

ESTRUCTURAS DE DATOS

LISTAS

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS

Una lista L es una estructura lineal caracterizada porque no tiene puntos de acceso obligatorios (sin embargo, éstos suelen ser fijos y dependientes de la construcción).

Una lista:

- o bien es vacía, en cuyo caso se denomina *lista vacía*,
- o bien puede distinguirse un elemento x , llamado *cabeza*, y el resto de elementos forman una lista secundaria L' , que se denomina *resto* de la lista inicial.

Emplearemos la notación $L = x:L'$.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, teal-colored font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ESPECIFICACIÓN: LISTAS

{Esta especificación es para la creación básica de listas}

espec *LISTA[ELEMENTO]*

usa *BOOLEANOS*

parametro formal

generos *elemento*

operaciones

{igualdad entre elementos}

_ eq _: elemento elemento → bool

fparametro

generos *lista*

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ESPECIFICACIÓN: LISTAS (2)

{Generadoras}

[]: → lista {lista vacía}

:: elemento lista → lista {añadir por la izquierda}

{Modificadoras}

parcial resto : lista → lista {eliminar primero }

parcial eult : lista → lista {eliminar último}

{Observadoras}

parcial prim : lista → elemento {primero de la lista}

parcial ult : lista → elemento {último de la lista}

vacía? : lista → bool {ver si tiene datos}

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ESPECIFICACIÓN: LISTAS (3)

var

x : elemento

l : lista

ecuaciones de definitud

Def (prim (x:l))

Def (ult (x:l))

Def (resto (x:l))

Def (eult (x:l))

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ESPECIFICACIÓN: LISTAS (4)

ecuaciones

$$\text{resto}(x:l) = l$$
$$\text{vacía?}(l)=T \Rightarrow \text{eult}(x:l) = []$$
$$\text{vacía?}(l)=F \Rightarrow \text{eult}(x:l) = x:\text{eult}(l)$$
$$\text{prim}(x:l) = x$$
$$\text{vacía?}(l)=T \Rightarrow \text{ult}(x:l) = x$$
$$\text{vacía?}(l)=F \Rightarrow \text{ult}(x:l) = \text{ult}(l)$$
$$\text{vacía?}([]) = T$$
$$\text{vacía?}(x:l) = F$$
The logo for Cartagena99, featuring the text "Cartagena99" in a stylized font with a blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJEMPLO 1

Ejemplo: Suponiendo la operación que devuelve el elemento más pequeño de dos *min: elemento elemento → elemento*, obtener el elemento más pequeño de una lista.

- La operación debe ser parcial, se requiere tener datos:

parcial mínimo: lista → elemento

- Las ecuaciones (incluyendo la de definición) pueden ser:

vacía?(l)=F ⇒ Def(mínimo(l))

vacía?(l)=T ⇒ mínimo(x:l) = x

vacía?(l)=F ⇒ mínimo(x:l) =

min(x, mínimo(l))

- Otra posibilidad para la ecuación con más de un elemento:

The logo for Cartagena99, featuring the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font with a blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJEMPLO 1-Pseudocódigo

Ejemplo: Suponiendo la operación que devuelve el elemento más pequeño de dos *min: elemento elemento* → *elemento*, obtener el elemento más pequeño de una lista.

```
func mínimo(l:lista):elemento
```

```
var m:elemento
```

```
    aux:lista
```

```
    si vacia?(l) entonces error (Lista Vacía)
```

```
    sino m←prim(l)
```

```
        aux←resto(l)
```

```
        (...)
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

(...)

mientras !(vacía?(aux)) **hacer**

m ← min(m, prim(aux))

aux ← resto(aux)

finmientras

devolver m

finfunc

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a white background with a light blue and orange gradient behind it.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJEMPLO 1-Pseudocódigo (2)

