

# 1. Modulo Agentes

## Interfaz

se explica con: AGENTES

generos: agentes

## Operaciones basicas de agentes

NUEVOAGENTES(in  $as$ : dicc(placa, posicion))  $\rightarrow res$  : agentes

**Pre**  $\equiv \{\neg \emptyset?(claves(as))\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{nuevoAgentes}(as)\}$

**Complejidad:**  $O(Na)$  //Revisar al hacer algoritmo

**Descripción:** Crea un nuevo contenedor de Agentes con los agentes contenidos en  $as$ .  $Na$  es la cantidad de agentes definidos en  $as$

AGENTES?(in  $as$ : agentes)  $\rightarrow res$  : itConj(placa)

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

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{agentes?}(as)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Me devuelve un conjunto de todos los agentes definidos en  $as$

AGREGARSANCION(in  $a$ : placa, in/out  $as$ : agentes)

**Pre**  $\equiv \{\text{estaAgente}(a, as) \wedge as = as_0\}$

**Post**  $\equiv \{as =_{\text{obs}} \text{agregarSancion}(a, as_0)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Agrega una sancion al agente  $a$

CAMBIARPOSICION(in  $a$ : placa, in  $p$ : posicion, in/out  $as$ : agentes)

**Pre**  $\equiv \{\text{estaAgente}(a, as) \wedge as = as_0\}$

**Post**  $\equiv \{as =_{\text{obs}} \text{cambiarPos}(a, p, as_0)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Modifica la posicion del agente  $a$ , para que sea  $p$

AGREGARCAPTURA(in  $a$ : placa, in/out  $as$ : agentes)

**Pre**  $\equiv \{\text{estaAgente}(a, as) \wedge as = as_0\}$

**Post**  $\equiv \{as =_{\text{obs}} \text{agregarCaptura}(a, as_0)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Agrega una captura al agente  $a$

POSAGENTE(in  $a$ : placa, in  $as$ : agentes)  $\rightarrow res$  : posicion

**Pre**  $\equiv \{\text{estaAgente}(a, as)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{posicionAgente}(a, as)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve la posicion actual del agente  $a$

SANCIONESAGENTE(in  $a$ : placa, in  $as$ : agentes)  $\rightarrow res$  : nat

**Pre**  $\equiv \{\text{estaAgente}(a, as)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{sancionesAgente}(a, as)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve las sanciones actuales del agente  $a$

CAPTURASAGENTE(in  $a$ : placa, in  $as$ : agentes)  $\rightarrow res$  : nat

**Pre**  $\equiv \{\text{estaAgente}(a, as)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{capturasAgente}(a, as)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve la cantidad de capturas actuales del agente  $a$

MASVIGILANTE(in  $as$ : agentes)  $\rightarrow res$  : placa

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

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{masVigilante}(as)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve el agente que mas capturas tiene en *as*. Si hubiera mas de uno, devuelve el de menor placa.

**CONMISMASANCIONES**(**in** *a*: placa, **in** *as*: agentes)  $\rightarrow res$  : puntero(conj(placa))

**Pre**  $\equiv \{\text{estaAgente}(a, as)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{conMismas Sanciones}(a, as)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve la referencia a el conjunto de agentes que tienen la misma cantidad de sanciones que el agente *a*

**Aliasing:** *res* no es modificable. Cualquier referencia que se guarde queda invalidada si se agregan sanciones.

**CONKSANCIONES**(**in** *k*: nat, **in/out** *as*: agentes)  $\rightarrow res$  : conj(placa)

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

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{conKSanciones}(k, as)\}$

**Complejidad:**  $O(Na)$  la primera vez,  $O(\log(Na))$  en siguientes llamadas mientras no ocurran sanciones.

**Descripción:** Devuelve el conjunto de agentes que tienen exactamente *k* sanciones. *Na* es la cantidad de agentes definidos en *as*

**Aliasing:** *res* no es modificable. Cualquier referencia que se guarde queda invalidada si se agregan sanciones. Si *res* es *NULL*, significa que no se encontraron agentes con *k* sanciones

