



**Ejercicio 1.** ★ Las siguientes especificaciones no son correctas. Indicar por qué, y corregirlas para que describan correctamente el problema.

a) **buscar**: Dada una secuencia y un elemento, devuelve en *result* la posición de la secuencia en la cual se encuentra el elemento.  
proc buscar (in l: seq( $\mathbb{R}$ ), in elem:  $\mathbb{R}$ , out result:  $\mathbb{Z}$ ) {

Pre {elem  $\in$  l}

Post {l[result] = elem}

}

b) **progresionGeometricaFactor2**: Indica si la secuencia *l* representa una progresión geométrica factor 2. Es decir, si cada elemento de la secuencia es el doble del elemento anterior.

proc progresionGeometricaFactor2 (in l: seq( $\mathbb{Z}$ ), out result: Bool) {

Pre {True}

Post {result = True  $\leftrightarrow ((\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |l| \rightarrow l[i] = 2 * l[i - 1]))$ }

}

c) **minimo**: Devuelve en *result* el menor elemento de *l*.

proc minimo (in l: seq( $\mathbb{Z}$ ), out result:  $\mathbb{Z}$ ) {

Pre {True}

Post { $(\forall y : \mathbb{Z})(y \in l \wedge y \neq x \rightarrow y > result)$ }

}

**Ejercicio 2.** La siguiente no es una especificación válida, ya que para ciertos valores de entrada que cumplen la precondition, no existe una salida que cumpla con la postcondición.

proc elementosQueSumen (in l: seq( $\mathbb{Z}$ ), in suma:  $\mathbb{Z}$ , out result: seq( $\mathbb{Z}$ )) {

Pre {True}

Post {

/\* La secuencia result está incluida en la secuencia l \*/

$(\forall x : \mathbb{Z})(x \in result \rightarrow \#apariciones(x, result) \leq \#apariciones(x, l))$

/\* La suma de la result coincide con el valor suma \*/

$\wedge suma = \sum_{i=0}^{|result|-1} result[i]$

}

}

a) Mostrar valores para *l* y *suma* que hagan verdadera la precondition, pero tales que no exista *result* que cumpla la postcondición.

b) Supongamos que agregamos a la especificación la siguiente cláusula:

Pre : min\_suma(l)  $\leq$  suma  $\leq$  max\_suma(l)

fun min\_suma(l) :  $\mathbb{Z} = \sum_{i=0}^{|l|-1} \text{if } l[i] < 0 \text{ then } l[i] \text{ else } 0$  fi

fun max\_suma(l) :  $\mathbb{Z} = \sum_{i=0}^{|l|-1} \text{if } l[i] > 0 \text{ then } l[i] \text{ else } 0$  fi

¿Ahora es una especificación válida? Si no lo es, justificarlo con un ejemplo como en el punto anterior.

c) Dar una precondition que haga correcta la especificación.

**Ejercicio 3. ★** Para los siguientes problemas, dar todas las soluciones posibles a las entradas dadas.

a) **proc** raizCuadrada (in x: $\mathbb{R}$ , out result: $\mathbb{R}$ ) {  
     **Pre**  $\{x \geq 0\}$   
     **Post**  $\{result^2 = x\}$   
}

I)  $x = 0$

II)  $x = 1$

III)  $x = 27$

b) ★ **proc** indiceDelMaximo (in l:  $seq(\mathbb{R})$ , out result: $\mathbb{Z}$ ) {  
     **Pre**  $\{|l| > 0\}$   
     **Post** {  
          $0 \leq result < |l|$   
          $\wedge_L ((\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |l| \rightarrow_L l[i] \leq l[result]))$   
     }  
}

