Algoritmos y Estructuras de Datos II

Tipos Abstractos de Datos (TADs o ADTs en inglés)

13 de abril de 2020

Clase de hoy

Tipos abstractos de datos (TADs)

Tipos concretos.

- Son nativos del lenguaje.
- Tipos básicos: enteros, booleanos, char, etc.
- Tipos más complejos: arreglos, punteros, tuplas.
- En general conocemos cómo están implementados en el lenguaje.

Tipos abstractos.

- Se definen **especificando** constructores y operaciones.
- Podemos tener varias **implementaciones** para un mismo TAD.
- En general surgen de analizar un problema a resolver.
- El problema evidencia qué necesitamos representar y qué operaciones tener.

Especificación

Para especificar un TAD debemos:

- Indicar su nombre
- Especificar constructores: procedimientos o funciones mediante los cuales puedo crear elementos del tipo que estoy especificando.
- Especificar operaciones: todos los procedimientos o funciones que permitirán manipular los elementos del tipo de datos que estoy especificando.
- Indicamos los tipos de cada constructor y operación (el encabezado de los procedimientos o funciones), y mediante lenguaje natural explicamos qué hacen.
- Algunas operaciones pueden tener restricciones que las indicamos mediante **precondiciones**.
- Debemos especificar también una operación de *destrucción* que libera la memoria utilizada por los elementos del tipo, en caso que sea necesario.

Implementación

A partir de una especificación de un TAD, para implementarlo debemos:

- Definir un nuevo tipo con el nombre del TAD especificado. Para ello utilizamos tipos concretos y otros tipos definidos previamente.
- Implementar cada constructor respetando los tipos tal como fueron especificados.
- Implementar cada operación respetando los tipos tal como fueron especificados.
- Implementar operación de destrucción liberando memoria si es que se ha reservado al construir los elementos.
- Pueden surgir nuevas restricciones que dependen de cómo implementamos el tipo.
- Puedo necesitar operaciones auxiliares que no están especificadas en el tipo.

Listas

- Las listas permiten resolver una gran cantidad de problemas.
- Son colecciones de elementos de un mismo tipo, de tamaño variable.
- Toda lista o bien es vacía o bien tiene al menos un elemento al comienzo.
- Operaciones:
  - decidir si una lista es vacía
  - tomar el primer elemento
  - tirar el primer elemento
  - agregar un elemento al final
  - obtener la cantidad de elementos
  - concatenar dos listas
  - obtener el elemento en una posición específica
  - tomar una cantidad arbitraria de elementos
  - tirar una cantidad arbitraria de elementos
  - copiar una lista en una nueva

Especificación de Listas

spec List **of** T **where**

constructors

fun empty() **ret** l : List **of** T
{- *crea una lista vacía.* -}

proc addl (**in** e : T, **in**/**out** l : List **of** T)
{- *agrega el elemento* e *al comienzo de la lista* l. -}

destroy

proc destroy (**in**/**out** l : List **of** T)
{- *Libera memoria en caso que sea necesario.* -}

Especificación de Listas

operations

fun is_empty(l : List **of** T) **ret** b : bool
{- *Devuelve* True *si* l *es vacía.* -}

fun head(l : List **of** T) **ret** e : T
{- *Devuelve el primer elemento de la lista* l -}
{- **PRE:** not is_empty(l) -}

proc tail(**in**/**out** l : List **of** T)
{- *Elimina el primer elemento de la lista* l -}
{- **PRE:** not is_empty(l) -}

proc addr (**in**/**out** l : List **of** T,**in** e : T)
{- *agrega el elemento* e *al final de la lista* l. -}

fun length(l : List **of** T) **ret** n : nat
{- *Devuelve la cantidad de elementos de la lista* l -}

proc concat(**in**/**out** l : List **of** T,**in** l0 : List **of** T)
{- *Agrega al final de* l *todos los elementos de* l0 *en el mismo orden.*-}

fun index(l : List **of** T,n : nat) **ret** e : T
{- *Devuelve el n-ésimo elemento de la lista* l -}
{- **PRE:** length(l) > n -}

proc take(**in**/**out** l : List **of** T,**in** n : nat)
{- *Elimina todos los elementos de* l *ubicados en las posiciones mayores o iguales a* n

proc drop(**in**/**out** l : List **of** T,**in** n : nat)
{- *Elimina todos los elementos de* l *ubicados en las posiciones menores a* n

fun copy_list(l1 : List **of** T) **ret** l2 : List **of** T
{- *Copia todos los elementos de* l1 *en la nueva lista* l2 -}

Especificación de Listas

- Para **usar** desde algún programa el tipo de las listas, alcanza con su especificación.
- Mediante sus **constructores** empty y addl pueden crearse listas vacías o agregar a una lista un elemento nuevo, respectivamente.
- Las **operaciones** permiten manipular las listas de acuerdo a la funcionalidad que el TAD provee.
- **No** es necesario conocer la implementación para poder **usar** el TAD.

Ejemplo de uso del TAD Lista

```
fun promedio (l : List of float) ret r : float
    var largo : nat
    var elem : float
    var laux : List of float

    laux := copy(l)
    r := 0.0
    largo := length(l)
    do (not is_empty(laux))
        elem := head(laux)
        r := r + elem
        tail(laux)
    od
    destroy(laux)
    r := r / largo
end proc
```