## Representación

### Representacion de los Agentes

agentes se representa con *estr*

donde *estr* es *tupla*(*as*: DicccRapido(nat, datos), *claves*: conj(nat) , *masVig*: nat, *huboSanciones*: bool, *mismSanciones*: lista(conj(nat)), *kSanciones*: Arreglo(tuplaK))

donde *datos* es *tupla*(*pos*: posicion, *sanciones*: nat, *capturas*: nat, *conMismSanciones*: itLista(conj(nat)))

donde *tuplaK* es *tupla*(*sanciones*: nat, *placa*: nat)

donde *posicion* es *tupla*(*fila*: nat, *columna*: nat)

La idea de la lista enlazada *mismSanciones* es que guarde en cada posicion a todos aquellos agentes que comparten sanciones, con rapido acceso gracias al Iterador en los datos del agente. El arreglo *kSanciones* se utiliza para ordenar a los agentes por su cantidad de sanciones en tiempo  $O(N)$ , y poder buscar a alguno con *K* sanciones en  $O(\log(N))$  para acceder a aquellos que tienen la misma cantidad via *mismSanciones*

Invariante de representacion en castellano:

1. *claves* son las claves del diccionario *as*
2. *masVigilante* esta definido en *agentes*.
3. *masVigilante* es el agente con menor numero de placa entre aquellos que tienen mas capturas en el diccionario de agentes.
4. El arreglo *kSanciones* tiene almacenadas todas las placas de agentes.
5. Si no hubo sanciones ( $\neg \text{huboSanciones}$ ), entonces el arreglo *kSanciones* representa a los agentes en orden creciente de sanciones. Ademas las sanciones se corresponden con el diccionario
6. Los agentes de la lista *mismSanciones* no estan repetidos, y son exactamente los definidos en diccionario de agentes.
7. Para todo item de la lista *mismSanciones*, y para todo agente dentro del conjunto del item, la cantidad de sanciones es igual al resto del conjunto, y menor al de todos los agentes de items siguientes.

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

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

1.  $( (\forall a : \text{nat}) \text{def?}(a, e.\text{as}) \Rightarrow \text{En}(a, e.\text{claves}) ) \wedge$
2.  $\text{def?}(e.\text{masVigilante}, e.\text{as}) \wedge_L$
3.  $((\forall a : \text{nat}) \text{def?}(a, e.\text{as}) \Rightarrow_L (\text{obtener}(a, e.\text{as}).\text{capturas} = \text{obtener}(e.\text{masVigilante}, e.\text{as}).\text{capturas} \wedge a > e.\text{masVigilante}) \vee (\text{obtener}(a, e.\text{as}).\text{capturas} < \text{obtener}(e.\text{masVigilante}, e.\text{as}).\text{capturas}) \vee (a = e.\text{masVigilante})) \wedge$
4.  $( (\forall a : \text{nat}) \text{def?}(a, e.\text{as}) \Rightarrow_L (\exists! i : \text{nat}) e.\text{kSanciones}[i].\text{placa} = a \wedge$
5.  $\neg(e.\text{huboSanciones}) \Rightarrow (\text{CorrespondenSanciones}(e) \wedge_L \text{SancionesOrdenadas}(e)) \wedge$
6.  $( ((\forall i : \text{nat}) i < \text{Longitud}(e.\text{mismSanciones}) \Rightarrow_L \text{MSDefinidosEnDicc}(e, i)) \wedge \text{DiccDefinidosEnMSY-NoRepetidos}(e) ) \wedge_L$
7.  $( (\forall i : \text{nat}) (i < \text{Longitud}(e.\text{mismSanciones}) \Rightarrow_L \text{MSTieneMismSanciones}(e, i)) \wedge (i < (\text{Longitud}(e.\text{mismSanciones}) - 1) \Rightarrow_L \text{MSCadaItemTieneDifSanciones}(e, i)) )$

Reemplazos sintacticos:

