

Memoria realizada por Paula Rosado Fernández, Pablo Cidoncha Cózar y Jaime Pastrana García.

Índice

Especificación léxica.....	1
Especificación sintáctica.....	3
Sintaxis abstracta.....	5
Especificación del constructor de ASTs.....	7
Acondicionamiento de la especificación del constructor de ASTs para implementación descendente.....	12
Procesamientos.....	18
Vinculación.....	18
Comprobación de tipos.....	23
Asignación de espacio.....	32
Repertorio de instrucciones de la máquina-p.....	35
Etiquetado.....	37
Generación de código.....	45

Especificación léxica

- Definiciones auxiliares

Letra \equiv [a-z, A-Z]

Dig \equiv [0-9]

DigPos \equiv [1-9]

Signo \equiv [+,-]

PEntera \equiv Signo? (0 | DigPos Dig*)

PDecimal \equiv \.(0 | Dig* DigPos)

PExp \equiv (e | E) PEntera

- Clases léxicas

Id \equiv Letra (Letra | Dig | _)*

//Literales

LEntero \equiv PEntera

LReal \equiv PEntera (PDecimal | PExp | PDecimal PExp)

LCadena \equiv ' [^ ' \b \r \n]* '

//Símbolos de operación y puntuación

Suma \equiv \+

Resta \equiv \-

Multiplica \equiv *

Divide \equiv /
Módulo \equiv %
BLT \equiv <
BGT \equiv >
BLE \equiv <=
BGE \equiv >=
BEQ \equiv ==
BNE \equiv !=
PApertura \equiv \
PCierre \equiv \
PuntoComa \equiv ;
Igual \equiv =
CApertura \equiv \
CCierre \equiv \
Punto \equiv \
Circunflejo \equiv ^
Coma \equiv \
DosPuntos \equiv \:

//Palabras reservadas

Int \equiv (I|i)(N|n)(T|t)
Real \equiv (R|r)(E|e)(A|a)(L|l)
Bool \equiv (B|b)(O|o)(O|o)(L|l)
String \equiv (S|s)(T|t)(R|r)(I|i)(N|n)(G|g)
And \equiv (A|a)(N|n)(D|d)
Or \equiv (O|o)(R|r)
Not \equiv (N|n)(O|o)(T|t)
Null \equiv (N|n)(U|u)(L|l)(L|l)
True \equiv (T|t)(R|r)(U|u)(E|e)
False \equiv (F|f)(A|a)(L|l)(S|s)(E|e)
Proc \equiv (P|p)(R|r)(O|o)(C|c)
If \equiv (I|i)(F|f)
Then \equiv (T|t)(H|h)(E|e)(N|n)
Else \equiv (E|e)(L|l)(S|s)(E|e)
While \equiv (W|w)(H|h)(I|i)(L|l)(E|e)
Do \equiv (D|d)(O|o)
Seq \equiv (S|s)(E|e)(Q|q)
Begin \equiv (B|b)(E|e)(G|g)(I|i)(N|n)
End \equiv (E|e)(N|n)(D|d)
Record \equiv (R|r)(E|e)(C|c)(O|o)(R|r)(D|d)
Array \equiv (A|a)(R|r)(R|r)(A|a)(Y|y)
Of \equiv (O|o)(F|f)
New \equiv (N|n)(E|e)(W|w)
Delete \equiv (D|d)(E|e)(L|l)(E|e)(T|t)(E|e)
Read \equiv (R|r)(E|e)(A|a)(D|d)
Write \equiv (W|w)(R|r)(I|i)(T|t)(E|e)
NI \equiv (N|n)(L|l)
Var \equiv (V|v)(A|a)(R|r)

Type \equiv (T|t)(Y|y)(P|p)(E|e)

- Cadenas ignorables

Separadores \equiv [\backslash s \backslash b \backslash r \backslash n]

//s es espacio en blanco

Comentarios \equiv @ [\wedge \backslash n]*

Especificación sintáctica

Prog \rightarrow SDecs SIns **Punto**

SDecs \rightarrow SDecs DecT

SDecs \rightarrow ϵ

DecT \rightarrow Dec **PuntoComa**

Dec \rightarrow DecVar

DecVar \rightarrow **Var Id DosPuntos** Tipo

Dec \rightarrow DecTipo

DecTipo \rightarrow **Type Id DosPuntos** Tipo

Dec \rightarrow DecProc

DecProc \rightarrow **Proc Id** ParamsF SDecs SIns

Tipo \rightarrow TBasico

TBasico \rightarrow **Int**

TBasico \rightarrow **Real**

TBasico \rightarrow **Bool**

TBasico \rightarrow **String**

Tipo \rightarrow TRef

TRef \rightarrow **Id**

Tipo \rightarrow TArray

TArray \rightarrow **Array CApertura LEntero CCierre Of** Tipo

Tipo \rightarrow TRecord

TRecord \rightarrow **Record Campos End**

Campos \rightarrow Campos CampoT

Campos \rightarrow CampoT

CampoT \rightarrow Campo **PuntoComa**

Campo \rightarrow **Id DosPuntos** Tipo

Tipo \rightarrow TPuntero

TPuntero \rightarrow **Circunflejo** Tipo

ParamsF \rightarrow **PApertura** LParams **PCierre**

LParams \rightarrow LParamsAux

LParams \rightarrow ϵ

LParamsAux \rightarrow LParamsAux **Coma** ParamF //F de Formal

LParamsAux \rightarrow ParamF

ParamF → ParamRef
ParamF → ParamVal
ParamRef → **Var Id DosPuntos** Tipo
ParamVal → **Id DosPuntos** Tipo

SIns → **Begin** LIns **End**

LIns → LIns Ins

LIns → ε

Ins → IAsig

IAsig → E **Igual** E **PuntoComa**

Ins → IAlt

IAlt → **If** E **Then** LIns **End TO**

IAlt → **If** E **Then** LIns **Else** LIns **End TO**

Ins → IWhile

IWhile → **While** E **Do** LIns **End TO**

Ins → IRead

IRead → **Read** E **PuntoComa**

Ins → IWrite

IWrite → **Write** E **PuntoComa**

Ins → INI //Aquí pone I de Instrucción y NI de New line

INI → **NI PuntoComa**

Ins → INew

INew → **New** E **PuntoComa**

Ins → IDelete

IDelete → **Delete** E **PuntoComa**

Ins → ICallProc

ICallProc → E ParamsR

ParamsR → **PApertura** LExpr **PCierre PuntoComa**

Ins → IComp

IComp → **Seq** SDecs SIns **TO**

TO → **PuntoComa** //Terminador Opcional

TO → ε

LExp → LExpAux

LExp → ε

LExpAux → LExpAux **Coma** E

LExpAux → E

E → E1 OpRel E1

E → E1

E1 → E2 **Suma** E2

E1 → E1 **Resta** E2

E1 → E2

E2 → E3 **And** E3

$E2 \rightarrow E3 \text{ Or } E2$

$E2 \rightarrow E3$

$E3 \rightarrow E3 \text{ Op3 } E4$

$E3 \rightarrow E4$

$E4 \rightarrow \text{Op4 } E4$

$E4 \rightarrow E5$

$E5 \rightarrow E5 \text{ CApertura } E \text{ CCierre}$

$E5 \rightarrow E5 \text{ Punto Id}$

$E5 \rightarrow E5 \text{ Circunflejo}$

$E5 \rightarrow E_{\text{Basic}}$

$E_{\text{Basic}} \rightarrow L_{\text{Entero}}$

$E_{\text{Basic}} \rightarrow L_{\text{Real}}$

$E_{\text{Basic}} \rightarrow \text{True}$

$E_{\text{Basic}} \rightarrow \text{False}$

$E_{\text{Basic}} \rightarrow L_{\text{Cadena}}$

$E_{\text{Basic}} \rightarrow \text{Id}$

$E_{\text{Basic}} \rightarrow \text{Null}$

$E_{\text{Basic}} \rightarrow (E)$

$\text{OpRel} \rightarrow \text{BLT}$

$\text{OpRel} \rightarrow \text{BGT}$

$\text{OpRel} \rightarrow \text{BLE}$

$\text{OpRel} \rightarrow \text{BGE}$

$\text{OpRel} \rightarrow \text{BNE}$

$\text{OpRel} \rightarrow \text{BEQ}$

$\text{Op3} \rightarrow \text{Multiplica}$

$\text{Op3} \rightarrow \text{Divide}$

$\text{Op3} \rightarrow \text{Módulo}$

$\text{Op4} \rightarrow \text{Menos}$

$\text{Op4} \rightarrow \text{Not}$

Sintaxis abstracta

$\text{prog}: L_{\text{Decs}} \times L_{\text{Ins}} \rightarrow \text{Prog}$

$\text{sinDecs}: \rightarrow L_{\text{Decs}}$ //Las listas de declaraciones son siempre opcionales

$\text{unaDec}: \text{Dec} \rightarrow L_{\text{Decs}}$ //Redundante

$\text{muchasDecs}: L_{\text{Decs}} \times \text{Dec} \rightarrow L_{\text{Decs}}$