I)  $l = \langle 1, 2, 3, 4 \rangle$

II)  $l = \langle 15.5, -18, 4.215, 15.5, -1 \rangle$

III)  $l = \langle 0, 0, 0, 0, 0, 0 \rangle$

c) ★ **proc** indiceDelPrimerMaximo (l: $seq(\mathbb{R})$ , result: $\mathbb{Z}$ ) {  
     **Pre**  $\{|l| > 0\}$   
     **Post** {  
          $0 \leq result < |l|$   
          $\wedge ((\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |l| \rightarrow_L (l[i] < l[result] \vee (l[i] = l[result] \wedge i \geq result))))$   
     }  
}

I)  $l = \langle 1, 2, 3, 4 \rangle$

II)  $l = \langle 15.5, -18, 4.215, 15.5, -1 \rangle$

III)  $l = \langle 0, 0, 0, 0, 0, 0 \rangle$

d) ¿Para qué valores de entrada indiceDelPrimerMaximo y indiceDelMaximo tienen necesariamente la misma salida?

**Ejercicio 4. ★** Sea  $f : \mathbb{R} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  definida como:

$$f(a, b) = \begin{cases} 2b & \text{si } a < 0 \\ b - 1 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

¿Cuáles de las siguientes especificaciones son correctas para el problema de calcular  $f(x, y)$ ?

Para las que no lo son, indicar por qué.

a) **proc** f (in a, b:  $\mathbb{R}$ , out result: $\mathbb{R}$ ) {  
     **Pre**  $\{True\}$   
     **Post** {  
          $(a < 0 \wedge result = 2 * b)$   
          $\wedge$   
          $(a \geq 0 \wedge result = b - 1)$   
     }  
}

- b) **proc f** (in a, b:  $\mathbb{R}$ , out result:  $\mathbb{R}$ ) {  
     **Pre** {*True*}  
     **Post**  $\{(a < 0 \wedge result = 2 * b) \vee (a > 0 \wedge result = b - 1)\}$   
 }
- c) **proc f** (in a, b:  $\mathbb{R}$ , out result:  $\mathbb{R}$ ) {  
     **Pre** {*True*}  
     **Post**  $\{(a < 0 \wedge result = 2 * b) \vee (a \geq 0 \wedge result = b - 1)\}$   
 }
- d) **proc f** (in a, b:  $\mathbb{R}$ , out result:  $\mathbb{R}$ ) {  
     **Pre** {*True*}  
     **Post** {  
          $a < 0 \rightarrow result = 2 * b$   
          $\wedge$   
          $a \geq 0 \rightarrow result = b - 1$   
     }  
 }
- e) **proc f** (in a, b:  $\mathbb{R}$ , out result:  $\mathbb{R}$ ) {  
     **Pre** {*True*}  
     **Post**  $\{(a < 0 \rightarrow result = 2 * b) \vee (a \geq 0 \rightarrow result = b - 1)\}$   
 }
- f) **proc f** (in a, b:  $\mathbb{R}$ , out result:  $\mathbb{R}$ ) {  
     **Pre** {*True*}  
     **Post** {*result* = (if  $a < 0$  then  $2 * b$  else  $b - 1$  fi)}  
 }

**Ejercicio 5. ★** Considerar la siguiente especificación, junto con un algoritmo que dado  $x$  devuelve  $x^2$ .

**proc unoMasGrande** (in x:  $\mathbb{R}$ , out result:  $\mathbb{R}$ ) {  
     **Pre** {*True*}  
     **Post** {*result* >  $x$ }  
 }

- a) ¿Qué devuelve el algoritmo si recibe  $x = 3$ ? ¿El resultado hace verdadera la postcondición de **unoMasGrande**?
- b) ¿Qué sucede para las entradas  $x = 0.5$ ,  $x = 1$ ,  $x = -0.2$  y  $x = -7$ ?
- c) Teniendo en cuenta lo respondido en los puntos anteriores, escribir una precondition para **unoMasGrande**, de manera tal que el algoritmo sea una implementación correcta.