$\text{CorrespondenSanciones}(e) \equiv (\forall i : \text{nat}) i < \text{Tam}(e.\text{kSanciones}) \Rightarrow_L e.\text{kSanciones}[i].\text{sanciones} = \text{Obtener}(e.\text{kSanciones}[i].\text{placa}, e.\text{as}).\text{sanciones}$

$\text{SancionesOrdenadas}(e) \equiv (\forall i : \text{nat}) i < (\text{Tam}(e.\text{kSanciones}) - 1) \Rightarrow_L \text{Obtener}(e.\text{kSanciones}[i].\text{placa}, e.\text{as}).\text{sanciones} \leq \text{Obtener}(e.\text{kSanciones}[i + 1].\text{placa}, e.\text{as}).\text{sanciones}$

$\text{MSDefinidosEnDicc}(e, i) \equiv (\forall a : \text{nat}) \text{En}(a, e.\text{mismSanciones}[i]) \Rightarrow \text{Def?}(a, e.\text{as})$

$\text{DiccDefinidosEnMSYNoRepetidos}(e) \equiv (\forall a : \text{nat}) \text{Def?}(a, e.\text{as}) \Rightarrow ((\exists! i : \text{nat}) i < \text{Longitud}(e.\text{mismSanciones}) \Rightarrow_L \text{En}(a, e.\text{mismSanciones}[i]))$

$\text{MSTieneMismSanciones}(e, i) \equiv (\forall a, a' : \text{nat}) (\text{En}(a, e.\text{mismSanciones}[i]) \wedge \text{En}(a', e.\text{mismSanciones}[i]) \wedge \neg(a = a')) \Rightarrow_L \text{Obtener}(a, e.\text{as}) = \text{Obtener}(a', e.\text{as})$

$\text{MSCadaItemTieneDifSanciones}(e, i) \equiv (\forall a, a' : \text{nat}) (\text{En}(a, e.\text{mismSanciones}[i]) \wedge \text{En}(a', e.\text{mismSanciones}[i + 1])) \Rightarrow_L \text{Obtener}(a, e.\text{as}) < \text{Obtener}(a', e.\text{as})$

$\text{Abs} : \text{estr } e \longrightarrow \text{agentes}$

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

$\text{Abs}(e) \equiv as : \text{agentes} /$

$(\forall a : \text{placa}) \text{Def?}(a, e.\text{as}) \iff a \in \text{agentes?}(as) \wedge_L$

$(\forall a : \text{placa}) \text{Def?}(a, e.\text{as}) \Rightarrow_L$

$( \text{Obtener}(a, e.\text{as}).\text{sanciones} =_{\text{obs}} \text{sancionesAgente}(a, as) \wedge$

$\text{Obtener}(a, e.\text{as}).\text{capturas} =_{\text{obs}} \text{capturasAgente}(a, as) \wedge$

$\text{Obtener}(a, e.\text{as}).\text{pos} =_{\text{obs}} \text{posicionAgente}(a, as) \wedge )$

## Algoritmos

### Algoritmos de Agentes

## Lista de algoritmos

1.	NuevoAgentes . . . . .	4
2.	Agentes? . . . . .	4
3.	AgregarSancion . . . . .	5
4.	CambiarPosicion . . . . .	5
5.	AgregarCaptura . . . . .	6
6.	PosAgente . . . . .	6
7.	SancionesAgente . . . . .	6
8.	CapturasAgente . . . . .	6
9.	masVigilante . . . . .	6
10.	ConMismasSanciones . . . . .	7
11.	ConKSanciones . . . . .	7
12.	CountingSortSanciones . . . . .	8