$\text{decVar}: \text{string} \times \text{Tipo} \rightarrow \text{Dec}$

$\text{decTipo}: \text{string} \times \text{Tipo} \rightarrow \text{Dec}$

decProc: string x LParams x LDecs x LIns \rightarrow Dec

int: \rightarrow Tipo

real: \rightarrow Tipo

bool: \rightarrow Tipo

string: \rightarrow Tipo

ref: string \rightarrow Tipo

array: string x Tipo \rightarrow Tipo

record: Campos \rightarrow Tipo

puntero: Tipo \rightarrow Tipo

unCampo: Campo \rightarrow Campos

muchosCampos: Campos x Campo \rightarrow Campos

campo: string x Tipo \rightarrow Campo

sinParams: \rightarrow LParams

unParam: Param \rightarrow LParams

muchosParams: LParams x Param \rightarrow LParams

paramRef: string x Tipo \rightarrow Param //Parámetro por referencia

paramVal: string x Tipo \rightarrow Param //Parámetro por valor (copia)

sinIns: \rightarrow LIns

unalns: Ins \rightarrow LIns //Redundante

muchasIns: LIns x Ins \rightarrow LIns

asignación: E x E \rightarrow Ins

if-then: E x LIns \rightarrow Ins

if-then-else: E x LIns x LIns \rightarrow Ins

while: E x LIns \rightarrow Ins

read: E \rightarrow Ins

write: E \rightarrow Ins

nl: \rightarrow Ins

new: E \rightarrow Ins

delete: E \rightarrow Ins

callProc: E x LExpr \rightarrow Ins

insCompuesta: LDecs x LIns \rightarrow Ins

sinExpr: \rightarrow LExpr

unaExpr: E \rightarrow LExpr //Redundante

muchasExpr: LExpr x E \rightarrow LExpr

int: string \rightarrow E

real: string \rightarrow E

true: \rightarrow E

false: \rightarrow E

cadena: string \rightarrow E

id: string \rightarrow E

null: \rightarrow E

//Nivel 0

blt: $E \times E \rightarrow E$ //Operadores relacionales como en ensamblador (i.e. blt = <)

bgt: $E \times E \rightarrow E$

ble: $E \times E \rightarrow E$

bge: $E \times E \rightarrow E$

beq: $E \times E \rightarrow E$

bne: $E \times E \rightarrow E$

//Nivel 1

suma: $E \times E \rightarrow E$

resta: $E \times E \rightarrow E$

//Nivel 2

and: $E \times E \rightarrow E$

or: $E \times E \rightarrow E$

//Nivel 3

mult: $E \times E \rightarrow E$

div: $E \times E \rightarrow E$

mod: $E \times E \rightarrow E$

//Nivel 4

neg: $E \rightarrow E$

not: $E \rightarrow E$

//Nivel 5

index: $E \times E \rightarrow E$

access: $E \times \text{string} \rightarrow E$

indir: $E \rightarrow E$ //Acceso al valor de un puntero (dereferencia o indirección)

Especificación del constructor de ASTs

Prog \rightarrow SDecs SIns **Punto**

Prog.a = prog(SDecs.a, SIns.a)

SDecs \rightarrow SDecs DecT

SDecs₀.a = muchasDecs(SDecs₁.a, DecT.a)

SDecs $\rightarrow \epsilon$

SDecs.a = sinDecs()

DecT \rightarrow Dec **PuntoComa**

DecT.a = Dec.a

Dec \rightarrow DecVar

Dec.a = DecVar.a

DecVar \rightarrow **Var Id DosPuntos** Tipo

```

    DecVar.a = decVar(Id.lex, Tipo.a)
Dec → DecTipo
    Dec.a = DecTipo.a
DecTipo → Type Id DosPuntos Tipo
    DecTipo.a = decTipo(Id.lex, Tipo.a)
Dec → DecProc
    Dec.a = DecProc.a
DecProc → Proc Id ParamsF SDecs SIns
    DecProc.a = decProc(Id.lex, Params.a, SDecs.a, SIns.a)

Tipo → TBasico
    Tipo.a = TBasico.a
TBasico → Int
    TBasico.a = int()
TBasico → Real
    TBasico.a = real()
TBasico → Bool
    TBasico.a = bool()
TBasico → String
    TBasico.a = string()
Tipo → TRef
    Tipo.a = TRef.a
TRef → Id
    TRef.a = ref(Id.lex)
Tipo → TArray
    Tipo.a = TArray.a
TArray → Array CApertura LEntero CCierre Of Tipo
    TArray.a = array(LEntero.lex, Tipo.a)
Tipo → TRecord
    Tipo.a = TRecord.a
TRecord → Record Campos End
    TRecord.a = record(Campos.a)
Campos → Campos CampoT
    Campos.a = muchosCampos(Campos.a, CampoT.a)
Campos → CampoT
    Campos.a = unCampo(CampoT.a)
CampoT → Campo PuntoComa
    CampoT.a = Campo.a
Campo → Id DosPuntos Tipo
    Campo.a = campo(Id.lex, Tipo.a)
Tipo → TPuntero
    Tipo.a = TPuntero.a
TPuntero → Circunflejo Tipo
    TPuntero.a = puntero(Tipo.a)

ParamsF → PApertura LParams PCierre
    ParamsF.a = LParams.a
LParams → LParamsAux

```


LParams.a = LParamsAux.a
 LParams → ε
 LParams.a = sinParams()
 LParamsAux → LParamsAux Coma ParamF //F de Formal
 LParamsAux₀.a = muchosParams(LParamsAux₁.a, ParamF.a)
 LParamsAux → ParamF
 LParamsAux.a = unParam(ParamF.a)
 ParamF → ParamRef
 ParamF.a = ParamRef.a
 ParamF → ParamVal
 ParamF.a = ParamVal.a
 ParamRef → **Var Id DosPuntos** Tipo
 ParamRef.a = paramRef(Id.lex, Tipo.a)
 ParamVal → **Id DosPuntos** Tipo
 ParamVal.a = paramVal(Id.lex, Tipo.a)

SIns → **Begin** LIns **End**

SIns.a = LIns.a

LIns → LIns Ins

LIns.a = muchasIns(LIns.a, Ins.a)

LIns → ε

LIns.a = sinIns()

Ins → IAsig

Ins.a = IAsig.a

IAsig → E **Igual** E **PuntoComa**

IAsig.a = asignación(E.a, E.a)

Ins → IAlt

Ins.a = IAlt.a

IAlt → **If** E **Then** LIns **End TO**

IAlt.a = if-then(E.a, LIns.a)

IAlt → **If** E **Then** LIns **Else** LIns **End TO**

IAlt.a = if-then-else(E.a, LIns₀.a, LIns₁.a)

Ins → IWhile

Ins.a = IWhile.a

IWhile → **While** E **Do** LIns **End TO**

IWhile.a = while(E.a, LIns.a)

Ins → IRead

Ins.a = IRead.a

IRead → **Read** E **PuntoComa**

IRead.a = read(E.a)

Ins → IWrite

Ins.a = IWrite.a

IWrite → **Write** E **PuntoComa**

IWrite.a = write(E.a)

Ins → INI //Aquí pone I de Instrucción y NI de New line

Ins.a = INI.a

INI → **NI PuntoComa**

$INI.a = nl()$
 Ins \rightarrow INew
 $Ins.a = INew.a$
 INew \rightarrow **New** E **PuntoComa**
 $INew.a = new(E.a)$
 Ins \rightarrow IDelete
 $Ins.a = IDelete.a$
 IDelete \rightarrow **Delete** E **PuntoComa**
 $IDelete.a = delete(E.a)$
 Ins \rightarrow ICallProc
 $Ins.a = ICallProc.a$
 ICallProc \rightarrow E ParamsR
 $ICallProc.a = callProc(E.a, ParamsR.a)$
 ParamsR \rightarrow **PApertura** LExp **PCierre** **PuntoComa**
 $ParamsR.a = LExp.a$
 Ins \rightarrow IComp
 $Ins.a = IComp.a$
 IComp \rightarrow **Seq** SDecs SIns TO
 $IComp.a = insCompuesta(SDecs.a, SIns.a)$

TO \rightarrow **PuntoComa** //Terminador Opcional
 TO $\rightarrow \epsilon$

LExp \rightarrow LExpAux
 $LExp.a = LExpAux.a$
 LExp $\rightarrow \epsilon$
 $LExp.a = sinExpr()$
 LExpAux \rightarrow LExpAux **Coma** E
 $LExpAux.a = muchasExpr(LExpAux.a, E.a)$
 LExpAux \rightarrow E
 $LExp.a = unaExpr(E.a)$

E \rightarrow E1 OpRel E1
 $E.a = expBin(E1_0.a, OpRel.op, E1_1.a)$
 E \rightarrow E1
 $E.a = E1.a$

E1 \rightarrow E2 **Suma** E2
 $E1.a = suma(E2.a, E2.a)$
 E1 \rightarrow E1 **Resta** E2
 $E1_0.a = resta(E1_1.a, E2.a)$
 E1 \rightarrow E2
 $E1.a = E2.a$

E2 \rightarrow E3 **And** E3
 $E2.a = and(E3.a, E3.a)$
 E2 \rightarrow E3 **Or** E2
 $E2_0.a = or(E3.a, E2_1.a)$

E2 → E3

E2.a = E3.a

E3 → E3 Op3 E4

E3₀.a = expBin(E3₁.a, Op3.op, E4.a)

E3 → E4

E3.a = E4.a

E4 → Op4 E4

E4₀.a = expUnPref(Op4.op, E4₁.a)

E4 → E5

E4.a = E5.a

E5 → E5 **CApertura E CCierre**

E5₀.a = index(E5.a, E.a)

E5 → E5 **Punto Id**

E5₀.a = access(E5.a, Id.lex)

E5 → E5 **Circunflejo**

E5₀.a = indir(E5.a)