**Ejercicio 6. ★** Sean  $x$  y  $r$  variables de tipo  $\mathbb{R}$ . Considerar los siguientes predicados:

P1: $\{x \leq 0\}$	Q1: $\{r \geq x^2\}$
P2: $\{x \leq 10\}$	Q2: $\{r \geq 0\}$
P3: $\{x \leq -10\}$	Q3: $\{r = x^2\}$

- a) Indicar la relación de fuerza entre P1, P2 y P3.
- b) Indicar la relación de fuerza entre Q1, Q2 y Q3.

c) Sea E1 la siguiente especificación. Escribir 2 programas que cumplan con E1.

```
proc hagoAlgo (in x:  $\mathbb{R}$ , out r:  $\mathbb{R}$ ) {
    Pre { $x \leq 0$ }
    Post { $r \geq x^2$ }
}
```

d) Sea A un algoritmo que cumple con E1. Decidir si necesariamente cumple las siguientes especificaciones:

a) Pre:  $\{x \leq -10\}$ , Post:  $\{r \geq x^2\}$

b) Pre:  $\{x \leq 10\}$ , Post:  $\{r \geq x^2\}$

c) Pre:  $\{x \leq 0\}$ , Post:  $\{r \geq 0\}$

d) Pre:  $\{x \leq 0\}$ , Post:  $\{r = x^2\}$

e) Pre:  $\{x \leq -10\}$ , Post:  $\{r \geq 0\}$

f) Pre:  $\{x \leq 10\}$ , Post:  $\{r \geq 0\}$

g) Pre:  $\{x \leq -10\}$ , Post:  $\{r = x^2\}$

h) Pre:  $\{x \leq 10\}$ , Post:  $\{r = x^2\}$

e) ¿Qué conclusión pueden sacar? ¿Qué debe cumplirse con respecto a las precondiciones y postcondiciones para que sea seguro reemplazar la especificación?

**Ejercicio 7. ★** Considerar las siguientes dos especificaciones, junto con un algoritmo  $a$  que satisface la especificación de  $p2$ .

```
proc p1 (in x:  $\mathbb{R}$ , in n:  $\mathbb{Z}$ , out result:  $\mathbb{Z}$ ) {
    Pre { $x \neq 0$ }
    Post { $x^n - 1 < result \leq x^n$ }
}
```

```
proc p2 (in x:  $\mathbb{R}$ , in n:  $\mathbb{Z}$ , out result:  $\mathbb{Z}$ ) {
    Pre { $n \leq 0 \rightarrow x \neq 0$ }
    Post { $result = \lfloor x^n \rfloor$ }
}
```

a) Dados valores de  $x$  y  $n$  que hacen verdadera la precondición de  $p1$ , demostrar que hacen también verdadera la precondición de  $p2$ .

b) Ahora, dados estos valores de  $x$  y  $n$ , supongamos que se ejecuta  $a$ : llegamos a un valor de  $res$  que hace verdadera la postcondición de  $p2$ . ¿Será también verdadera la postcondición de  $p1$ ?

c) ¿Podemos concluir que  $a$  satisface la especificación de  $p1$ ?

**Ejercicio 8.** Considerar las siguientes especificaciones:

```
proc n-esimo1 (in l:  $seq(\mathbb{Z})$ , in n:  $\mathbb{Z}$ , out result:  $\mathbb{Z}$ ) {
    Pre {
        /*Los elementos están ordenados*/
         $(\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |l| - 1 \rightarrow_L l[i] < l[i + 1])$ 
         $\wedge 0 \leq n < |l|$ 
    }
    Post { $result = l[n]$ }
}
```

```
proc n-esimo2 (in l:  $seq(\mathbb{Z})$ , in n:  $\mathbb{Z}$ , out result:  $\mathbb{Z}$ ) {
    Pre {
        /*Los elementos son distintos entre sí*/
         $(\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |l| \rightarrow_L ((\forall j : \mathbb{Z})(0 \leq j < |l| \wedge i \neq j) \rightarrow_L l[i] \neq l[j]))$ 
         $\wedge$ 
    }
```

```

    0 ≤ n < |l|
  }
Post {
  result ∈ l
  ∧
  n = ∑i=0|l|-1 (if l[i] < result then 1 else 0 fi)
}
}

```

¿Es cierto que todo algoritmo que cumple con `n-esimo1` cumple también con `n-esimo2`? ¿Y al revés?