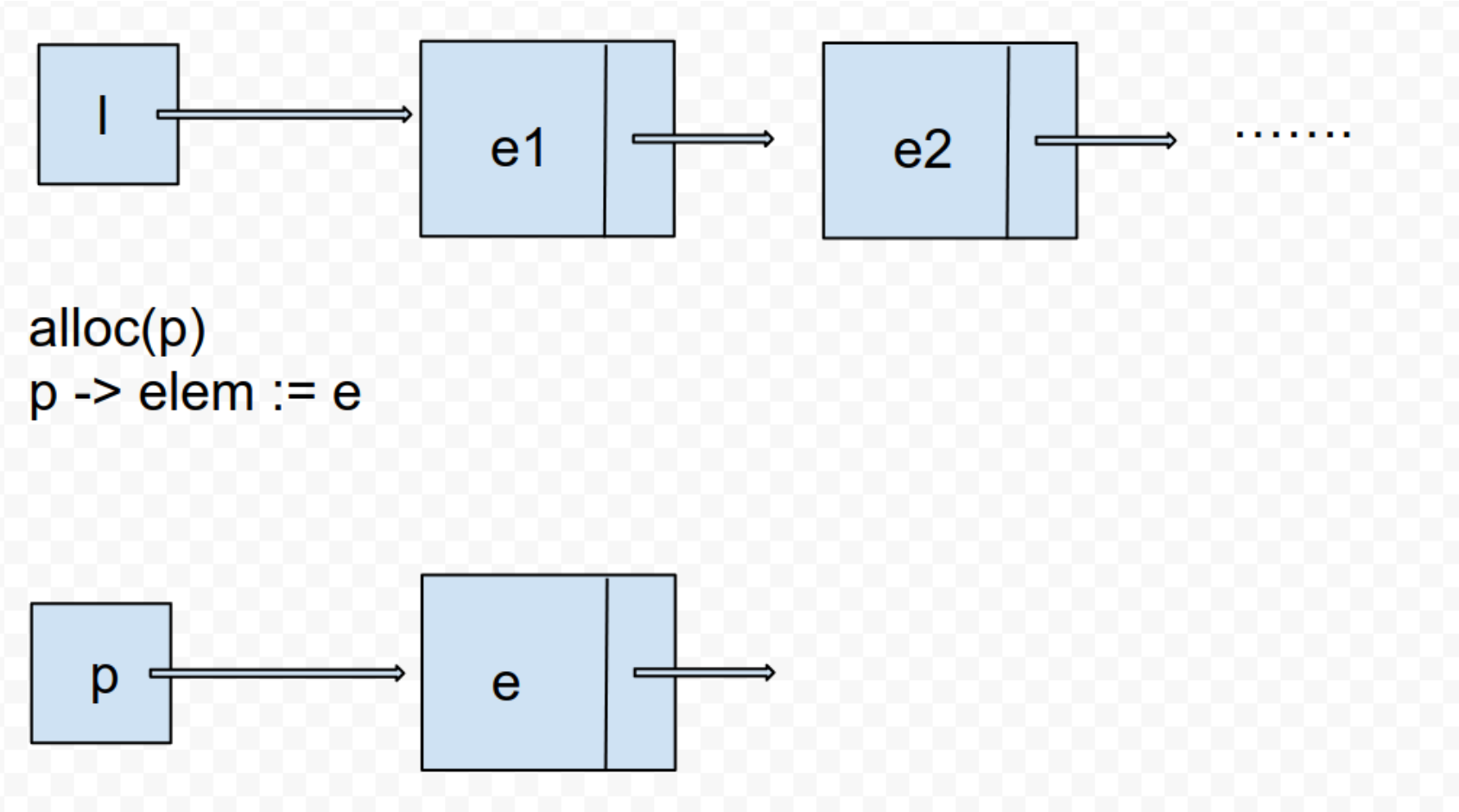
Implementación de Listas mediante punteros

- Implementaremos el TAD lista utilizando punteros, implementación conocida como **lista enlazada**.
- Cada elemento de la lista estará alojado en un *nodo* conteniendo además un puntero hacia el siguiente.
- Una lista será un puntero a un nodo.
- La lista vacía se implementa con el puntero **null**.
- Esta implementación permite tener la lista de elementos almacenada en lugares de la memoria no necesariamente contiguos.
- No existe límite teórico para almacenar elementos. En la práctica dicho límite será la cantidad de memoria.

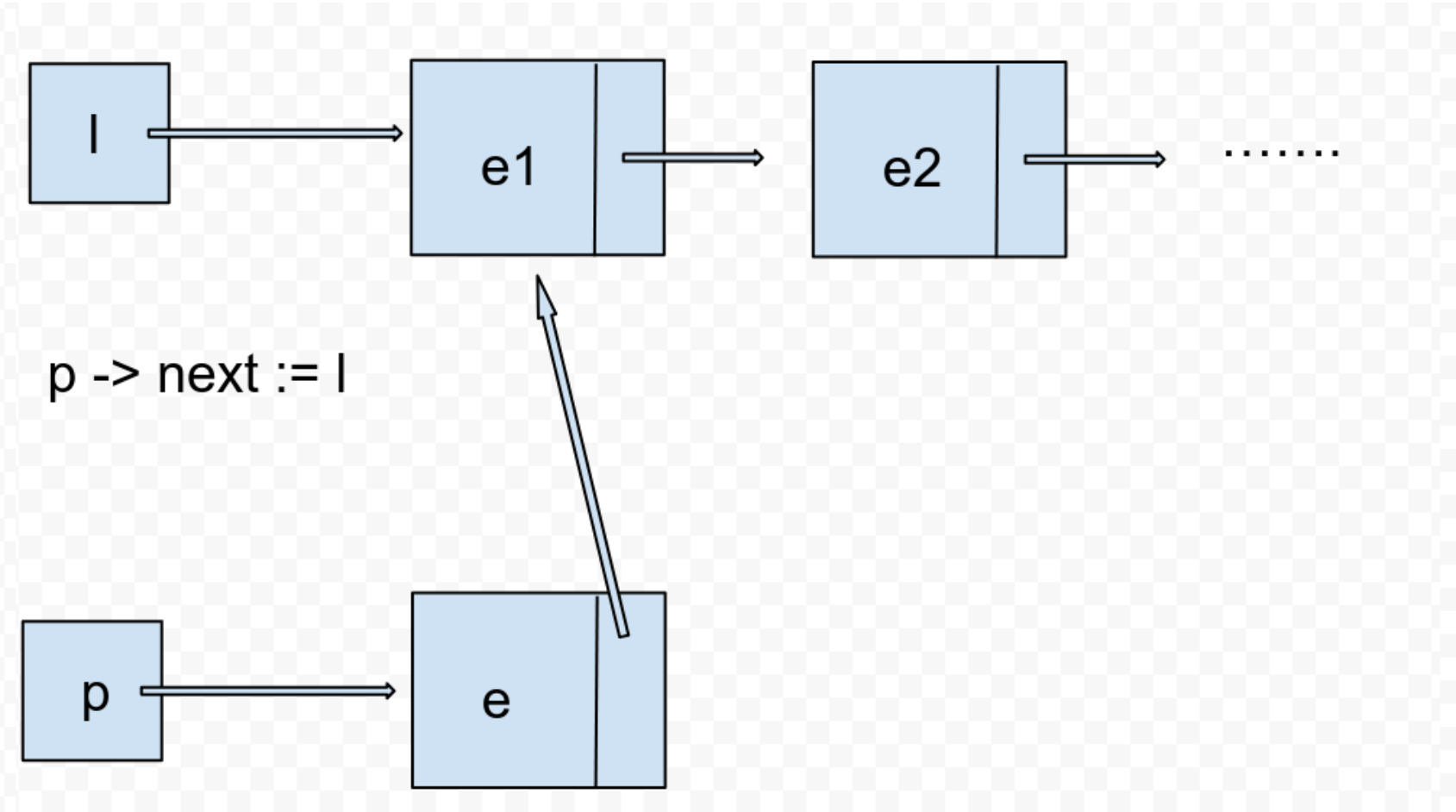
Implementación de Listas mediante punteros

```
implement List of T where

type Node of T = tuple
                   elem : T
                   next : pointer to (Node of T)
                 end tuple

type List of T = pointer to (Node of T)

fun empty() ret l : List of T
    l := null
end fun
```