E5 → EBasic

E5.a = EBasic.a

EBasic → **LEntero**

EBasic.a = int(LEntero.lex)

EBasic → **LReal**

EBasic.a = real(LReal.lex)

EBasic → **True**

EBasic.a = true()

EBasic → **False**

EBasic.a = false()

EBasic → **LCadena**

EBasic.a = cadena(LCadena.lex)

EBasic → **Id**

EBasic.a = id(Id.lex)

EBasic → **Null**

EBasic.a = null()

EBasic → (E)

EBasic.a = E.a

OpRel → **BLT**

OpRel.op = "<"

OpRel → **BGT**

OpRel.op = ">"

OpRel → **BLE**

OpRel.op = "<="

OpRel → **BGE**

OpRel.op = ">="

OpRel → **BNE**

```
OpRel.op = "!="  
OpRel → BEQ  
OpRel.op = "=="
```

```
Op3 → Multiplica  
Op3.op = "*"   
Op3 → Divide  
Op3.op = "/"   
Op3 → Módulo  
Op3.op = "%"
```

```
Op4 → Resta  
Op4.op = "-"   
Op4 → Not  
Op4.op = "not"
```

```
expBin(Arg0, Op, Arg1) = //expBin - OpRel, Op3
```

```
switch Op  
case "<": return blt(Arg0, Arg1)  
case ">": return bgt(Arg0, Arg1)  
case "<=": return ble(Arg0, Arg1)  
case ">=": return bge(Arg0, Arg1)  
case "!=": return bne(Arg0, Arg1)  
case "==": return beq(Arg0, Arg1)  
case "*": return mult(Arg0, Arg1)  
case "/": return div(Arg0, Arg1)  
case "%": return mod(Arg0, Arg1)
```

```
expUnPref(Op, Arg) = //expUnPref - Op4
```

```
switch Op  
case "-": return neg(Arg)  
case "not": return not(Arg)
```

Acondicionamiento de la especificación del constructor de ASTs para implementación descendente

```
Prog → SDecs SIns Punto
```

```
Prog.a = prog(SDecs.a, SIns.a)
```

```
SDecs → RSDecs
```

```
RSDecs.ah = sinDecs()
```

```
SDecs.a = RSDecs.a
```

```
RSDecs → DecT RSDecs
```

```
RSDecs1.ah = muchasDecs(RSDecs0.ah, DecT.a)
```

```
RSDecs0.a = RSDecs1.a
```

RSDecs $\rightarrow \epsilon$

RSDecs.a = RSDecs.ah

DecT \rightarrow Dec **PuntoComa**

DecT.a = Dec.a

Dec \rightarrow DecVar

Dec.a = DecVar.a

DecVar \rightarrow **Var Id DosPuntos** Tipo

DecVar.a = decVar(Id.lex, Tipo.a)

Dec \rightarrow DecTipo

Dec.a = DecTipo.a

DecTipo \rightarrow **Type Id DosPuntos** Tipo

DecTipo.a = decTipo(Id.lex, Tipo.a)

Dec \rightarrow DecProc

Dec.a = DecProc.a

DecProc \rightarrow **Proc Id** ParamsF SDecs SIns

DecProc.a = decProc(Id.lex, Params.a, SDecs.a, SIns.a)

Tipo \rightarrow TBasico

Tipo.a = TBasico.a

TBasico \rightarrow **Int**

TBasico.a = int()

TBasico \rightarrow **Real**

TBasico.a = real()

TBasico \rightarrow **Bool**

TBasico.a = bool()

TBasico \rightarrow **String**

TBasico.a = string() //anular TBasico?

Tipo \rightarrow TRef

Tipo.a = TRef.a

TRef \rightarrow **Id**

TRef.a = ref(Id.lex)

Tipo \rightarrow TArray

Tipo.a = TArray.a

TArray \rightarrow **Array CApertura LEntero CCierre Of** Tipo

TArray.a = array(LEntero.lex, Tipo.a)

Tipo \rightarrow TRecord

Tipo.a = TRecord.a

TRecord \rightarrow **Record** Campos **End**

TRecord.a = record(Campos.a)

Campos \rightarrow CampoT RCampos

RCampos.ah = unCampo(CampoT.a)

Campos.a = RCampos.a

RCampos \rightarrow CampoT RCampos

RCampos₁.ah = muchosCampos(RCampos₀.ah, CampoT.a)

RCampos₀.a = RCampos₁.a

RCampos $\rightarrow \epsilon$

RCampos.a = RCampos.ah

CampoT → Campo **PuntoComa**

CampoT.a = Campo.a

Campo → Id **DosPuntos** Tipo

Campo.a = campo(Id.lex, Tipo.a)

Tipo → TPuntero

Tipo.a = TPuntero.a

TPuntero → **Circunflejo** Tipo

TPuntero.a = puntero(Tipo.a)

ParamsF → **PApertura** LParams **PCierre**

ParamsF.a = LParams.a

LParams → LParamsAux

LParams.a = LParamsAux.a

LParams → ε

LParams.a = sinParams()

LParamsAux → ParamF RParamsAux

RParamsAux.ah = unParam(ParamF.a)

LParamsAux.a = RParamsAux.a

RParamsAux → **Coma** ParamF RParamsAux

RParamsAux₁.ah = muchosParams(RParamsAux₀.ah, ParamF.a)

RParamsAux₀.a = RParamsAux₁.a

RParamsAux → ε

RParams.a = RParams.ah

ParamF → ParamRef

ParamF.a = ParamRef.a

ParamF → ParamVal

ParamF.a = ParamVal.a

ParamRef → **Var Id DosPuntos** Tipo

ParamRef.a = paramRef(Id.lex, Tipo.a)

ParamVal → **Id DosPuntos** Tipo

ParamVal.a = paramVal(Id.lex, Tipo.a)

SIns → **Begin** LIns **End**

SIns.a = LIns.a

LIns → RLIns

RLIns.ah = sinIns()

LIns.a = RLIns.a

RLIns → Ins RLIns

RLIns₁.ah = muchasIns(RLIns₀.a, Ins.a)

RLIns₀.a = RLIns₁.a

RLIns → ε

RLIns.a = RLIns.ah

Ins → IAlt'

Ins.a = IAlt'.a

IAlt' → E RIAlt'

RIAlt'.ah = E.a

IAlt'.a = RIAlt'.a

RAlt' → Igual E PuntoComa
 RAlt'.a = asignación(RAlt'.ah, E.a)
 RAlt' → ParamsR
 RAlt'.a = callProc(RAlt'.ah, ParamsR.a)
 ParamsR → PApertura LExp PCierre PuntoComa
 ParamsR.a = LExpr.a
 Ins → IAlt
 Ins.a = IAlt.a
 IAlt → If E Then LIns RAlt
 RAlt.he = E.a
 RAlt.hi = LIns.a
 IAlt.a = RAlt.a
 RAlt → End TO
 RAlt.a = if-then(RAlt.he, RAlt.hi)
 RAlt → Else LIns End TO
 RAlt.a = if-then-else(RAlt.he, RAlt.hi, LIns.a)
 Ins → IWhile
 Ins.a = IWhile.a
 IWhile → While E Do LIns End TO
 IWhile.a = while(E.a, LIns.a)
 Ins → IRead
 Ins.a = IRead.a
 IRead → Read E PuntoComa
 IRead.a = read(E.a)
 Ins → IWrite
 Ins.a = IWrite.a
 IWrite → Write E PuntoComa
 IWrite.a = write(E.a)
 Ins → INI //Aquí pone l de Instrucción y NI de New line
 Ins.a = INI.a
 INI → NI PuntoComa
 INI.a = nl()
 Ins → INew
 Ins.a = INew.a
 INew → New E PuntoComa
 INew.a = new(E.a)
 Ins → IDelete
 Ins.a = IDelete.a
 IDelete → Delete E PuntoComa
 IDelete.a = delete(E.a)
 Ins → IComp
 Ins.a = IComp.a
 IComp → Seq SDecs SIns TO
 IComp.a = insCompuesta(SDecs.a, SIns.a)

 TO → PuntoComa //Terminador Opcional
 TO → ε

$\text{LExp} \rightarrow \text{LExpAux}$
 $\text{LExp.a} = \text{LExpAux.a}$
 $\text{LExp} \rightarrow \epsilon$
 $\text{LExp.a} = \text{sinExpr}()$
 $\text{LExpAux} \rightarrow \text{E RLExpAux}$
 $\text{RLExpAux.ah} = \text{unaExpr}(\text{E.a})$
 $\text{LExpAux.a} = \text{RLExpAux.a}$
 $\text{RLExpAux} \rightarrow \text{Coma E RLExpAux}$
 $\text{RLExpAux1.ah} = \text{muchasExpr}(\text{RLExpAux0.a}, \text{E.a})$
 $\text{RLExpAux0.a} = \text{RLExpAux1.a}$
 $\text{RLExpAux} \rightarrow \epsilon$
 $\text{RLExpAux.a} = \text{RLExpAux.ah}$

$\text{E} \rightarrow \text{E1 RE}$
 $\text{RE.ah} = \text{E1.a}$
 $\text{E.a} = \text{RE.a}$
 $\text{RE} \rightarrow \text{OpRel E1}$
 $\text{RE.a} = \text{expBin}(\text{RE.ah}, \text{OpRel.op}, \text{E1.a})$
 $\text{RE} \rightarrow \epsilon$
 $\text{RE.a} = \text{RE.ah}$