**Sugerencia:** Razonar de manera análoga a la del ejercicio anterior.

**Ejercicio 9.** ★ Especificar los siguientes problemas:

- Dado un número entero, decidir si es par.
- Dado un entero  $n$  y uno  $m$ , decidir si  $n$  es un múltiplo de  $m$ .
- Dado un número real, devolver su inverso multiplicativo.
- Dada una secuencia de caracteres, obtener de ella sólo los que son numéricos (con todas sus apariciones sin importar el orden de aparición).
- Dada una secuencia de reales, devolver la secuencia que resulta de duplicar sus valores en las posiciones impares
- Dado un número entero, listar todos sus divisores positivos (sin duplicados).

**Ejercicio 10.** Considerar el problema de decidir, dados  $n$  y  $m$  enteros, si  $n$  es múltiplo de  $m$ , y la siguiente especificación.

```

proc esMultiplo (in n, m: ℤ, out result: Bool) {
  Pre {m ≠ 0}
  Post {result = (n mód m = 0)}
}

```

- Según la definición matemática de múltiplo, ¿tiene sentido preguntarse si 4 es múltiplo de 0? ¿Cuál es la respuesta?
- ¿Debería ser  $n = 4$ ,  $m = 0$  una entrada válida para el problema? ¿Lo es en esta especificación?
- Corregir la especificación de manera tal que  $n = 4$ ,  $m = 0$  satisfaga la precondition (¡cuidado con las indefiniciones!).
- ¿Qué relación de fuerza hay entre la precondition nueva y la original?

**Ejercicio 11.** Considerar el problema de, dada una secuencia de números reales, devolver la que resulta de duplicar sus valores en las posiciones impares.

- Para la secuencia  $\langle 1, 2, 3, 4 \rangle$ , ¿es  $\langle 0, 4, 0, 8 \rangle$  un resultado correcto?
- Sea la siguiente especificación:

```

proc duplicarEnImpares (in l: seq(ℝ), out result: seq(ℝ)) {
  Pre {True}
  Post {|result| = |l| ∧ (∀i : ℤ)((0 ≤ i < |result| ∧ i mód 2 = 1) →L result[i] = 2 * l[i])}
}

```

Si  $l = \langle 1, 2, 3, 4 \rangle$ , ¿ $result = \langle 0, 4, 0, 8 \rangle$  satisface la postcondición?

- Si es necesario, corregir la especificación para que describa correctamente el resultado esperado.
- ¿Qué relación de fuerza hay entre la nueva postcondición y la original?

**Ejercicio 12. ★** Especificar el problema de dado un entero positivo retornar una secuencia de 0s y 1s que represente ese número en base 2 (es decir, en binario).

**Ejercicio 13.** Con lo visto en los ejercicios 9 a 12, ¿Encuentra casos de sub y sobreespecificación en las especificaciones del ejercicio 8?

**Ejercicio 14.** Especificar los siguientes problemas:

- a) ★ Dado un número entero positivo, obtener la suma de sus factores primos.
- b) Dado un número entero positivo, decidir si es perfecto. Se dice que un número es perfecto cuando es igual a la suma de sus divisores (excluyéndose a sí mismo).
- c) Dado un número entero positivo  $n$ , obtener el menor entero positivo  $m > 1$  tal que  $m$  sea coprimo con  $n$ .
- d) ★ Dado un entero positivo, obtener su descomposición en factores primos. Devolver una secuencia de tuplas  $(p, e)$ , donde  $p$  es un factor primo y  $e$  es su exponente, ordenada en forma creciente con respecto a  $p$ .
- e) Dada una secuencia de números reales, obtener la diferencia máxima entre dos de sus elementos.
- f) ★ Dada una secuencia de números enteros, devolver aquel que divida a más elementos de dicha secuencia. El elemento tiene que pertenecer a la secuencia original. Si existe más de un elemento que cumple esta propiedad, devolver alguno de ellos.