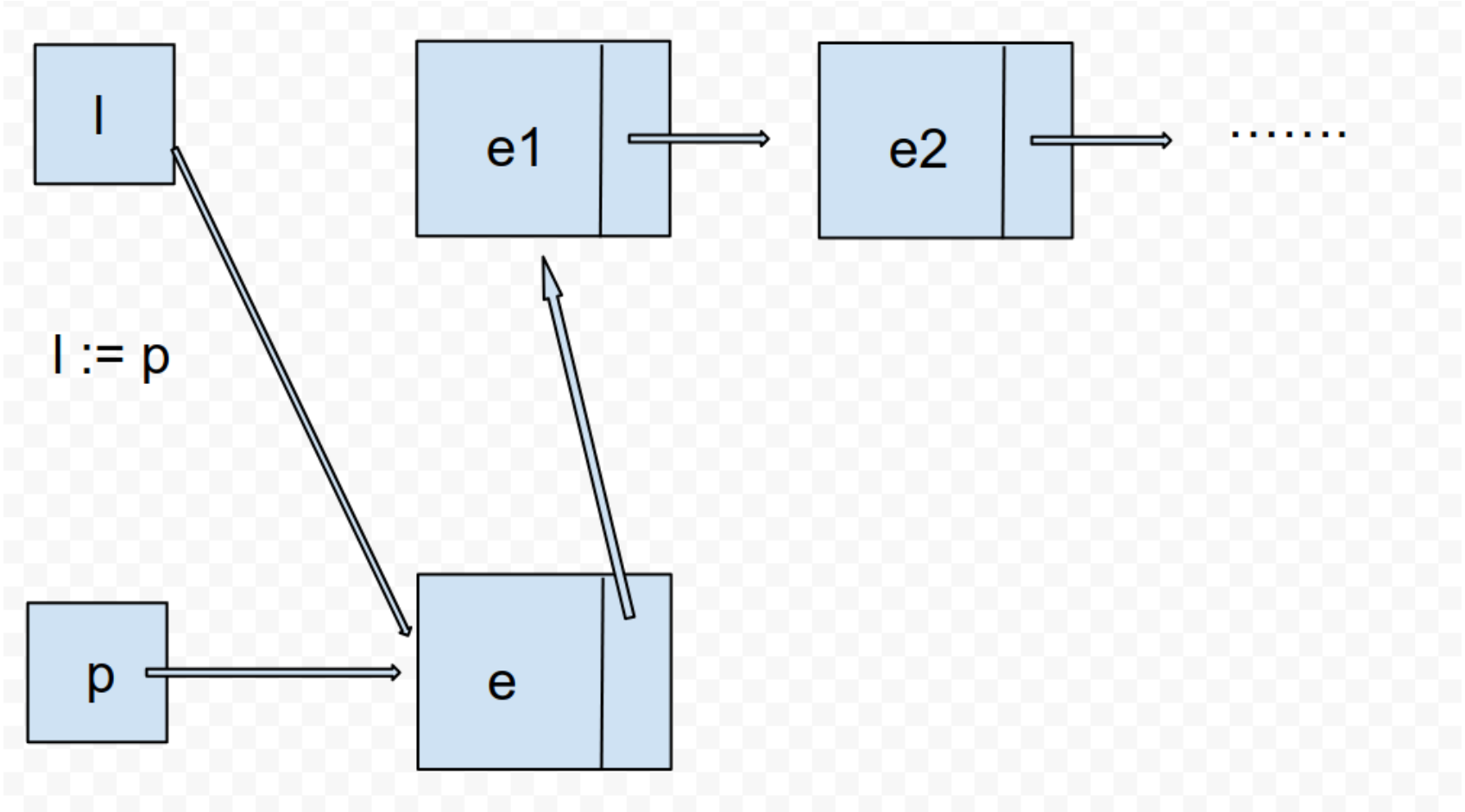
Implementación de Listas mediante punteros: addl



Implementación de Listas mediante punteros: addl



Implementación de Listas mediante punteros: addl



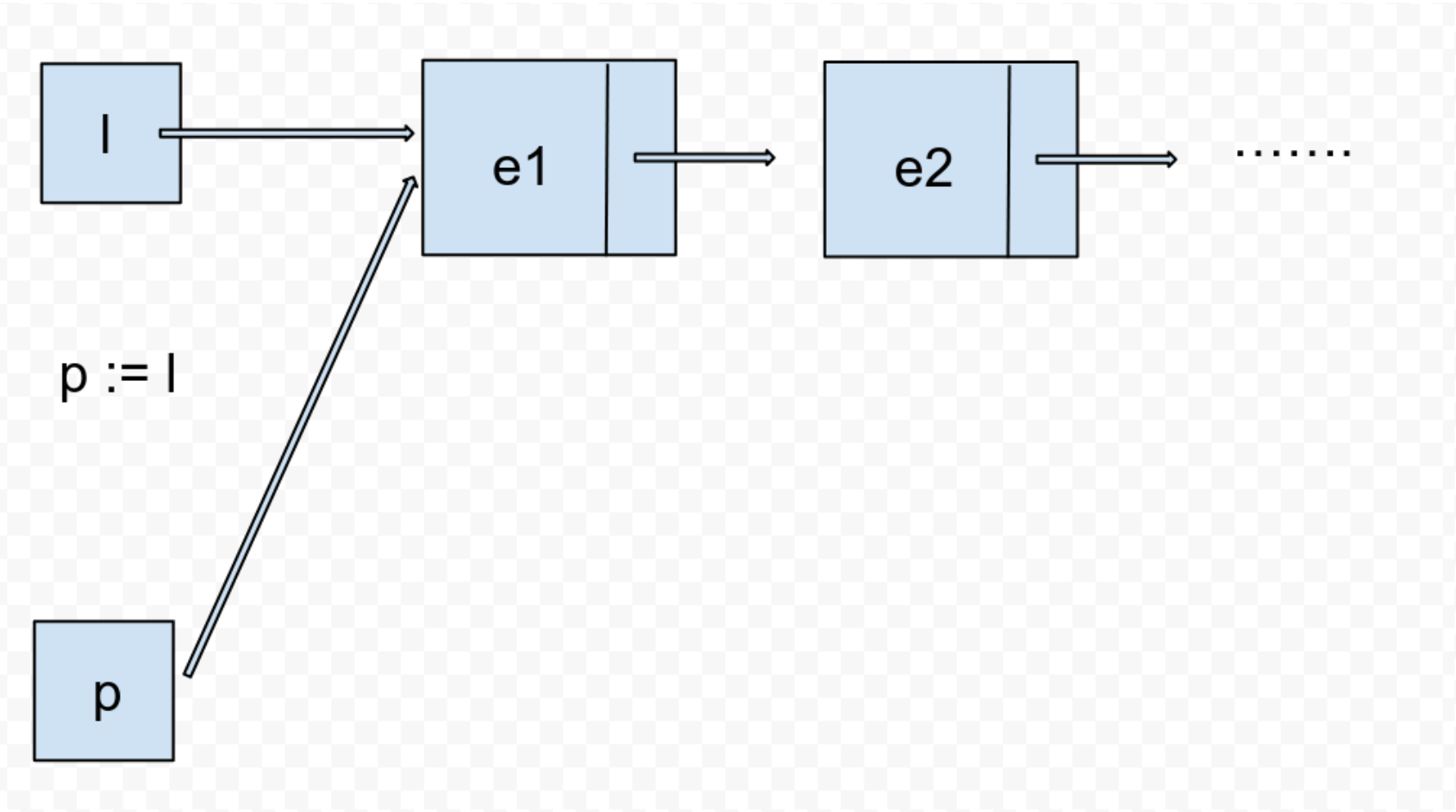
Implementación de Listas mediante punteros

```
proc addl (in e : T, in/out l : List of T)
    var p : pointer to (Node of T)
    alloc(p)
    p->elem := e
    p->next := l
    l := p
end proc
```