$\text{E1} \rightarrow \text{E2 RE1 RE1'}$
 $\text{RE1.ah} = \text{E2.a}$
 $\text{RE1'.ah} = \text{RE1.a}$
 $\text{E1.a} = \text{RE1'.a}$
 $\text{RE1'} \rightarrow \text{Resta E2 RE1'}$
 $\text{RE1'_1.ah} = \text{resta}(\text{RE1'_0.ah}, \text{E2.a})$
 $\text{RE1'_0.a} = \text{RE1'_1.a}$
 $\text{RE1'} \rightarrow \epsilon$
 $\text{RE1'.a} = \text{RE1'.ah}$
 $\text{RE1} \rightarrow \text{Suma E2}$
 $\text{RE1.a} = \text{suma}(\text{RE1.ah}, \text{E2.a})$
 $\text{RE1} \rightarrow \epsilon$
 $\text{RE1.a} = \text{RE1.ah}$

$\text{E2} \rightarrow \text{E3 RE2}$
 $\text{RE2.ah} = \text{E3.a}$
 $\text{E2.a} = \text{RE2.a}$
 $\text{RE2} \rightarrow \text{And E3}$
 $\text{RE2.a} = \text{and}(\text{RE2.ah}, \text{E3.a})$
 $\text{RE2} \rightarrow \text{Or E2}$
 $\text{RE2.a} = \text{or}(\text{RE2.ah}, \text{E2.a})$
 $\text{RE2} \rightarrow \epsilon$
 $\text{RE2.a} = \text{RE2.ah}$

$\text{E3} \rightarrow \text{E4 RE3}$
 $\text{RE3.ah} = \text{E4.a}$
 $\text{E3.a} = \text{RE3.a}$

RE3 → Op3 E4 RE3
RE3₁.ah = expBin(RE3₀.ah, Op3.op, E4.a)
RE3₀.a = RE3₁.a

RE3 → ε
RE3.a = RE3.ah

E4 → Op4 E4
E4₀.a = expUnPref(Op4, E4₁.a)

E4 → E5
E4.a = E5.a

E5 → EBasic RE5
RE5.ah = EBasic.a
E5.a = RE5.a

RE5 → **CApertura E CCierre** RE5
RE5₁.h = index(RE5.h, E.a)
RE5₀.a = RE5₁.a

RE5 → **Punto Id**
RE5₁.h = access(RE5.h, Id.lex)
RE5₀.a = RE5₁.a

RE5 → **Circunflejo**
RE5₁.h = indir(RE5.h)
RE5₀.a = RE5₁.a

RE5 → ε
RE5.a = RE5.ah

EBasic → **LEntero**
EBasic.a = int(LEntero.lex)

EBasic → **LReal**
EBasic.a = real(LReal.lex)

EBasic → **True**
EBasic.a = true()

EBasic → **False**
EBasic.a = false()

EBasic → **LCadena**
EBasic.a = cadena(LCadena.lex)

EBasic → **Id**
EBasic.a = id(Id.lex)

EBasic → **Null**
EBasic.a = null()

EBasic → (E)
EBasic.a = E.a

OpRel → **BLT**
OpRel.op = "<"

OpRel → **BGT**
OpRel.op = ">"

OpRel → **BLE**

```

    OpRel.op = "<="
OpRel → BGE
    OpRel.op = ">="
OpRel → BNE
    OpRel.op = "!="
OpRel → BEQ
    OpRel.op = "=="

Op3 → Multiplica
    Op3.op = "*"
Op3 → Divide
    Op3.op = "/"
Op3 → Módulo
    Op3.op = "%"

Op4 → Resta
    Op4.op = "-"
Op4 → Not
    Op4.op = "not"

```

```
expBin(Arg0, Op, Arg1) = //expBin - OpRel, Op3
```

```

switch Op
  case "<": return blt(Arg0, Arg1)
  case ">": return bgt(Arg0, Arg1)
  case "<=": return ble(Arg0, Arg1)
  case ">=": return bge(Arg0, Arg1)
  case "!=": return bne(Arg0, Arg1)
  case "==": return beq(Arg0, Arg1)
  case "*": return mult(Arg0, Arg1)
  case "/": return div(Arg0, Arg1)
  case "%": return mod(Arg0, Arg1)

```

```
expUnPref(Op, Arg) = //expUnPref - Op4
```

```

switch Op
  case "-": return neg(Arg)
  case "not": return not(Arg)

```

Procesamientos

Vinculación

```
// $ = nodo actual
```

```
global ts      //Tabla de símbolos
```

```

vincula(prog(LDecs, LIns)) =
  ts <- nueva_ts()  //Inicializar la tabla de símbolos
  vincula1(LDecs)

```

```
vincula2(LDecs)
vincula(LIns)
```

//DECLARACIONES

//Primera pasada (se vincula todo excepto los pointer refs)

```
vincula1(sinDecs()) = skip    //No se hace nada porque no hay declaraciones
```

```
vincula1(unaDec(Dec)) = vincula1(Dec)
```

```
vincula1(muchasDecs(LDecs, Dec) =
```

```
    vincula1(LDecs)    //Recursividad hasta que LDecs sea sinDecs
```

```
    vincula1(Dec)
```

```
vincula1(decVar(string, Tipo)) =
```

```
    vincula1(Tipo)
```

```
    recolecta(string, $)    //Se intenta añadir a la tabla de símbolos
```

```
vincula1(decTipo(string, Tipo)) =
```

```
    vincula1(Tipo)
```

```
    recolecta(string, $)
```

```
vincula1(decProc(string, LParams, LDecs, LIns)) =
```

```
    recolecta(string, $)
```

```
    ant_ts <- ts
```

```
    crea_ambito(ts)    //ts nueva para este ámbito con referencia a la ts padre
```

```
    vincula1(LParams)
```

```
    vincula1(LDecs)
```

```
    vincula2(LParams)
```

```
    vincula2(LDecs)
```

```
    vincula(LIns)
```

```
    ts <- ant_ts
```

```
vincula1(int()) = skip
```

```
vincula1(real()) = skip
```

```
vincula1(bool()) = skip
```

```
vincula1(string()) = skip
```

```
vincula1(ref(id)) =    //Uso del identificador sin ser puntero(sólo le afectan las decs previas)
```

```
    si existe_id(ts, id) entonces
```

```
        $.vinculo = valor_de(ts, id)
```

```
    si no
```

```
        error
```

```
vincula1(array(string, Tipo)) =
```

```
    vincula1(Tipo)
```

```
vincula1(record(Campos)) =
```

```
    vincula1(Campos)
```

```
vincula1(puntero(Tipo)) =
```

```
    si Tipo != ref(_) entonces
```

```
        vincula1(T)
```

```
vincula1(unCampo(Campo)) =
```

```
    vincula1(Campo)
```

```
vincula1(muchosCampos(Campos, Campo) =
```

```
vincula1(Campos)
vincula1(Campo)
vincula1(campo(string, Tipo) =
    vincula1(Tipo)
```

```
vincula1(sinParams()) = skip
vincula1(unParam(Param)) =
    vincula1(Param)
vincula1(muchosParams(LParams, Param)) =
    vincula1(LParams)
    vincula1(Param)
vincula1(paramRef(string, Tipo)) =
    vincula1(Tipo)
    recolecta(string, $)
vincula1(paramVal(string, Tipo)) =
    vincula1(Tipo)
    recolecta(string, $)
```

```
recolecta(id, Nodo) =
    si existe_id(ts, id) entonces
        error
    si no
        añade(ts, id, Nodo)
```

```
//Segunda pasada (se vinculan sólo los pointer refs)
vincula2(sinDecs()) = skip    //No se hace nada porque no hay declaraciones
vincula2(unaDec(Dec)) = vincula1(Dec)
vincula2(muchasDecs(LDecs, Dec) =
    vincula2(LDecs)    //Recursividad hasta que LDecs sea sinDecs
    vincula2(Dec)
```

```
vincula2(decVar(string, Tipo)) =
    vincula2(Tipo)
vincula2(decTipo(string, Tipo)) =
    vincula2(Tipo)
vincula2(decProc(string, LParams, LDecs, LIns)) = skip
```

```
vincula2(int()) = skip
vincula2(real()) = skip
vincula2(bool()) = skip
vincula2(string()) = skip
vincula2(ref(id)) = skip
vincula2(array(string, Tipo)) =
    vincula2(Tipo)
vincula2(record(Campos)) =
    vincula2(Campos)
vincula2(puntero(Tipo)) =
    si Tipo == ref(id) entonces
```

si existe_id(ts, id) entonces
Tipo.vinculo = valor_de(ts, id)

si no

error

si no

vincula2(Tipo)

vincula2(unCampo(Campo)) =

vincula2(Campo)

vincula2(muchosCampos(Campos, Campo) =

vincula2(Campos)

vincula2(Campo)

vincula2(campo(string, Tipo) =

vincula2(Tipo)

vincula2(sinParams()) = skip

vincula2(unParam(Param)) =

vincula2(Param)

vincula2(muchosParams(LParams, Param)) =

vincula2(LParams)

vincula2(Param)

vincula2(paramRef(string, Tipo)) =

vincula2(Tipo)

vincula2(paramVal(string, Tipo)) =

vincula2(Tipo)

//INSTRUCCIONES

vincula(sinIns()) = skip

vincula(unIns(Ins)) = vincula(Ins)

vincula(muchasIns(LIns, Ins)) =

vincula(LIns)

vincula(Ins)