13. BusquedaBinariaSanciones . . . . . 9

```

iNuevoAgentes(in d: DiccRapido(placa,posicion)) → res: estr
begin
  var
    itAMismSanciones : itConj
    itClavesD : itConj
    i : nat
    i ← 0
    res.as ← DiccRapidoVacio()
    res.claves ← Claves(d)
    res.masVig ← 0
    res.mismSanciones ← Vacia()
    AgregarAtras(res.mismSanciones, res.claves)
    itAMismSanciones ← CrearIt(res.mismSanciones)
    res.kSanciones ← CrearArreglo(Longitud(res.claves))
    itClavesD ← CrearIt(res.claves)
    while HayMas(itClavesD) do
      if res.masVig == 0 then
        res.masVig ← Actual(itClavesD)
      end
      if Actual(itClavesD) < res.masVig then
        res.masVig ← Actual(itClavesD)
      end
      Definir ( Actual(itClavesD), ( Obtener(Actual(itClavesD), d), 0, 0, 0, itAMismSanciones ), res.as )
      res.kSanciones[i] ← Actual(itClavesD)
      i ← i+1
      Avanzar(itClavesD)
    end
    res.huboSanciones ← false
  end
Complejidad: O(N), con N la cantidad de agentes

```

**Algoritmo 1:** NuevoAgentes

```

iAgentes?(in as: estr) → res: itConj
begin
  res ← CrearIt(as.claves)
end
Complejidad: O(1)

```

**Algoritmo 2:** Agentes?

*i*AgregarSancion( in  $a$  : nat, in/out  $as$  : estr )

```

begin
  var
    iteradorLista : itLista
    //Primero, le agrego la sancion directamente sobre el significado (DiccRapido hace aliasing en la operacion Obtener)
    Obtener(a, as.as).sanciones ← (Obtener(a, as.as).sanciones + 1) //O(1)
    as.huboSanciones ← true //O(1)
    //Ahora tengo que modificar mismSanciones para que refleje el cambio
    iteradorLista ← Obtener(a, as.as).conMismSanciones //O(1)
    //Borro a  $a$  del conjunto, porque ya no comparte sanciones con nadie del mismo
    Borrar(a, Siguiente(iteradorLista)) //O(N), pero se desestima
    //Me muevo al lugar que le corresponde ahora
    Avanzar(iteradorLista) //O(1)
    if ¬ HaySiguiente(iteradorLista) then //O(1)
      //Si no hay nada, creo un nuevo elemento que solo me tiene a mi
      AgregarComoSiguiente(iteradorLista, Vacio()) //O(1)
      Siguiente(iteradorLista).Agregar(a) //O(1)
    else
      if Obtener(DameUno(Siguiente(iteradorLista)), as).sanciones > Obtener(a, as.as).sanciones then
        //O(1)
        //Si el que esta en el lugar al que iba tiene mas sanciones que yo, me agrego antes para mantener el orden
        creciente
        AgregarComoAnterior(iteradorLista, Vacio()) //O(1)
        Anterior(iteradorLista).Agregar(a) //O(1)
        Retroceder(iteradorLista) //O(1)
      else
        //Si no, debe tener las mismas (tiene mas que las que yo tenia antes, y yo sume una sancion, a lo sumo tiene
        la misma cantidad)
        Siguiente(iteradorLista).Agregar(a) //O(1)
      end
    end
  end
  Obtener(a, as.as).conMismSanciones ← iteradorLista //O(1)
end

```

**Complejidad:**  $O(N)$  | Desestimando el borrado:  $O(1)$

---

### Algoritmo 3: AgregarSancion

---

*i*CambiarPosicion(in  $a$  : nat, in  $p$  : posicion, in/out  $as$  : estr)

```

begin
  | Obtener(a, as.as).posicion ← p //O(1)
end

```

**Complejidad:**  $O(1)$

---

### Algoritmo 4: CambiarPosicion

---

*i*AgregarCaptura(**in**  $a : \text{nat}$ , **in/out**  $as : \text{estr}$ )

```
begin
  Obtener( $a, as.as$ ).capturas  $\leftarrow$  (Obtener( $a, as.as$ ).capturas + 1) //O(1)
  //Ademas de sumar captura, hago el mantenimiento de masVigilante
  if Obtener( $a, as.as$ ).capturas > Obtener( $as.masVigilante, as$ ).capturas then //O(1)
    |  $as.masVigilante \leftarrow a$  //O(1)
  else
    | if Obtener( $a, as.as$ ).capturas == Obtener( $as.masVigilante, as$ ).capturas then //O(1)
      | if  $a < as.masVigilante$  then //O(1)
        |  $as.masVigilante \leftarrow a$  //O(1)
      | end
    | end
  end
```