**Ejercicio 15.** Especificar los siguientes problemas sobre secuencias:

- a) `proc nEsimaAparicion(in l : seq(R), in e : R, in n : Z, out result : Z)`, que devuelve el índice de la  $n$ -ésima aparición de  $e$  en  $l$ .
- b) Dadas dos secuencias  $s$  y  $t$ , decidir si  $s$  es una subcadena de  $t$ .
- c) ★ Dadas dos secuencias  $s$  y  $t$ , decidir si  $s$  está *incluida* en  $t$ , es decir, si todos los elementos de  $s$  aparecen en  $t$  en igual o mayor cantidad.
- d) `proc mezclarOrdenado(in s, t : seq(Z), out result : seq(Z))`, que recibe dos secuencias ordenadas y devuelve el resultado de intercalar sus elementos de manera ordenada.
- e) Dadas dos secuencias  $s$  y  $t$  especificar el procedimiento *intersecciónSinRepetidos* que retorna una secuencia que contiene únicamente los elementos que aparecen en ambas secuencias.
- f) ★ Dadas dos secuencias  $s$  y  $t$ , devolver su *intersección*, es decir, una secuencia con todos los elementos que aparecen en ambas. Si un mismo elemento tiene repetidos, la secuencia retornada debe contener la cantidad mínima de apariciones en  $s$  y de  $t$ .

**Ejercicio 16.** Especificar los siguientes problemas:

- a) `proc cantApariciones(in l : String, out result : seq(Char × Z))` que devuelve la secuencia con todos los elementos de  $l$ , sin duplicados, con su cantidad de apariciones (en un orden cualquiera). Ejemplos:
  - $cantApariciones(\langle 'a' \rangle) = \langle \langle 'a', 1 \rangle \rangle$
  - $cantApariciones(\langle 'a', 'b', 'c' \rangle) = \langle \langle 'a', 1 \rangle, \langle 'c', 1 \rangle, \langle 'b', 1 \rangle \rangle$
  - $cantApariciones(\langle 'a', 'b', 'c', 'b', 'd', 'b' \rangle) = \langle \langle 'a', 1 \rangle, \langle 'b', 3 \rangle, \langle 'd', 1 \rangle, \langle 'c', 1 \rangle \rangle$
  - $cantApariciones(\langle \rangle) = \langle \rangle$
- b) Dada una secuencia, devolver una secuencia de secuencias que contenga todos sus prefijos, en orden creciente de longitud.
- c) ★ Dada una secuencia de secuencias de enteros  $l$ , devolver una secuencia de  $l$  que contenga el máximo valor. Por ejemplo, si  $l = \langle \langle 2, 3, 5 \rangle, \langle 8, 1 \rangle, \langle 2, 8, 4, 3 \rangle \rangle$ , devolver  $\langle 8, 1 \rangle$  o  $\langle 2, 8, 4, 3 \rangle$ .
- d) `proc interseccionMultiple(in ls : seq(seq(R)), out l : seq(R))` que devuelve en  $l$  el resultado de la intersección de todas las secuencias de  $ls$ .
- e) ★ `proc separar(in l : String, in delim : Char, out ls : seq(String))` que devuelve la secuencia resultante de separar  $l$  en cada posición donde aparece el delimitador *delim* (y eliminar dicho delimitador).  
Por ejemplo, `separar("hola; amigo; ven", ';') = ⟨ "hola", "amigo", "ven" ⟩`.
- f) ★ Dada una secuencia  $l$  con todos sus elementos distintos, devolver la secuencia de *partes*, es decir, la secuencia de todas las secuencias incluidas en  $l$ , cada una con sus elementos en el mismo orden en que aparecen en  $l$ .