//Posibles instrucciones (individuales)

vincula(asignacion(E0, E1)) =

vincula(E0)

vincula(E1)

vincula(if-then(E, LIns)) =

vincula(E)

vincula(LIns)

vincula(if-then-else(E, LIns0, LIns1) =

vincula(E)

vincula(LIns0)

vincula(LIns1)

vincula(while(E, LIns)) =

vincula(E)

vincula(LIns)

vincula(read(E)) = vincula(E)

```

vincula(write(E)) = vincula(E)
vincula(nl()) = skip
vincula(new(E)) = vincula(E)
vincula(delete(E)) = vincula(E)
vincula(callProc(E, LExpr)) =
    vincula(E)
    vincula(LExpr)
vincula(insCompuesta(LDecs, LIns)) =
    ant_ts <- ts
    crea_ambito(ts)    //ts nueva para este ámbito con referencia a la ts padre
    vincula1(LDecs)
    vincula2(LDecs)
    vincula(LIns)
    ts <- ant_ts

```

```

vincula(sinExpr()) = skip
vincula(unaExpr(E)) = vincula(E)
vincula(muchasExpr(LExpr, E)) =
    vincula(LExpr)
    vincula(E)

```

```

vincula(int(string)) = skip
vincula(real(string)) = skip
vincula(true()) = skip
vincula(false()) = skip
vincula(cadena(string)) = skip
vincula(null()) = skip
vincula(id(string)) =
    si existe_id(ts, id) entonces
        $.vinculo = valor_de(ts, id)
    si no
        error

```

```

vincula(blt(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(bgt(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(ble(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(bge(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(beq(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)

```

```

vincula(bne(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(suma(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(resta(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(and(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(or(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(mult(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(div(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(mod(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(neg(E)) =
    vincula(E)
vincula(not(E)) =
    vincula(E)
vincula(index(E0, E1)) =
    vincula(E0)
    vincula(E1)
vincula(access(E, string)) =
    vincula(E)
vincula(indir(E)) =
    vincula(E)

```

Comprobación de tipos

```

tipado(prog(LDecs, LIns)) =
    tipado(LDecs)      //Restricciones de pre-tipado
    tipado(LIns)
    $.tipo = ambos_ok(LIns.tipo, LDecs.tipo) //El tipo del programa es el de sus instrucciones
    (ok o error)

```

//DECLARACIONES (Restricciones pre-tipado)

```
tipado(sinDecs()) = $.tipo = ok()
```

```

tipado(unaDec(Dec)) =
    tipado(Dec)
    $.tipo = Dec.tipo
tipado(muchasDecs(LDecs, Dec)) =
    tipado(LDecs)
    tipado(Dec)
    $.tipo = ambos_ok(LDecs.tipo, Dec.tipo)

```

```

tipado(decVar(id, T)) =
    tipado(T)
    $.tipo = T.tipo
tipado(decTipo(id, T)) =
    tipado(T)
    $.tipo = T.tipo
tipado(decProc(id, LParams, LDecs, LIns)) =
    tipado(LParams)
    tipado(LDecs)
    tipado(LIns)
    $.tipo = ambos_ok(ambos_ok(LParams.tipo, LDecs.tipo), LIns.tipo)

```

//Tipos

```

tipado(int()) = $.tipo = ok()
tipado(real()) = $.tipo = ok()
tipado(bool()) = $.tipo = ok()
tipado(string()) = $.tipo = ok()
tipado(ref(id)) =
    si $.vinculo == decTipo(id, Tipo) entonces      //El id es de un tipo declarado (v.g. tTipo)
        $.tipo = ok()
    si no
        error
        $.tipo = error()
tipado(array(tam, T)) =
    tipado(T)
    si T.tipo == error() entonces
        $.tipo = error()
    si no si tam >= 0 entonces      //Comprueba que el array tiene un tamaño negativo
        $.tipo = ok()
    si no
        error
        $.tipo = error()
tipado(record(Campos)) =
    tipado(Campos)      //Comprueba que no hay campos duplicados y sus tipos son correctos
    $.tipo = Campos.tipo
tipado(puntero(T)) =
    tipado(T)
    $.tipo = T.tipo      //Ok o error
tipado(unCampo(Campo)) =
    tipado(Campo)

```



```

$.tipo = Campo.tipo
tipado(muchosCampos(Campos, Campo)) =
  tipado(Campo)
  si Campo.tipo = ok() entonces
    si !esta_en(Campo.string, Campos) entonces
      tipado(Campos)
      $.tipo = Campos.tipo
    si no
      error
      $.tipo = error()
  si no
    $.tipo = Campo.tipo //error
tipado(Campo(string, T)) =
  tipado(T)
  $.tipo = T.tipo

//Parámetros
tipado(sinParams()) = $.tipo = ok()
tipado(unParam(Param)) =
  tipado(Param)
  $.tipo = Param.tipo
tipado(muchosParams(LParams, Param)) =
  tipado(LParams)
  tipado(Param)
  $.tipo = ambos_ok(LParams.tipo, Param.tipo)
tipado(paramRef(id, T)) =
  tipado(T)
  $.tipo = T.tipo
tipado(paramVal(id, T)) =
  tipado(T)
  $.tipo = T.tipo

//INSTRUCCIONES
tipado(sinIns()) = $.tipo = ok()
tipado(unIns(Ins)) =
  tipado(Ins)
  $.tipo = Ins.tipo
tipado(muchasIns(LIns, Ins)) =
  tipado(LIns)
  tipado(Ins)
  $.tipo = ambos_ok(LIns.tipo, Ins.tipo)

tipado(asignación(E0, E1)) =
  tipado(E0)
  tipado(E1)
  si son_compatibles(E0.tipo, E1.tipo) y es_designador(E0) entonces
    $.tipo = ok()
  si no

```

```

    si E0.tipo != error() y E1.tipo != error entonces
        error
    $.tipo = error()
tipado(if-then(E, LIns)) =
    tipado(E)
    tipado(LIns)
    si son_compatibles(E.tipo, bool) entonces
        $.tipo = LIns.tipo
    si no
        $.tipo = error()
        error
tipado(if-then-else(E, LIns0, LIns1)) =
    tipado(E)
    tipado(LIns0)
    tipado(LIns1)
    si son_compatibles(E.tipo, bool) entonces
        $.tipo = ambos_ok(LIns0.tipo, LIns1.tipo)
    si no
        $.tipo = error()
        error
tipado(while(E, LIns)) =
    tipado(E)
    tipado(LIns)
    si son_compatibles(E.tipo, bool) entonces
        $.tipo = LIns.tipo
    si no
        $.tipo = error()
        error
tipado(read(E)) =
    tipado(E)
    si (ref!(E.tipo) == int o ref!(E.tipo) == real o ref!(E.tipo) == string) y es_designador(E)
    entonces
        $.tipo = ok()
    si no
        $.tipo = error()
        error
tipado(write(E)) =
    tipado(E)
    si ref!(E.tipo) == int o ref!(E.tipo) == real o ref!(E.tipo) == bool o ref!(E.tipo) == string_
    entonces
        $.tipo = ok()
    si no
        $.tipo = error()
        error
tipado(nl()) = $.tipo = ok()
tipado(new(E)) =
    tipado(E)
    si ref!(E.tipo) == puntero entonces

```

```

        $.tipo = ok()
    si no
        $.tipo = error()
        si ref!(E.tipo) != error entonces
            error
tipado(delete(E)) =
    tipado(E)
    si ref!(E.tipo) == puntero entonces
        $.tipo = ok()
    si no
        $.tipo = error()
        si ref!(E.tipo) != error entonces
            error
tipado(callProc(E, LExpr)) =
    tipado(E)
    tipado(LExpr)
    //Existe procedimiento vinculado con mismo nombre y num de params
    //Todos los parámetros son compatibles con los de la def
    //Los parámetros por variable/referencia son designadores
    si E.vinculo == decProc(id, LParams, LDecs, LIns) entonces
        si num_elems(LParams) == num_elems(LExpr) entonces
            $.tipo = check_params(LExpr, LParams)
        si no
            $.tipo = error()
            error
    si no
        $.tipo = error()
        error
tipado(insCompuesta(LDecs, LIns)) =
    tipado(LDecs)
    tipado(LIns)
    $.tipo = LIns.tipo

//son_compatibles
son_compatibles(T1, T2) =
    st = vacio()
    return son_compatibles'(st, T1, T2)
son_compatibles'(st, T1, T2) =
    si (T1, T2) pertenece_a(st) entonces
        return true
    si no
        añadir(st, T1, T2) //Set que guarda los tipos que ya se han comprobado (para evitar
        ciclos)

    si T1 == ref(id) entonces
        return son_compatibles'(st, ref!(T1), T2)
    si no, si T2 == ref(id) entonces

```

```

    return son_compatibles'(st, T1, ref!(T2))
si no, si T1 == int y T2 == int entonces
    return true
si no, si T1 == real y (T2 == real or T2 == int) entonces
    return true
si no, si T1 == bool y T2 == bool entonces
    return true
si no, si T1 == string y T2 == string entonces
    return true
si no, si T1 == array(tam1, Tipo1) y T2 == array(tam2, Tipo2) y tam1 == tam2 y
son_compatibles'(st, Tipo1, Tipo2) entonces
    return true
si no, si T1 == record(Campos1) y T2 == record(Campos2) entonces
    return campos_compatibles(Campos1, Campos2)
si no, si T1 == puntero(Tipo) y T2 == null entonces
    return true
si no, si T1 == puntero(Tipo1) y T2 == puntero(Tipo2) entonces
    return son_compatibles'(st, Tipo1, Tipo2)
si no
    return false