```
func mínimo(l:lista):elemento
    si vacia?(l) entonces error (Lista Vacía)
        sino si vacia?(resto(l))
            entonces devolver (prim(l))
        sino devolver min (prim(l), mínimo(resto(l)))
finfunc
```

¡Cuidado con la implementación concreta de “resto(l)”! Si la función devuelve una lista nueva todo va bien, pero si modifica al parámetro “l” (que suele ser lo normal) entonces hay un problema

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJEMPLO 2

Ejemplo: Comprobar si una lista está ordenada de menor a mayor.

- Esta operación puede considerarse parcial o total.

$min_a_max?: lista \rightarrow bool$

- Las ecuaciones, utilizando propiedades, pueden ser:

$vacía?(l)=T \Rightarrow min_a_max?(l) = T$

$vacía?(l)=F \Rightarrow min_a_max?(l) =$

$(prim(l) \text{ eq } mínimo(l)) \wedge min_a_max?(resto(l))$

- Otra forma, usando generadoras de lista:

$min_a_max?(x:[]) = T$

$min_a_max?(x:(y:l)) =$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJEMPLO 2-Pseudocódigo

Comprobar si una lista está ordenada de menor a mayor.

```
func mín_a_max (l:lista):booleano
    si mínimo(l) eq prim(l)
        entonces devolver (mín_a_max(resto(l)))
        sino devolver F
    finsi
finfunc
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJEMPLO 2-Pseudocódigo (2)

```
func mín_a_max(l:lista):booleano
```

```
    devolver
```

```
mínimo(l) eq prim(l) ∧ mín_a_max(resto(l))
```

```
finfunc
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

USO DE LAS LISTAS

Con la especificación `LISTA[ELEMENTO]` creamos listas tal y como se representan: diferenciando la lista vacía de la lista que tiene un elemento en la cabeza.

Sin embargo, las listas no tienen requisitos en la forma en que se ponen los elementos, así que podrían ponerse al final de la lista o incluso en posiciones intermedias.

La siguiente especificación proporciona generadoras alternativas para la generación de las listas y una operación para determinar el tamaño de la lista.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ESPECIFICACIÓN: LISTAS2

{Esta especificación añade formas distintas de crear listas}

espec LISTA2[ELEMENTO]

usa LISTA[ELEMENTO], NATURALES

operaciones

[_] : elemento → lista

{lista unitaria}

: elemento lista → lista

{añadir por la derecha}

++ : lista lista → lista

{concatenar dos listas}

long : lista → natural

{longitud de la lista}

var *x, y* : elemento

l, l' : lista

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ESPECIFICACIÓN: LISTAS2 (2)

ecuaciones

$$[x] = x: []$$

$$x\#[] = x: []$$

$$x\#(y:1) = y: (x\#1)$$

$$[]++1 = 1$$

$$(x:1)++1' = x: (1++1')$$

$$\text{long}([]) = 0$$

$$\text{long}(x:1) = \text{suc}(\text{long}(1))$$

fespec

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave-like pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ESPECIFICACIÓN: LISTAS2 (Otra forma de verlo)

ecuaciones

$$[x] = x: []$$

$$vacía?(l)=T \Rightarrow x\#l = x: []$$

$$vacía?(l)=F \Rightarrow x\#l = prim(l) : (x\#resto(l))$$

$$vacía?(l)=T \Rightarrow l++l' = l'$$

$$vacía?(l)=F \Rightarrow l++l' = prim(l) : (resto(l)++l')$$

$$vacía?(l)=T \Rightarrow long(l) = 0$$

$$vacía?(l)=F \Rightarrow long(l) = suc(long(resto(l)))$$

fespec

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJEMPLO 3

Ejemplo: Invertir una lista.

- La operación invertir siempre es total.

invertir: lista → lista

- Usando las operaciones de inserción nuevas haríamos...

invertir([]) = []

invertir(x:l) = x#invertir(l)

- ... o también podríamos hacer

invertir([]) = []

invertir(x:l) = invertir(l) ++ [x]

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJEMPLO 3-Pseudocódigo

```
func invertir (l:lista):lista
    si vacia?(l) entonces
        devolver l
    sino
        prim(l) #invertir(resto(l))
    finsi
finfunc
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJEMPLO 4

Ejemplo: Comprobar si una lista es simétrica.

