : dic, in k : string, in s : α) $\rightarrow res$: $\&\alpha$

```

1: Nodo actual  $\leftarrow d.raiz$ 
2: for (char  $c$  :  $k$ ) do  $\triangleright \Theta(|k|)$ 
3:     // Si no tengo siguiente, lo creo
4:     if (actual  $\rightarrow siguientes[toInt(c)] == NULL$ ) then  $\triangleright \Theta(1)$ 
5:         actual  $\rightarrow siguientes[toInt(c)] = nuevoNodo()$   $\triangleright \Theta(1)$ 
6:     end if
7:     actual  $\leftarrow (actual \rightarrow siguientes[toInt(c)])$   $\triangleright \Theta(1)$ 
8: end for
9:
10: // Estoy parado en el nodo que va a tener el puntero al significado.
11: // Reservo un lugar en memoria y hago una copia del provisto en dicho lugar.
12: sig  $\leftarrow s$   $\triangleright \Theta(copy(s))$ 
13:
14: // Si el significado no está definido, agrego la nueva clave al conjunto de claves
15: if (actual  $\rightarrow significado == NULL$ ) then  $\triangleright \Theta(1)$ 
16:     // Como precondition se que no existe así que la agrego rápido
17:     AgregarRapido(e.claves, k)  $\triangleright \Theta(copy(k))$ 
18: end if
19:
20: // Asigno al significado del nodo el puntero creado con s y libero la memoria que contenía al valor anterior.
21: (actual  $\rightarrow significado$ )  $\leftarrow \&sig$   $\triangleright \Theta(1)$ 
22:
23: // Devuelvo por referencia el significado.
24:  $res \leftarrow sig$ 

```

Complejidad: $\Theta(|k| + copy(s))$

Justificación: Siempre se recorre toda la palabra para definirla, entonces el *for* siempre tiene $|k|$ ciclos. La dereferenciación y comparación de punteros, e indexación en arreglos estáticos son $\Theta(1)$. Además $\Theta(|k| + copy(s) + copy(k)) \in \Theta(|k| + copy(s))$.

inuevoNodo() $\rightarrow res$: puntero(nodo)

\triangleright Función privada que crea un nuevo nodo

```

1: // Reserva la memoria para un nuevo nodo con significado null y siguientes vacios
2:  $res \leftarrow \&\langle significado : NULL, siguientes : arreglo\_estatico[256] \text{ de puntero}(Nodo) \rangle$   $\triangleright \Theta(1)$ 

```

Complejidad: $\Theta(1)$

Justificación: El tiempo de creación de un array de 255 posiciones es $\mathcal{O}(255) \in \mathcal{O}(1)$