```

```

campos_compatibles(unCampo(campo(id1, T1)), unCampo(campo(id2, T2))) =
    return son_compatibles(T1, T2)
campos_compatibles(muchosCampos(Campos1, campo(id1, T1)),
muchosCampos(Campos2, campo(id2, T2))) =
    return son_compatibles(T1, T2) y campos_compatibles(Campos1, Campos2)
campos_compatibles(muchosCampos(_, _), unCampo(_)) = return false
campos_compatibles(unCampo(_), muchosCampos(_, _)) = return false

```

//Expresiones

```

tipado(int(string)) = $.tipo = int_
tipado(real(string)) = $.tipo = real
tipado(true()) = $.tipo = bool
tipado(false()) = $.tipo = bool
tipado(cadena(string)) = $.tipo = string
tipado(id(string)) =
    sea $.vinculo = Dec en
        si Dec == decVar(_, Tipo) o Dec == paramRef(_, Tipo) o Dec == paramVal(_, Tipo)
        entonces
            $.tipo = Tipo
        si no
            error
            $.tipo = error()
tipado(null()) = $.tipo = null
tipado(blt(E0, E1)) = $.tipo = tip_relacional1(E0, E1)
tipado(bgt(E0, E1)) = $.tipo = tip_relacional1(E0, E1)
tipado(ble(E0, E1)) = $.tipo = tip_relacional1(E0, E1)

```

```

tipado(bge(E0, E1)) = $.tipo = tip_relacional1(E0, E1)
tipado(beq(E0, E1)) = $.tipo = tip_relacional2(E0, E1)
tipado(bne(E0, E1)) = $.tipo = tip_relacional2(E0, E1)
tipado(suma(E0, E1)) = $.tipo = tip_arit(E0, E1)
tipado(resta(E0, E1)) = $.tipo = tip_arit(E0, E1)
tipado(mult(E0, E1)) = $.tipo = tip_arit(E0, E1)
tipado(div(E0, E1)) = $.tipo = tip_arit(E0, E1)
tipado(mod(E0, E1)) = $.tipo = tip_mod(E0, E1)
tipado(and(E0, E1)) = $.tipo = tip_log(E0, E1)
tipado(or(E0, E1)) = $.tipo = tip_log(E0, E1)
tipado(not(E)) =
    tipado(E)
    si ref!(E) == bool entonces
        $.tipo = bool
    si no
        error
        $.tipo = error
tipado(neg(E)) =
    tipado(E)
    si ref!(E.tipo) == int entonces
        $.tipo = int
    si no, si ref!(E.tipo) == real entonces
        $.tipo = real
    si no
        error
        $.tipo = error()
tipado(index(E0, E1)) =
    tipado(E0)
    tipado(E1)
    si ref!(E0) == array(tam, tipo) y ref!(E1) == int entonces
        $.tipo = tipo
    si no
        si (ref!(E0.tipo) != error() y ref!(E0.tipo) != array(_, _)) o
        (ref!(E0.tipo) == array(_, _) y ref!(E1.tipo) != error() y ref!(E1.tipo) != int) entonces
            error
            $.tipo = error()
tipado(access(E, c)) =
    tipado(E)
    si ref!(E.tipo) == record(Campos) y esta_en(Campos, c) entonces
        $.tipo = find_tipo(Campos, c)
    si no
        si ref!(E.tipo) != error() entonces
            error
            $.tipo = error()
tipado(indir(E)) =
    tipado(E)
    si ref!(E.tipo) == puntero(Tipo) entonces
        $.tipo = Tipo

```

```
si no  
    si ref!(E.tipo) != error() entonces  
        error  
    $.tipo = error()
```

```
tip_relacional1(E0, E1) =  
    tipado(E0)  
    tipado(E1)  
    si (ref!(E0.tipo) == int o ref!(E0.tipo) == real) y (ref!(E1.tipo) == int o ref!(E1.tipo) == real)  
    entonces  
        return bool  
    si no, si ref!(E0.tipo) == bool y ref!(E1.tipo) == bool entonces  
        return bool  
    si no, si ref!(E0.tipo) == string y ref!(E1.tipo) == string entonces  
        return bool  
    si no  
        error  
        return error()
```

```
tip_relacional2(E0, E1) =  
    tipado(E0)  
    tipado(E1)  
    si (ref!(E0.tipo) == puntero o ref!(E0.tipo) == null) y (ref!(E1.tipo) == puntero o  
    ref!(E1.tipo) == null) entonces  
        return bool  
    si no, si (ref!(E0.tipo) == int o ref!(E0.tipo) == real) y (ref!(E1.tipo) == int o ref!(E1.tipo) ==  
    real) entonces  
        return bool  
    si no, si ref!(E0.tipo) == bool y ref!(E1.tipo) == bool entonces  
        return bool  
    si no, si ref!(E0.tipo) == string y ref!(E1.tipo) == string entonces  
        return bool  
    si no  
        error  
        return error()
```

```
tip_arit(E0, E1) =  
    tipado(E0)  
    tipado(E1)  
    si ref!(E0.tipo) == int y ref!(E1.tipo) == int entonces  
        return int  
    si no, si (ref!(E0.tipo) == int o ref!(E0.tipo) == real) y (ref!(E1.tipo) == int o ref!(E1.tipo) ==  
    real) entonces  
        return real  
    si no  
        error  
        return error()
```

```
tip_mod(E0, E1) =  
    tipado(E0)
```

```

tipado(E1)
si ref!(E0.tipo) == int y ref!(E1.tipo) == int entonces
    return int
si no
    error
    return error()
tip_log(E0, E1) =
    tipado(E0)
    tipado(E1)
    si ref!(E0.tipo) == bool y ref!(E1.tipo) == bool entonces
        return bool
    si no
        error
        return error()

//Funciones auxiliares
ambos_ok(t0, t1) =
    si t0 == ok() y t1 == ok() entonces
        return ok()
    si no
        return error()
es_designador(E) = //Ver si la expresión es algo a lo le pueda dar un valor (una variable [id],
una pos de array [index], un subcampo [access] o un acceso a puntero [indir])
    si E == id o E == index o E == access o E == indir entonces
        return true
    si no
        return false
ref!(t) = //Seguir la cadena de vínculos si la hay
    mientras t == ref(id) entonces
        t = t.vinculo.tipo
    return t

check_params(sinExpr(), sinParams()) = return ok()
check_params(unaExpr(E), unParam(Param)) = return check_param(E, Param)
check_params(muchasExpr(LExpr, E), muchosParams(LParam, Param)) =
    return ambos_ok(check_params(LExpr, LParams), check_param(E, Param))

check_param(E, paramRef(id, Tipo)) =
    tipado(E)
    si son_compatibles(E.tipo, Tipo) y es_designador(E) y not es_inttoreal(Tipo, E.tipo)
    entonces
        return ok()
    si no
        error
        return error()
check_param(E, paramVal(id, Tipo)) =
    tipado(E)
    si son_compatibles(E.tipo, Tipo) entonces

```

```

    return ok()
si no
    error
    return error()

es_inttoreal(T1, T2) =
    T1 = ref!(T1)
    T2 = ref!(T2)
    si T1 == real y T2 != real entonces
        return true
    si T1 == record y es_inttoreal_record(T1, T2) entonces
        return true
    si T1 == array entonces
        sea ref!(T1) = Array(tam1, tipoBase1) y ref!(T2) = Array(tam2, tipoBase2) entonces
            si tipoBase1 == Real y tipoBase2 == int entonces
                return true
            si no
                return false
    return false

```

Asignación de espacio

```

global dir = 0           //Contador de dirs
global nivel = 0        //Contador de niveles de anidamiento
asigna_espacio(prog(LDecs, LIns)) =
    asigna_espacio(LDecs)
    asigna_espacio(LIns)    //Para las decs de los bloques de código

asigna_espacio(sinDecs()) = skip()
asigna_espacio(unaDec(Dec)) =
    asigna_espacio(Dec)
asigna_espacio(muchasDecs(LDecs, Dec)) =
    asigna_espacio(LDecs)
    asigna_espacio(Dec)

asigna_espacio(decVar(id, Tipo)) =
    $.dir = dir
    $.nivel = nivel
    asigna_espacio_tipo(Tipo)
    dir = dir + Tipo.tam
asigna_espacio(decTipo(id, Tipo)) =
    asigna_espacio_tipo(Tipo)
asigna_espacio(decProc(id, LParams, LDecs, LIns)) =
    ant_dir = dir
    nivel = nivel+1

```



```

$.nivel = nivel
dir = 0      //Direcciones relativas para el procedimiento
asigna_espacio(LParams)
asigna_espacio(LDecs)
asigna_espacio(LIns)
$.tam_datos = dir //El espacio ocupado se obtiene de las dirs ocupadas por el proc

```

```

dir = ant_dir
nivel = nivel-1

```

//Params de procedimientos

```

asigna_espacio(sinParams()) = skip()
asigna_espacio(unParam(Param)) =
  asigna_espacio(Param)
asigna_espacio(muchosParams(LParams, Param)) =
  asigna_espacio(LParams)
  asigna_espacio(Param)
asigna_espacio(paramRef(id, Tipo)) =
  $.dir = dir
  $.nivel = nivel
  asigna_espacio(Tipo)
  dir = dir+1 //1 porque es un puntero
asigna_espacio(paramVal(id, Tipo)) =
  $.dir = dir
  $.nivel = nivel
  asigna_espacio(Tipo)
  dir = dir + Tipo.tam