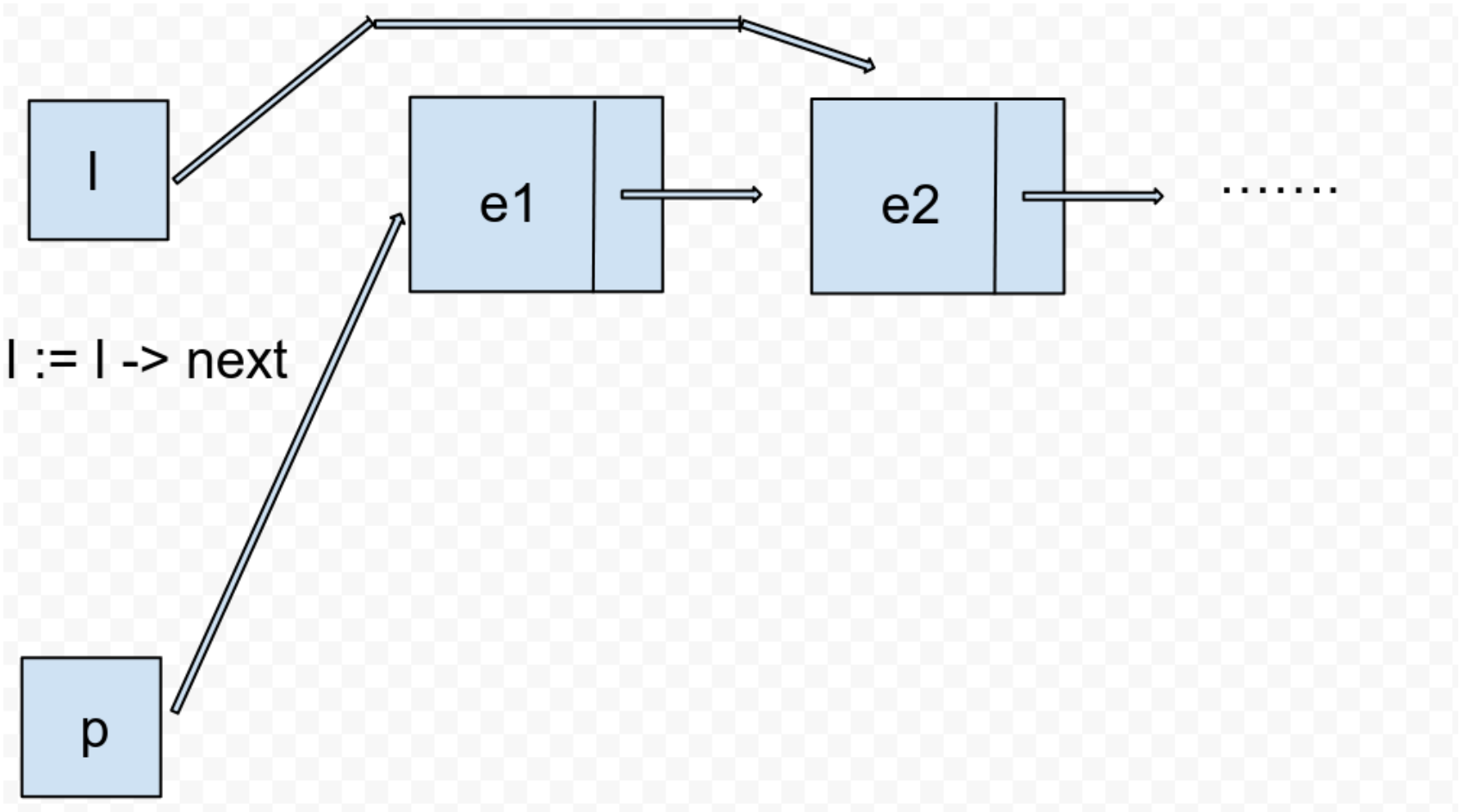
Implementación de Listas mediante punteros

```
fun is_empty(l : List of T) ret b : bool
   b := l = null
end fun

{- PRE:  not is_empty(l) -}
fun head(l : List of T) ret e : T
   e := l-> elem
end fun
```