- la operación (es observadora) es la siguiente:

simétrica?: *lista* → *bool*

- ¡Cuidado! No podemos hacer
simétrica?(l) = (l == invertir(l))
porque no sabemos comprobar si dos listas son iguales.

- Las ecuaciones (basadas en propiedades) podrían ser...

long(l) = 0 ⇒ *simétrica?(l) = T*

long(l) = suc(0) ⇒ *simétrica?(l) = T*

long(l) > suc(0) ⇒

simétrica?(l) = (prim(l) eq ult(l))

∧ simétrica?(eult(resto(l)))

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the word "Cartagena". The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJEMPLO 4-Pseudocódigo

```
func simétrica(l:lista):booleano
```

```
  si vacia?(l) entonces
```

```
    devolver T
```

```
  si no
```

```
    devolver
```

```
      prim(l) eq ult(l) Λ
```

```
      simétrica(resto(eult(l)))
```

```
  finsi
```

```
finfunc
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJEMPLO 5-Pseudocódigo

Ejemplo: Insertar en orden en una lista ordenada

```
fun insertar_orden (e:elemento, l:lista,) dev lista
    {inserta de menor a mayor en una lista ordenada}
var aux:lista
    si !min_a_max(l)
        entonces error (Lista no ordenada)
    si no si vacia?(l) entonces Devolver e:l
    si no
        si min(e, prim(l)) eq e
            entonces Devolver e:l {es el primero}
        (...)
    si no
        entonces insertar_orden(e, l)
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EJEMPLO 5-Pseudocódigo

```
(...) si no {buscamos la posición en orden}  
    aux ← [] {creamos lista vacía}  
    mientras  
        ! vacia?(l) ∧ min (prim(l), e) eq prim(l)  
        hacer  
            aux ← aux++ [prim(l)]  
            {o aux ← prim(l) #aux}  
            l ← resto(l)  
        finmientras {en aux están los menores que e}  
    Devolver aux++ (e:l)  
  
finsi
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

IMPLEMENTACIÓN DE LISTAS

La implementación más habitual es la de **celdas enlazadas**:

- El tipo lista es un puntero a una celda
 - Si la lista es la vacía, el puntero es “NIL”
 - Si no, apunta a una celda que contiene el primer elemento y un puntero al siguiente elemento
- El puntero de la celda correspondiente al último elemento contiene el valor “NIL”.

Hay muchas formas de enriquecer la implementación de las listas, por ejemplo...

- Listas doblemente enlazadas
- Listas circulares

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the word 'Cartagena'. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. TIPOS

tipos

nodo-lista = **reg**

valor: elemento

sig: **puntero a** nodo-lista *{esto es lo mínimo}*

freg

lista = **reg**

longitud: nat *{no siempre es necesaria}*

primero: **puntero a** nodo-lista *{cabecera de lista}*

freg

ftipos

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS

{Crear una lista vacía []}

```
fun lista_vacia() dev l:lista
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS

{Crear una lista vacía []}

```
fun lista_vacia() dev l:lista
  l.longitud ← 0
  l.primerio ← nil
ffun
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS (2)

{Crear una lista de un elemento [_]}

```
fun unitaria(e: elemento) dev l:lista
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS (2)

{Crear una lista de un elemento [_]}

```
fun unitaria(e: elemento) dev l:lista
var p: puntero a nodo-lista
    reservar (p)
    p^.valor ← e
    p^.sig ← nil
    l.primeros ← p
    l.longitud ← 1
ffun
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS (3)

{Añadir un elemento a una lista por la izquierda _ : _ }

```
proc añadir_izq(E e: elemento, l: lista)
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, dark green font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS (3)

{Añadir un elemento a una lista por la izquierda _ : _ }

```
proc añadir_izq(E e: elemento, l: lista)
var p: puntero a nodo-lista
    reservar (p)
    p^.valor ← e
    p^.sig ← l.primer0
    l.primer0 ← p
    l.longitud ← l.longitud+1
fproc
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue and white background with a subtle wave-like pattern.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS (4)

{Añadir un elemento a una lista por la derecha _ # _ }