**end**

Complejidad:  $O(1)$

---

**Algoritmo 5:** AgregarCaptura

---

*i*PosAgente(**in**  $a : \text{nat}$ , **in**  $as : \text{estr}$ )  $\rightarrow$  res: posicion

```
begin
  | res  $\leftarrow$  Obtener( $a, as.as$ ).posicion //O(1)
end
```

Complejidad:  $O(1)$

---

**Algoritmo 6:** PosAgente

---

*i*SancionesAgente(**in**  $a : \text{nat}$ , **in**  $as : \text{estr}$ )  $\rightarrow$  res: nat

```
begin
  | res  $\leftarrow$  Obtener( $a, as.as$ ).sanciones //O(1)
end
```

Complejidad:  $O(1)$

---

**Algoritmo 7:** SancionesAgente

---

*i*CapturasAgente(**in**  $a : \text{nat}$ , **in**  $as : \text{estr}$ )  $\rightarrow$  res: nat

```
begin
  | res  $\leftarrow$  Obtener( $a, as.as$ ).capturas //O(1)
end
```

Complejidad:  $O(1)$

---

**Algoritmo 8:** CapturasAgente

---

*i*masVigilante(**in**  $as : \text{estr}$ )  $\rightarrow$  res: nat

```
begin
  | res  $\leftarrow as.masVigilante$  //O(1)
end
```

Complejidad:  $O(1)$

---

**Algoritmo 9:** masVigilante

---

```

iConMismasSanciones(in a: nat, in as: estr) → res: puntero(conj(nat))
begin
| res ← &(Siguiente(Obtener(a, as.as).conMismSanciones)) // O(1)
end
Complejidad: O(1)

```

---

**Algoritmo 10:** ConMismasSanciones

---

```

iConKSanciones(in k: nat, in/out as: estr) → res: puntero(conj(nat))
begin
  var
  i: nat
  encontrado: bool
  encontrado ← false // O(1)
  i ← 0 // O(1)
  if as.huboSanciones == true then // O(1)
    // Actualizo el arreglo kSanciones
    while i < Tam(as.kSanciones) do // O(1)
      as.kSanciones[i].sanciones ← Obtener(as.kSanciones[i].placa, as.as).sanciones // O(1)
      i ← i + 1 // O(1)
    end
    //Y luego lo ordeno en orden creciente de sanciones // While: O(N)
    CountingSortSanciones(as.kSanciones, as) // O(N)
  end
  //En el arreglo kSanciones tengo, en orden creciente por sancion, a los agentes. Busco a uno con k sanciones
  //Busqueda binaria me devuelve el i que cumple que las sanciones del agente en posicion i del arreglo son k
  encontrado ← BusquedaBinariaSanciones(k, as.kSanciones, as, i) // O(log(N))
  if encontrado then // O(1)
    res ← &(Siguiente(Obtener(as.kSanciones[i], as.as).conMismSanciones)) // O(1)
  else
    res ← NULL // O(1)
  end
end
Complejidad: O(2N + log(N)) = O(N) | En llamadas siguientes: O(log(N))
Comentarios: La primer complejidad se da cuando hubo sanciones. N es la cantidad de agentes. En proximas
               llamadas, la complejidad pasa a ser unicamente la busqueda binaria, es decir, log(N)