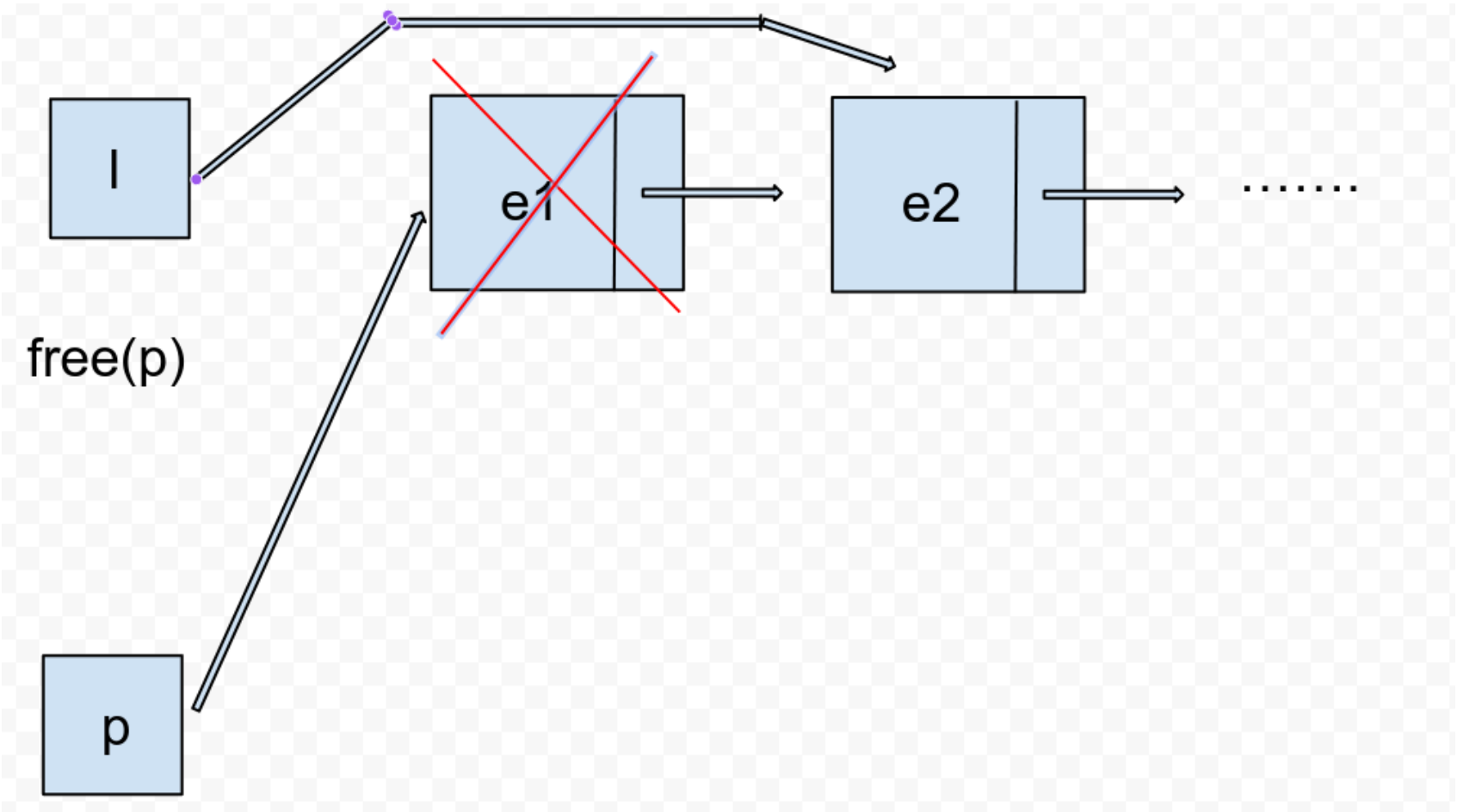
Implementación de Listas mediante punteros: tail



Implementación de Listas mediante punteros: tail



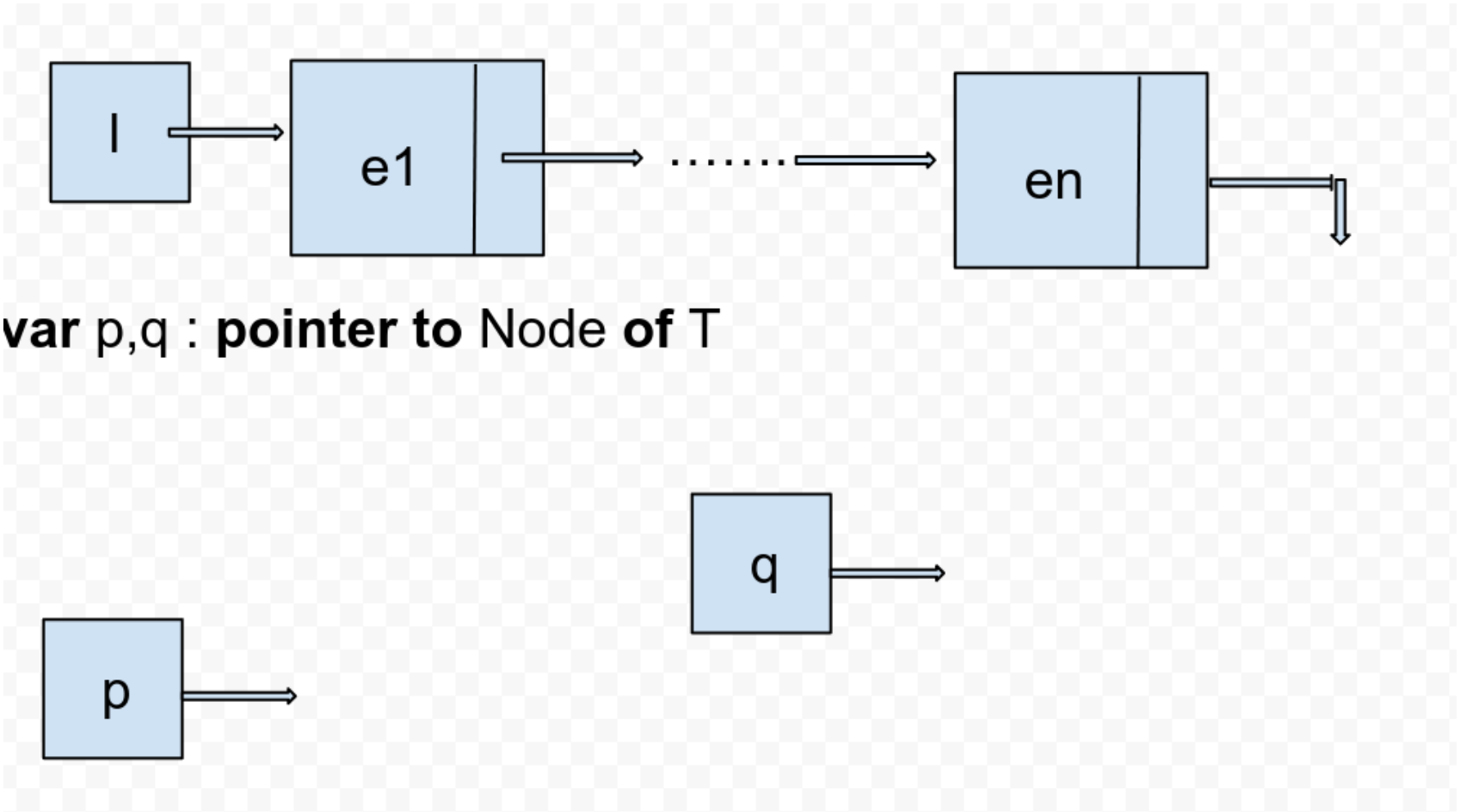
Implementación de Listas mediante punteros: tail