```

//Tipos

```

asigna_espacio_tipo(T)
  si T.tam == undefined entonces
    asigna_espacio_tipo1(T)      //1ª pasada: todos obtienen un tam asociado (excepto
    algunos tipos de los punteros)
    asigna_espacio_tipo2(T)      //Segunda pasada para los refs de pointers

```

```

asigna_espacio_tipo1(int()) =
  $.tam = 1
asigna_espacio_tipo1(real()) =
  $.tam = 1
asigna_espacio_tipo1(bool()) =
  $.tam = 1
asigna_espacio_tipo1(string()) =
  $.tam = 1
asigna_espacio_tipo1(ref(_)) =
  sea $.vínculo = decTipo(id, T) en
    $.tam = T.tam
asigna_espacio_tipo1(array(tam, T)) =
  asigna_espacio_tipo1(T)

```

```

$.tam = tam * T.tam
asigna_espacio_tipo1(record(Campos)) =
    $.tam = asigna_desplazamiento(Campos)
asigna_espacio_tipo1(puntero(T)) =
    $.tam = 1
si T != ref(_) entonces
    asigna_espacio_tipo1(T)

asigna_desplazamiento(unCampo(Campo)) =
    return asigna_desplazamiento(Campo)
asigna_desplazamiento(muchosCampos(Campos, Campo)) =
    Campo.despl = asigna_desplazamiento(Campos)
    return Campo.despl + asigna_desplazamiento(Campo)
asigna_desplazamiento(Campo(id, T)) =
    asigna_espacio_tipo1(T)
    return T.tam

asigna_espacio_tipo2(int()) = skip()
asigna_espacio_tipo2(real()) = skip()
asigna_espacio_tipo2(bool()) = skip()
asigna_espacio_tipo2(string()) = skip()
asigna_espacio_tipo2(ref(_)) = skip()
asigna_espacio_tipo2(array(tam, T)) =
    asigna_espacio_tipo2(T)
asigna_espacio_tipo2(record(Campos)) =
    asignacion_espacio_tipo2(Cs)
asignacion_espacio_tipo2(un_campo(campo(id,T))) =
    asignacion_espacio_tipo2(T)
asignacion_espacio_tipo2(muchos_campos(Cs,campo(id,T))) =
    asignacion_espacio_tipo2(Cs)
    asignacion_espacio_tipo2(T)
asigna_espacio_tipo2(puntero(T)) =
    si T == ref(_) entonces
        sea T.vínculo = decTipo(id, T') en
            asigna_espacio_tipo(T')
            T.tam = T'.tam
    si no
        asigna_espacio_tipo2(T)

//Instrucciones (para decs de bloques)
asigna_espacio(sinIns()) = skip()
asigna_espacio(unalns(Ins)) =
    asigna_espacio(Ins)
asigna_espacio(muchasIns(LIns, Ins)) =
    asigna_espacio(LIns)
    asigna_espacio(Ins)

asigna_espacio(asigna(E, E)) = skip()

```

```

asigna_espacio(if-then(E, LIns)) =
    asigna_espacio(LIns)
asigna_espacio(if-then-else(E, LIns1, LIns2)) =
    asigna_espacio(LIns1)
    asigna_espacio(LIns2)
asigna_espacio(while(E, LIns)) =
    asigna_espacio(LIns)
asigna_espacio(read(E)) = skip()
asigna_espacio(write(E)) = skip()
asigna_espacio(nl()) = skip()
asigna_espacio(new(E)) = skip()
asigna_espacio(delete(E)) = skip()
asigna_espacio(callProc(E, LExpr)) = skip()
asigna_espacio(insCompuesta(LDecs, LIns)) =
    ant_dir = dir
    asigna_espacio(LDecs)
    asigna_espacio(LIns)
    dir = ant_dir

```

Repertorio de instrucciones de la máquina-p

Descripción de las instrucciones de la máquina-p:

- Movimiento de datos:
 - `apilaint(n)`: sitúa en la cima de la pila el valor `n`.
 - `apilareal(n)`: sitúa en la cima de la pila el valor `n`.
 - `apilabool(n)`: sitúa en la cima de la pila el valor `n`.
 - `apilastring(str)`: sitúa en la cima de la pila el valor `n`.
 - `read[String, Int, Real]`: lee un valor de consola y lo coloca en la cima de la pila
 - `write`: escribe el valor de la cima de la pila y lo elimina.
 - `nl`: escribe un salto de línea.
- Operaciones:
 - `apilaind`: coloca en la cima de la pila el valor de memoria correspondiente a la celda apuntada por la `dir` situada en la cima de la pila.
 - `desapilaind`: coloca el valor de la cima de la pila en la celda de memoria apuntada por la `dir` que se encuentra inmediatamente debajo en la pila.
 - `mueve(n)`: copia `n` celdas desde la `dir` del valor de la cima de la pila a las celdas consecutivas a la dirección apuntada por el segundo valor de la pila.

Los siguientes operadores aritméticos (a excepción de `mod`) tienen la opción de ser `int` o `real`. Por tanto, suma se subdividiría por ejemplo en `sumaInt` y `sumaReal`.

- `suma`: opera con los dos elementos superiores de la pila, reemplazándolos por el resultado de la operación.
- `mul`: opera con los dos elementos superiores de la pila, reemplazándolos por el resultado de la operación.

- resta: opera con los dos elementos superiores de la pila, reemplazándolos por el resultado de la operación.
- div: opera con los dos elementos superiores de la pila, reemplazándolos por el resultado de la operación.
- mod: opera con los dos elementos superiores de la pila, reemplazándolos por el resultado de la operación.
- and: opera con los dos elementos superiores de la pila, reemplazándolos por el resultado de la operación.
- or: opera con los dos elementos superiores de la pila, reemplazándolos por el resultado de la operación.

- blt, ble, bgt, bge, beq, bne: opera la comparación correspondiente y coloca true o false en la cima de la pila. Existe en las modalidades int, real y string.
- not: niega el valor booleano de la cima de la pila
- neg: invierte el signo del valor int o real de la cima de la pila

- inttoreal: convierte el valor de la cima de la pila de int a real.

- Saltos
 - ira(dir): salto incondicional a dir.
 - irf(dir): salto condicional si falso en la cima de la pila.
 - irv(dir): salto condicional si verdadero en la cima de la pila.
 - irind: salto incondicional a la dirección que se encuentre en la cima de la pila.

- Mem. dinámica:
 - alloc(n): reserva n celdas y apila la dir de comienzo de la primera celda.
 - dealloc(n): libera las n celdas consecutivas a la dir que se encuentre en la cima de la pila.

- Ejecución de procs:
 - activa(n,t,d): prepara todas las estructuras de la máquina-p para ejecutar un procedimiento anidado.
 - apilad(n): emplaza el valor del display correspondiente al nivel n en la cima de la pila.
 - desapilad(n): emplaza el valor de la cima de la pila en el display del nivel n (y lo retira de la pila)
 - desactiva(n, t): prepara todas las estructuras de la máquina-p para retomar la ejecución del proceso padre al que está en el nivel n y tiene tamaño t.
 - dup: duplica el valor de la cima de la pila
 - stop: finaliza la ejecución del programa
 - pop: elimina la cima de la pila

Traducción de instrucciones abstractas a las instrucciones de la máquina-p (sirve para comprender mejor la especificación dada del lenguaje):

- $alloc(t) = alloc(t.tam)$
- $dealloc(d, t) = apilaint(d); dealloc(t.tam)$
- $fetch(d) = apilaint(d); apilaind$
- $store(d, v) = apilaint(d); apilaint(v); desapilaind$

- `copy(d, d', t) = apilaint(d); apilaint(d'); mueve(t.tam)`
- `indx(d, i, t) = apilaint(d); apilaint(i); apilaint(t.tam); mul; suma;`
- `acc(d, c, t) = apilaint(d); apilaint(t.desp[c]); suma; //t.desp[c] busca el campo c en el tipo record y devuelve su atributo despl`
- `dir(u) = apilaint(u.vinculo.dir)`

Etiquetado

```
global etq = 0
global procs = pila_vacia()
etiqueta(prog(LDecs, LIns)) =
  $.ini = etq
  etiqueta(LIns)
  etq = etq+1
  recolecta_procs(LDecs) //Recolecta los procs en la pila de procs
  while (!es_vacia(procs))
    P = pop(procs)
    etiqueta(P)
```

//Procesos (declaraciones)

```
etiqueta(decProc(string, LParams, LDecs, LIns)) =
  $.ini = etq
  etiqueta(LIns)
  //Código de salida del proc
  etq = etq+2
  recolecta_procs(LDecs)
  $.sig = etq
```

```
recolecta_procs(sinDecs()) = skip()
recolecta_procs(unaDec(Dec)) = recolecta_procs(Dec)
recolecta_procs(muchasDecs(LDecs, Dec)) =
  recolecta_procs(LDecs)
  recolecta_procs(Dec)
recolecta_procs(decVar(_, _)) = skip()
recolecta_procs(decTipo(_, _)) = skip()
recolecta_procs(decProc(_, _, _, _)) = push($, procs)
```