```

---

**Algoritmo 11:** ConKSanciones

---

CountingSortSanciones(**in** arreglo: Arreglo(tuplaK), **in** as: as)  $\rightarrow$  res: Arreglo(tuplaK)

```

begin
  var
    i, total, cantidadAnt : nat
    maxSanciones : nat
    cantidad : Arreglo(nat)
    output : Arreglo(tuplaK)
    iterador : itConj(nat)
    i  $\leftarrow$  0 // O(1)
    cantidadAnt  $\leftarrow$  0 // O(1)
    total  $\leftarrow$  0 // O(1)
    //Se que a todos los agentes con las maximas sanciones los tengo en el ultimo elemento de la lista mismSanciones.
    maxSanciones  $\leftarrow$  Obtener(DameUno(Ultimo(as.mismSanciones)), as.as).sanciones // O(1)
    //Creo el arreglo cantidad con MaxSanciones posiciones.
    cantidad  $\leftarrow$  CrearArreglo(maxSanciones) // O(maxSanciones)
    output  $\leftarrow$  CrearArreglo(Tam(arreglo)) // O(N)
    while i < maxSanciones do // O(1)
      | cantidad[i]  $\leftarrow$  0 // O(1)
      | i  $\leftarrow$  i + 1 // O(1)
    end // While: O(maxSanciones)

    //Calculo la cantidad de cada numero de sanciones
    i  $\leftarrow$  0 // O(1)
    while i < Tam(arreglo) do // O(1)
      | cantidad[arreglo[i].sanciones]  $\leftarrow$  cantidad[arreglo[i].sanciones] + 1 // O(1)
      | i  $\leftarrow$  i + 1 // O(1)
    end // While: O(N)

    //Calculo el indice inicial para cada numero de sanciones
    i  $\leftarrow$  0 // O(1)
    while i < maxSanciones do // O(1)
      | cantidadAnt  $\leftarrow$  cantidad[i] // O(1)
      | cantidad[i]  $\leftarrow$  total // O(1)
      | total  $\leftarrow$  total + cantidadAnt // O(1)
      | i  $\leftarrow$  i + 1 // O(1)
    end // While: O(maxSanciones)

    //Coloco a cada agente (<sanciones, placa>) en el lugar que le corresponde en el output
    i  $\leftarrow$  0 // O(1)
    while i < Tam(arreglo) do // O(1)
      | output[cantidad[arreglo[i].sanciones]]  $\leftarrow$  arreglo[i] // O(1)
      | cantidad[arreglo[i].sanciones]  $\leftarrow$  cantidad[arreglo[i].sanciones] + 1 // O(1)
      | i  $\leftarrow$  i + 1 // O(1)
    end // While: O(N)
end

```

**Complejidad:**  $O(4N + 3\text{maxSanciones}) = O(N)$

**Comentarios:** Vamos a asumir que maxSanciones es, a lo sumo, un multiplo de N (kN) con un k constante y pequeño ( $k < N$ ), y tomar la complejidad como  $O(N)$ .

**Algoritmo 12:** CountingSortSanciones



```

BusquedaBinariaSanciones(in  $k$ : nat, in arreglo: Arreglo(tuplaK), in as: estr in/out  $i$ : nat)  $\rightarrow$  res: bool
begin
  var
    iMin, iMax, iMed : nat
    iMin  $\leftarrow$  0 // O(1)
    iMax  $\leftarrow$  Tam(arreglo) // O(1)
    while  $iMin \leq iMax$  do // O(1)
      iMed  $\leftarrow$  ( $iMin + iMax$ )/2 // O(1)
      if arreglo[iMed].sanciones ==  $k$  then // O(1)
        res  $\leftarrow$  iMed // O(1)
        iMin  $\leftarrow$   $iMax + 1$  // O(1)
      else
        if arreglo[iMed].sanciones <  $k$  then // O(1)
          iMin  $\leftarrow$   $iMed + 1$  // O(1)
        else
          iMax  $\leftarrow$   $iMed - 1$  // O(1)
        end
      end
    end
  end
  //While: O(log(N))
end
Complejidad: O(log(N))
Comentarios:  $i$  devuelve el indice donde el agente tiene  $k$  sanciones.  $i$  se invalida si res es false (no encontrado)

```

---

**Algoritmo 13:** BusquedaBinariaSanciones