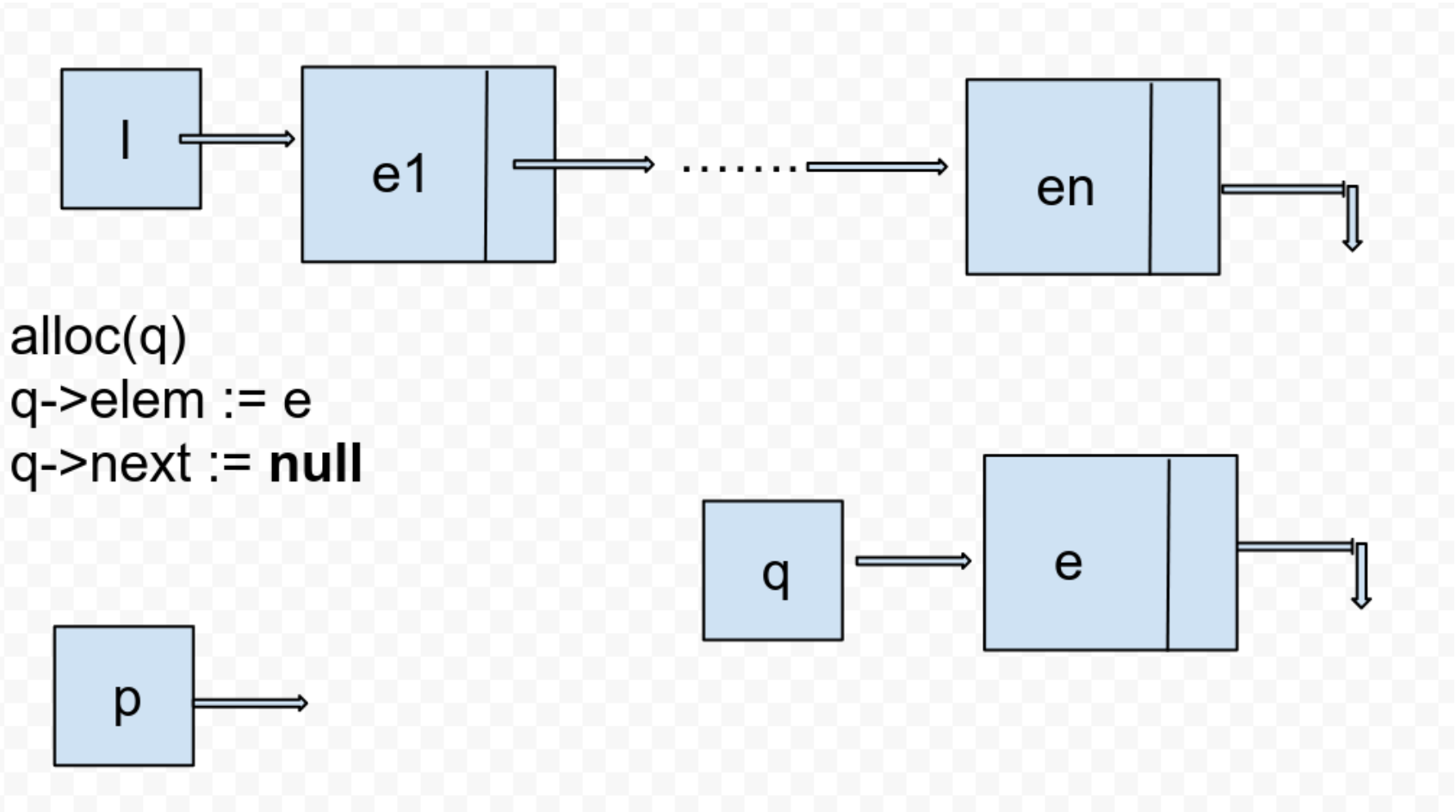
Implementación de Listas mediante punteros: tail

```
{- PRE:  not is_empty(l) -}
proc tail(in/out l : List of T)
   var p : pointer to (Node of T)
   p := l
   l := l->next
   free(p)
end proc
```

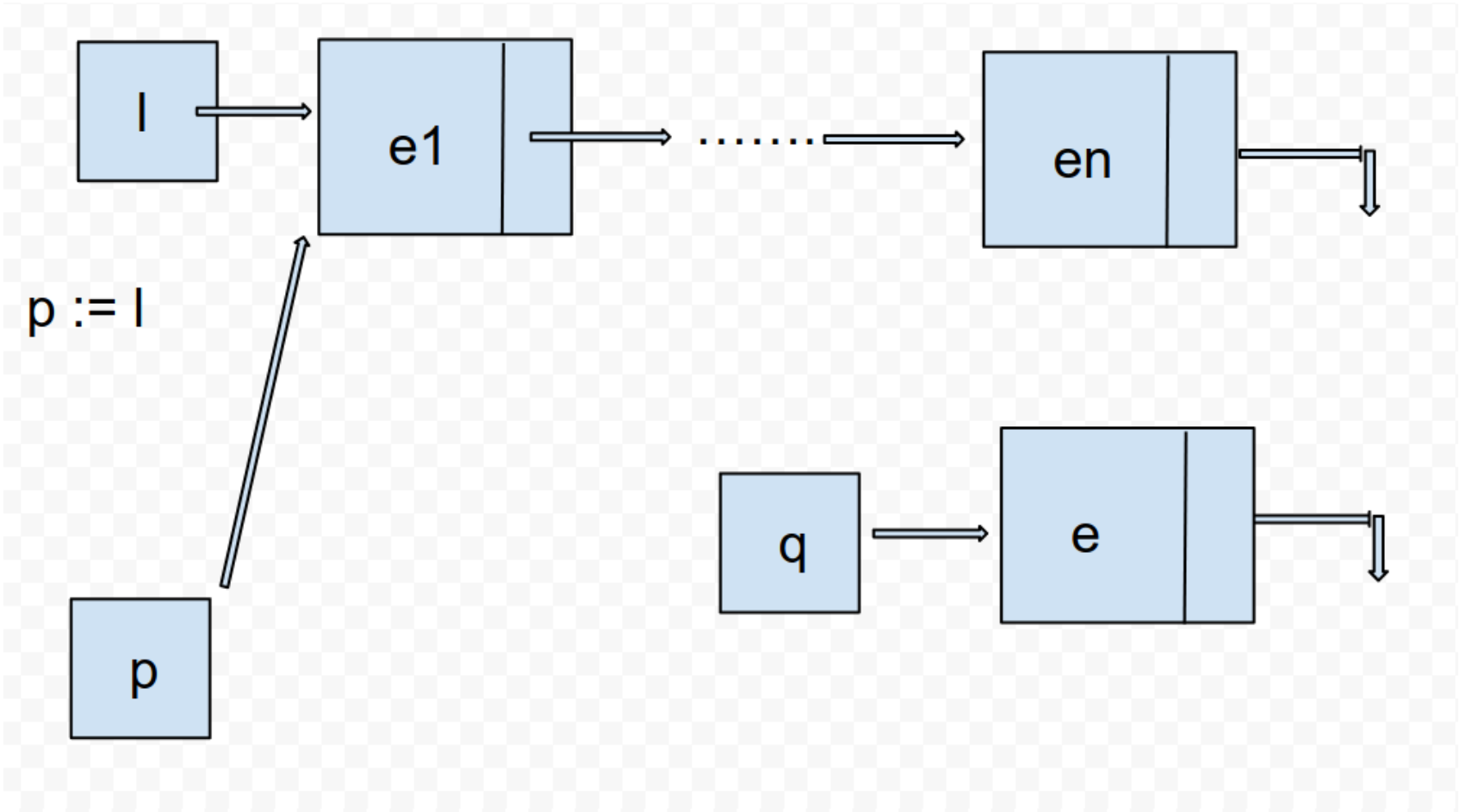
Implementación de Listas mediante punteros: addr