## Especificación de problemas usando inout

**Ejercicio 17. ★** Dados dos enteros  $a$  y  $b$ , se necesita calcular su suma, y retornarla en un entero  $c$ . ¿Cuáles de las siguientes especificaciones son correctas para este problema? Para las que no lo son, indicar por qué.

- a) `proc sumar (inout a, b, c:  $\mathbb{Z}$ ) {`  
    `Pre { $True$ }`  
    `Post { $a + b = c$ }`  
}
- b) `proc sumar (in a, b:  $\mathbb{Z}$ , in c:  $\mathbb{Z}$ ) {`  
    `Pre { $True$ }`  
    `Post { $c = a + b$ }`  
}
- c) `proc sumar (in a, b:  $\mathbb{Z}$ , out c:  $\mathbb{Z}$ ) {`  
    `Pre { $True$ }`  
    `Post { $c = a + b$ }`  
}
- d) `proc sumar (inout a, b:  $\mathbb{Z}$ , out c:  $\mathbb{Z}$ ) {`  
    `Pre { $a = A_0 \wedge b = B_0$ }`  
    `Post { $a = A_0 \wedge b = B_0 \wedge c = a + b$ }`  
}

**Ejercicio 18. ★** Dada una secuencia  $l$ , se desea sacar su primer elemento y devolverlo. Decidir cuáles de estas especificaciones son correctas. Para las que no lo son, indicar por qué y justificar con ejemplos.

- a) `proc tomarPrimero (inout l:  $seq\langle\mathbb{R}\rangle$ , out result:  $\mathbb{R}$ ) {`  
    `Pre { $|l| > 0$ }`  
    `Post { $result = head(l)$ }`  
}
- b) `proc tomarPrimero (inout l:  $seq\langle\mathbb{R}\rangle$ , out result:  $\mathbb{R}$ ) {`  
    `Pre { $|l| > 0 \wedge l = L_0$ }`  
    `Post { $result = head(L_0)$ }`  
}
- c) `proc tomarPrimero (inout l:  $seq\langle\mathbb{R}\rangle$ , out result:  $\mathbb{R}$ ) {`  
    `Pre { $|l| > 0$ }`  
    `Post { $result = head(L_0) \wedge |l| = |L_0| - 1$ }`  
}
- d) `proc tomarPrimero (inout l:  $seq\langle\mathbb{R}\rangle$ , out result:  $\mathbb{R}$ ) {`  
    `Pre { $|l| > 0 \wedge l = L_0$ }`  
    `Post { $result = head(L_0) \wedge l = tail(L_0)$ }`  
}

```
e) proc tomarPrimero (inout l: seq(R), out result:R) {
  Pre { |l| > 0 ∧ l = L0 }
  Post {
    result = head(L0)
    ∧ |l| = |L0| - 1
    ∧L ((∀ i : Z)(0 ≤ i < |l| →L l[i] = L0[i + 1]))
  }
}
```

**Ejercicio 19.** Considerar la siguiente especificación:

```
proc intercambiar (inout l: seq(R), in i, j: Z) {
  Pre { 0 ≤ i < |l| ∧ 0 ≤ j < |l| ∧ l = L0 }
  Post {
    /*Las secuencias tienen la misma longitud*/
    |l| = |L0|
    ∧
    /*Intercambia i*/
    l[i] = L0[j]
    ∧
    /*Intercambia j*/
    l[j] = L0[i]
  }
}
```

- ¿Esta especificación es válida? Si lo es, ¿qué problema describe?
- Mostrar con un ejemplo que la postcondición está sub-especificada (es decir, que hay valores que la hacen verdadera aunque no son deseables como solución).
- Corregir la especificación agregando a la postcondición una o más cláusulas Post : .