```
proc añadir_der(E e: elemento, l: lista)
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS (4)

{Añadir un elemento a una lista por la derecha _ # _ }

```
proc añadir_der(E e: elemento, l:lista)
var p, aux: puntero a nodo-lista
reservar (p)
p^.valor ← e
p^.sig ← nil
si es_lista_vacia(l) entonces
    l.primerono ← p
si no aux ← l.primerono
    mientras aux^.sig ≠ nil hacer
        aux ← aux^.sig
    fmientras
        aux^.sig ← p
fsi
l.longitud ← l.longitud+1
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. OBSERVADORAS

*{Obtener el elemento inicial **prim**}*

```
fun inicial(l: lista) dev e:elemento
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. OBSERVADORAS

*{Obtener el elemento inicial **prim**}*

```
fun inicial(l: lista) dev e:elemento
  si es_lista_vacia(l) entonces
    error(Lista vacía)
  si no e ← (l.primer) ^.valor
fsi
ffun
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. OBSERVADORAS (2)

*{Obtener el elemento extremo **ult**}*

```
fun final(l: lista) dev e:elemento
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, teal-colored font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. OBSERVADORAS (2)

*{Obtener el elemento extremo **ult**}*

```
fun final(l: lista) dev e:elemento
var p: puntero a nodo-lista
  si es_lista_vacia(l) entonces
    error(Lista vacía)
  si no p ← l.primerio
  mientras p^.sig ≠ nil hacer
    p ← p^.sig
  fmientras
    e ← p^.valor
  fsi
ffun
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. OBSERVADORAS (3)

*{Ver si la lista es vacía y obtener su longitud **long**}*

```
fun es_lista_vacia(l: lista) dev b:bool
```

```
fun longitud(l:lista) dev n:nat
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. OBSERVADORAS (3)

*{Ver si la lista es vacía y obtener su longitud **long**}*

```
fun es_lista_vacia(l: lista) dev b:bool
```

```
  b ← (l.primerio = nil)
```

```
ffun
```

```
fun longitud(l:lista) dev n:nat
```

```
  n ← l.longitud
```

```
ffun
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. MODIFICADORAS

{Eliminar el primer elemento de una lista resto}

```
proc elim_inicial(l: lista)
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, dark green font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. MODIFICADORAS

{Eliminar el primer elemento de una lista resto}

```
proc elim_inicial(l: lista)
  var p: puntero a nodo-lista
  si es_lista_vacia(l) entonces
    error(Lista vacía)
  si no
    p ← l.primerono
    l.primerono ← p^.sig
    l.longitud ← l.longitud-1
    p^.sig ← nil    {por seguridad}
    liberar(p)
  fsi
fproc
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. MODIFICADORAS (2)

{Eliminar el último elemento de una lista eult}

```
proc elim_final(l: lista)
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. MODIFICADORAS (2)

{Eliminar el último elemento de una lista eult}

```
proc elim_final(l: lista)
var p, aux: puntero a nodo_lista
    si es_lista_vacia(l)
        entonces error(Lista vacía)
    si no
        {hay elementos}
    p ← l.primerono
    si p^.sig = nil entonces {si solo hay uno}
        l.primerono ← nil
        liberar (p)
    si no {si hay más de uno}
        (...)
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. MODIFICADORAS (3)

{Eliminar el último elemento de una lista eult}

(...)

{si hay más de un elemento}

mientras $(p^{sig})^{sig} \neq \mathbf{nil}$ **hacer**

$p \leftarrow p^{sig}$

fmientras

$aux \leftarrow p^{sig}$ *{aux es el último}*

$p^{sig} \leftarrow \mathbf{nil}$ *{rompemos el enlace}*

liberar (aux)

fsi

$l.longitud \leftarrow l.longitud-1$

fsi

The logo for Cartagena99, featuring the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font with a blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70