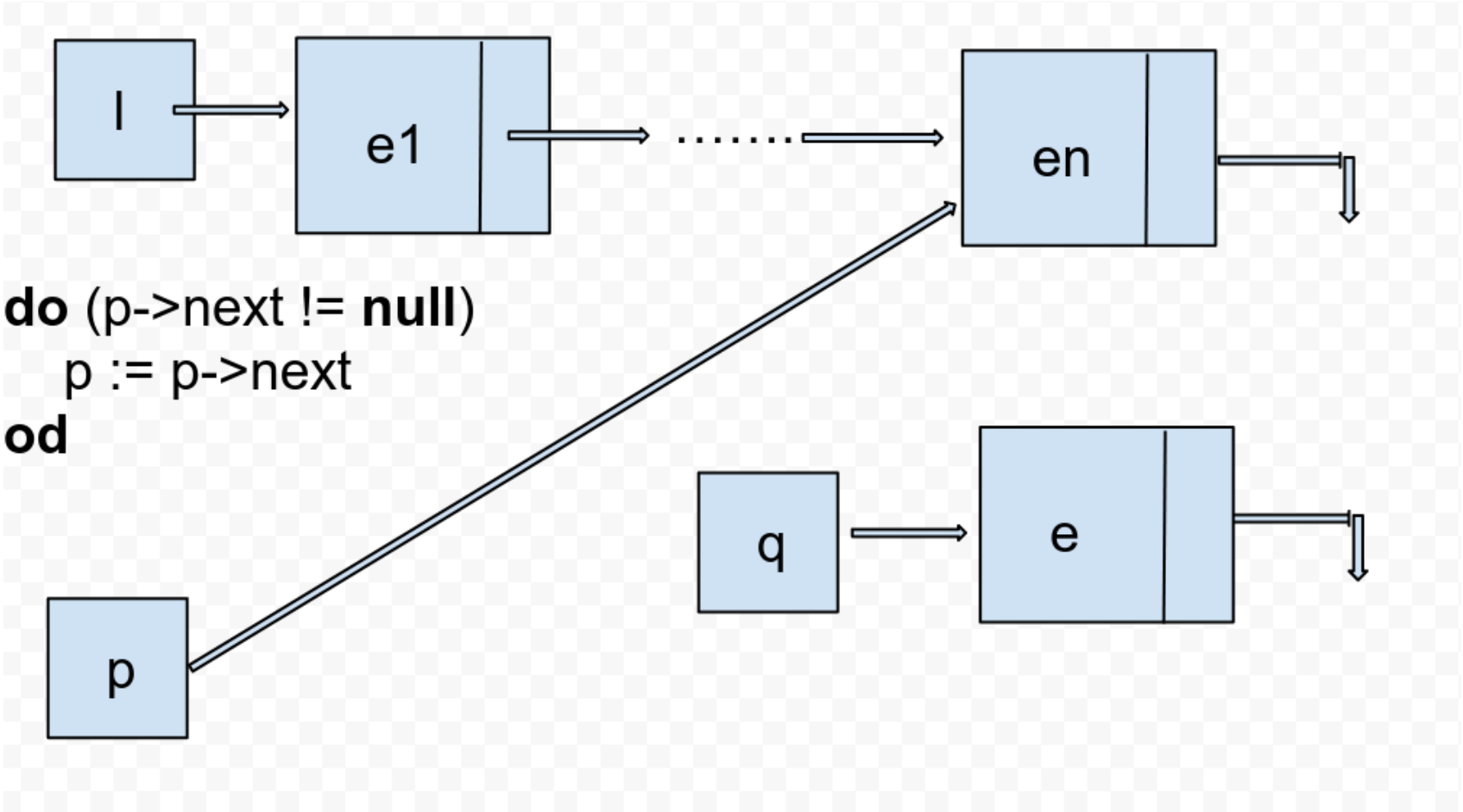
Implementación de Listas mediante punteros: addr