**Ejercicio 20.** Explicar coloquialmente la siguiente especificación:

```
proc copiarPrimero (inout l: seq(Z), inout i: Z) {
  Pre {
    /*Valores iniciales*/
    l = L0 ∧ i = I0
    ∧
    /*Secuencia no vacía*/
    |l| > 0
    ∧
    /*Índice en rango*/
    0 ≤ i < |l|
  }
  Post {
    l[I0] = L0[0]
    ∧
    i = L0[I0]
    ∧
    ((∀ j : Z)((0 ≤ j < |l| ∧ j ≠ I0) →L l[j] = L0[I0])
  }
}
```

**Ejercicio 21.** Dada una secuencia de enteros, se requiere multiplicar por 2 aquéllos valores que se encuentran en posiciones pares. Indicar por qué son incorrectas las siguientes especificaciones, y proponer una alternativa correcta.



- a) **proc** duplicarPares (inout l: seq( $\mathbb{Z}$ )) {  
     Pre { $l = L_0$ }  
     Post {  
          $|l| = |L_0|$   
          $\wedge$   
          $(\forall i : \mathbb{Z})(0 \leq i < |l| \wedge i \bmod 2 = 0) \rightarrow_L l[i] = 2 * L_0[i]$   
     }  
}
- b) **proc** duplicarPares (inout l: seq( $\mathbb{Z}$ )) {  
     Pre { $l = L_0$ }  
     Post { $(\forall i : \mathbb{Z})((0 \leq i < |l| \wedge i \bmod 2 \neq 0) \rightarrow_L l[i] = L_0[i])$   
          $\wedge$   
          $(\forall i : \mathbb{Z})((0 \leq i < |l| \wedge i \bmod 2 = 0) \rightarrow_L l[i] = 2 * L_0[i])$   
     }  
}
- c) **proc** duplicarPares (inout l: seq( $\mathbb{Z}$ ), out result:seq( $\mathbb{Z}$ )) {  
     Pre {True}  
     Post { $|l| = |result|$   
          $\wedge$   
          $(\forall i : \mathbb{Z})((0 \leq i < |l| \wedge i \bmod 2 \neq 0) \rightarrow_L result[i] = l[i])$   
          $\wedge$   
          $(\forall i : \mathbb{Z})((0 \leq i < |l| \wedge i \bmod 2 = 0) \rightarrow_L result[i] = 2 * l[i])$   
     }  
}

**Ejercicio 22.** Especificar los siguientes problemas de modificación de secuencias:

- a) ★ **proc** primosHermanos(inout l : seq( $\mathbb{Z}$ )), que dada una secuencia de enteros mayores a dos, reemplaza dichos valores por el número primo menor más cercano. Por ejemplo, si  $l = \langle 6, 5, 9, 14 \rangle$ , luego de aplicar **primosHermanos**(l),  $l = \langle 5, 5, 7, 13 \rangle$
- b) ★ **proc** reemplazar(inout l : String, in a, b : Char), que reemplaza todas las apariciones de a en l por b.
- c) **proc** recortar(inout l : seq( $\mathbb{Z}$ ), in a :  $\mathbb{Z}$ ), que saca de l todas las apariciones de a consecutivas que aparezcan al principio. Por ejemplo **recortar**( $\langle 2, 2, 3, 2, 4 \rangle, 2$ ) =  $\langle 3, 2, 4 \rangle$ , mientras que **recortar**( $\langle 2, 2, 3, 2, 4 \rangle, 3$ ) =  $\langle 2, 2, 3, 2, 4 \rangle$ .
- d) **proc** intercambiarParesConImpares(inout l : String), que toma una secuencia de longitud par y la modifica de modo tal que todas las posiciones de la forma  $2k$  quedan intercambiadas con las posiciones  $2k + 1$ . Por ejemplo, **intercambiarParesConImpares**("adinle") modifica de la siguiente manera: "daniel".
- e) ★ **proc** limpiarDuplicados(inout l : seq(Char), out dup : seq(Char)), que elimina los elementos duplicados de l dejando sólo su primera aparición (en el orden original). Devuelve además, dup una secuencia con todas las apariciones eliminadas (en cualquier orden).