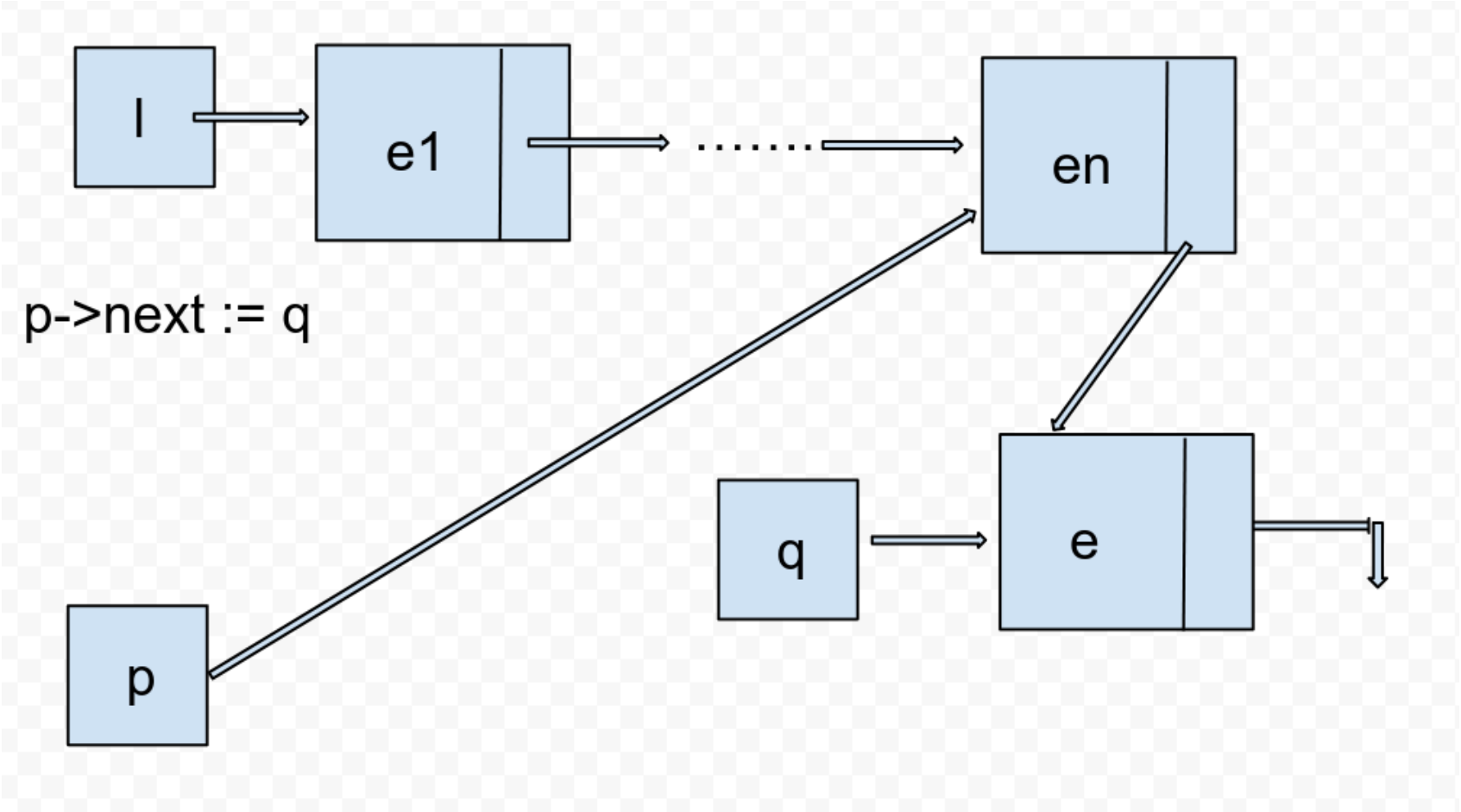
Implementación de Listas mediante punteros: addr



Implementación de Listas mediante punteros: addr



Implementación de Listas mediante punteros: addr



Implementación de Listas mediante punteros: addr

```
proc addr (in/out l : List of T,in e : T)
   var p,q : pointer to (Node of T)
   alloc(q)
   q->elem := e
   q->next := null
   if (not is_empty(l))
      then p := l
           do (p->next != null)
                p := p->next
           od
           p->next := q
      else l := q
   fi
end proc
```

Implementación de Listas mediante punteros

```
fun length(l : List of T) ret n : nat
    var p : pointer to (Node of T)
    n := 0
    p := l
    do (p != null)
        n := n+1
        p := p->next
    od
end fun
```

Ejercicio: Implementar el resto de las operaciones.

Preguntas importantes: ¿cuándo necesito hacer **alloc** a un puntero? ¿cuándo necesito hacer **free**?

Paréntesis balanceados

- Problema:
  - Dar un algoritmo que tome una expresión,
  - dada, por ejemplo, por un arreglo de caracteres,
  - y devuelva verdadero si la expresión tiene sus paréntesis correctamente balanceados,
  - y falso en caso contrario.

Solución conocida

- Recorrer el arreglo de izquierda a derecha,
- utilizando un entero **inicializado en 0**,
- **incrementarlo** cada vez que se encuentra un paréntesis que abre,
- **decrementarlo** (comprobando previamente que no sea nulo en cuyo caso **no están balanceados**) cada vez que se encuentra un paréntesis que cierra,
- Al finalizar, **comprobar** que dicho entero sea cero.
- ¿Es necesario que sea un entero?

Contador

- No hace falta un entero (susceptible de numerosas operaciones aritméticas),
- sólo se necesita **algo** con lo que se pueda
  - inicializar
  - incrementar
  - comprobar si su valor es el inicial
  - decrementar si no lo es
- Llamaremos a ese **algo**, **contador**
- Necesitamos un contador.

TAD Contador

- El contador se define por lo que sabemos de él: sus cuatro operaciones
  - inicializar
  - incrementar
  - comprobar si su valor es el inicial
  - decrementar si no lo es
- Notamos que las operaciones **inicializar** e **incrementar** son capaces de generar todos los valores posibles del contador, por lo que serán nuestros **constructores**.
- **comprobar** en cambio solamente examina el contador,
- **decrementar** no genera más valores que los obtenibles por **inicializar** e **incrementar**

Especificación del TAD Contador

spec Counter **where**

constructors

fun init() **ret** c : Counter
{- *crea un contador inicial.* -}

proc incr (**in**/**out** c : Counter)
{- *incrementa el contador* c. -}

destroy

proc destroy (**in**/**out** c : Counter)
{- *Libera memoria en caso que sea necesario.* -}

Especificación del TAD Contador

operations

fun is_init(c : Counter) **ret** b : Bool
{- *Devuelve* True *si el contador es inicial* -}

proc decr (**in**/**out** c : Counter)
{- *Decrementa el contador* c. -}
{- **PRE:** not is_init(c) -}

Resolviendo el problema

- Queremos implementar un algoritmo que resuelve el problema de los paréntesis balanceados utilizando el TAD contador.
- La especificación nos da toda la información que necesitamos tener: constructores y operaciones con sus tipos.
- La idea es iniciar un contador y recorrer el arreglo de caracteres de izquierda a derecha.
- Si encontramos un paréntesis que abre, incrementamos el contador.
- Si encontamos un paréntesis que cierra lo decrementamos.
- Si el contador es inicial y encuentro paréntesis que cierra devuelvo False. Si termino de recorrer el arreglo y el contador no es inicial también doy False.

Algoritmo de control de paréntesis balanceados

```
fun matching_parenthesis (a: array[1..n] of char) ret b: bool
    var i: nat
    var c: Counter
    b:= true
    init(c)
    i:= 1
    do i ≤ n ∧ b → if a[i] = '(' → inc(c)
                      a[i] = ')' ∧ is_init(c) → b:= false
                      a[i] = ')' ∧ ¬is_init(c) → dec(c)
                      otherwise → skip
                   fi
                   i:= i+1
    od
    b:= b ∧ is_init(c)
    destroy(c)
end fun
```

Implementación del TAD Contador

```
implement Counter where

type Counter = nat

proc init (out c: Counter)
      c:= 0
end proc

proc inc (in/out c: Counter)
      c:= c+1
end proc
```

```
fun is_init (c: Counter) ret b: bool
      b:= (c = 0)
end fun

{- PRE:  not is_init(c) -}
proc dec (in/out c: Counter)
      c:= c-1
end proc

proc destroy (in/out c: Counter)
      skip
end proc
```

Todas las operaciones son $\mathcal{O}(1)$.