//Instrucciones

```
etiqueta(sinIns()) = $.ini = etq
etiqueta(unaIns(Ins)) =
  $.ini = etq
  etiqueta(Ins)
  $.sig = etq
etiqueta(muchasIns(LIns, Ins)) =
  $.ini = etq
```

```

etiqueta(LIns)
etiqueta(Ins)
$.sig = etq

etiqueta(asignacion(E1, E2)) =
  $.ini = etq
  etiqueta(E1)
  etiqueta(E2)
  si ref!(E1.tipo) == real y ref!(E2.tipo) == int entonces
    si es_designador(E2) entonces
      etq = etq+1
      etq = etq+2
  si no, si ref!(E1.tipo) == array
    sea ref!(E1.tipo) = Array(tam1, tipoBase1) y ref!(E2.tipo) = Array(tam2, tipoBase2)
    entonces
      si tipoBase1 == Real y tipoBase2 == int entonces
        etiq_inttoreal_array(E1, E2, tam2) //Sabes que tienes la dir de origen en la
        cima de la pila
      si no
        asigna_default(E2)
  si no, si ref!(E1.tipo) = record
    si es_inttoreal_record(ref!(E1.tipo), ref!(E2.tipo)) entonces
      etiq_inttoreal_record(E1, E2)
    si no
      asigna_default(E2)
  si no
    etiq_asig_default()
  $.sig = etq

etiqueta(if-then(E, LIns)) =
  $.ini = etq
  etiqueta(E)
  si es_designador(E) entonces
    etq = etq+1
  etq = etq+1
  etiqueta(LIns)
  $.sig = etq

etiqueta(if-then-else(E, LIns1, LIns2)) =
  $.ini = etq
  etiqueta(E)
  si es_designador(E) entonces
    etq = etq+1
  etq = etq+1
  etiqueta(LIns1)
  etq = etq+1
  etiqueta(LIns2)
  $.sig = etq

etiqueta(while(E, LIns)) =
  $.ini = etq

```

```

etiqueta(E)
si es_designador(E) entonces
    etq = etq+1
etq = etq+1
etiqueta(LIns)
etq = etq+1
$.sig = etq
etiqueta(read(E)) =
    $.ini = etq
    etiqueta(E) //El resultado se deja en la cima de la pila en realidad
    etq = etq+2
    $.sig = etq
etiqueta(write(E)) =
    $.ini = etq
    etiqueta(E)
    si es_designador(E) entonces
        etq = etq+1 //Si tienes una dir en E
    etq = etq+1
    $.sig = etq
etiqueta(nl()) = -escritura de salto de línea-
    $.ini = etq
    etq++;
    $.sig = etq
etiqueta(new(E)) =
    $.ini = etq
    etiqueta(E)
    etq = etq+2
    $.sig = etq
etiqueta(delete(E)) =
    $.ini = etq
    etiqueta(E)
    $.sig_stop = etq+5
    etq = etq+6
    $.sig = etq
etiqueta(callProc(E, LExpr)) =
    $.ini = etq
    etq = etq+1
    //Salvaguardar variables ocultas por otras -> no entiendo pq ni cómo
    //Reservar espacio (tipo) para los parámetros por valor en nuevas dirs de memoria
    //Reservar espacio (int) para los parámetros por referencia en nuevas dirs de mem
    sea E.vinculo = decProc(string, LParams, LDecs, LIns)
    etiqueta_params(LParams, LExpr)
    //Ejecutar
    etq = etq+2
    $.sig = etq
etiqueta(insCompuesta(LDecs, LIns)) =
    $.ini = etq
    etiqueta(LIns)

```

```
recolecta_procs(LDecs) //Recolecta los procs en la pila de procs
$.sig = etq
```

```
//Expresiones
```

```
etiqueta(sinExpr(LExpr)) =
```

```
$.ini = etq
```

```
$.sig = etq
```

```
etiqueta(unaExpr(E)) =
```

```
$.ini = etq
```

```
etiqueta(E)
```

```
$.sig = etq
```

```
etiqueta(muchasExpr(LExpr, E)) =
```

```
$.ini = etq
```

```
etiqueta(LExpr)
```

```
etiqueta(E)
```

```
$.sig = etq
```

```
//Retornan a través de la pila (como en las subrutinas de ensamblador)
```

```
etiqueta(int(n)) =
```

```
$.ini = etq
```

```
etq = etq+1
```

```
$.sig = etq
```

```
etiqueta(real(n)) =
```

```
$.ini = etq
```

```
etq = etq+1
```

```
$.sig = etq
```

```
etiqueta(true()) =
```

```
$.ini = etq
```

```
etq = etq+1
```

```
$.sig = etq
```

```
etiqueta(false()) =
```

```
$.ini = etq
```

```
etq = etq+1
```

```
$.sig = etq
```

```
etiqueta(cadena(str)) =
```

```
$.ini = etq
```

```
etq = etq+1
```

```
$.sig = etq
```

```
etiqueta(null()) =
```

```
$.ini = etq
```

```
etq = etq+1
```

```
$.sig = etq
```

```
etiqueta(id(string)) =
```

```
$.ini = etq
```

```
si $.vinculo.nivel = 0 entonces //Si no es parámetro formal de un proc
```

```
etq = etq+1
```

```
si no
```

```
etq = etq+3
```



```
    si $.vinculo = paramRef(str, T)
        etq = etq+1
$.sig = etq
```

//Operadores relacionales

```
etiqueta_bin_rel(E1, E2) =
$.ini = etq;
etiqueta(E1)
si es_desig(E1) entonces //Si lo que tengo en la pila es una dir y no un valor
    etq = etq+1
si ref!(E2.tipo) == real entonces
    si ref!(E1.tipo) == int entonces
        etq = etq+1
etiqueta(E2)
si es_desig(E2) entonces //Si lo que tengo en la pila es una dir y no un valor
    etq = etq+1
etq = etq+1
si ref!(E1.tipo) == real entonces
    si ref!(E2.tipo) == int entonces
        etq = etq+1
$.sig = etq;
etiqueta(blt(E1, E2)) = etiqueta_bin_rel(E1, E2)
etiqueta(bgt(E1, E2)) = etiqueta_bin_rel(E1, E2)
etiqueta(ble(E1, E2)) = etiqueta_bin_rel(E1, E2)
etiqueta(bge(E1, E2)) = etiqueta_bin_rel(E1, E2)
etiqueta(beq(E1, E2)) = etiqueta_bin_rel(E1, E2)
etiqueta(bne(E1, E2)) = etiqueta_bin_rel(E1, E2)
```

//Operadores aritméticos binarios

```
etiqueta_bin_arit(E1, E2) =
$.ini = etq
etiqueta(E1)
si es_desig(E1) entonces //Si lo que tengo en la pila es una dir y no un valor
    etq = etq+1
si $.tipo == real entonces
    si ref!(E1.tipo) == int entonces
        etq = etq+1
etiqueta(E2)
si es_desig(E2) entonces //Si lo que tengo en la pila es una dir y no un valor
    etq = etq+1
si $.tipo == real entonces
    si ref!(E2.tipo) == int entonces
        etq = etq+1
etq = etq+1
$.sig = etq
etiqueta(suma(E1, E2)) =
    etiqueta_bin_arit(E1, E2)
```

```

etiqueta(resta(E1, E2)) =
    etiqueta_bin_arit(E1, E2)
etiqueta(mult(E1, E2)) =
    etiqueta_bin_arit(E1, E2)
etiqueta(div(E1, E2)) =
    etiqueta_bin_arit(E1, E2)
etiqueta(mod(E1, E2)) =
    etiqueta_bin(E1, E2)

```

//Operadores lógicos (binarios)

```

etiqueta_bin(E1, E2) =
    $.ini = etq
    etiqueta(E1)
    si es_desig(E1) entonces //Si lo que tengo en la pila es una dir y no un valor
        etq = etq+1
    etiqueta(E2)
    si es_desig(E2) entonces //Si lo que tengo en la pila es una dir y no un valor
        etq = etq+1
    etq = etq+1
    $.sig = etq
etiqueta(and(E1, E2)) =
    etiqueta_bin(E1, E2)
etiqueta(or(E1, E2)) =
    etiqueta_bin(E1, E2)

```

//Operadores unarios (infijos)

```

etiqueta_un(E) =
    $.ini = etq
    etiqueta(E)
    si es_desig(E) entonces
        etq = etq+1
    etq = etq+1
    $.sig = etq
etiqueta(neg(E)) =
    etiqueta_un(E)
etiqueta(not(E)) =
    etiqueta_un(E)

```

//Operadores unarios (sufijos)

```

etiqueta(index(E1, E2)) =
    $.ini = etq
    etiqueta(E1)
    etiqueta(E2)
    si es_desig(E2) entonces
        etq = etq+1
    etq = etq+3
    $.sig = etq
etiqueta(access(E, c)) =
    $.ini = etq

```

```

etiqueta(E)
etq = etq+2
$.sig = etq
etiqueta(indir(E)) =
$.ini = etq
etiqueta(E)
$.sig_stop = etq+5
etq = etq+6
$.sig = etq

```

//Procesos (params)

```

etiqueta_params(sinParams(), sinExpr()) = skip()
etiqueta_params(unParam(P), unaExpr(E)) = etiqueta_paso(P, E)
etiqueta_params(muchosParams(LParams, P), muchasExpr(LExpr, E)) =
    etiqueta_params(LParams, LExpr)
    etiqueta_paso(P, E)

```

```

etiqueta_paso(P, E) =
    etq = etq+3
    etiqueta(E)
    si es_paramVal(P) entonces
        si P.tipo == real y E.tipo == int entonces
            si es_designador(E) entonces
                etq = etq+1
            etq = etq+2
        si no, si ref!(E1.tipo) == array
            sea ref!(E1.tipo) = Array(tam1, tipoBase1) y ref!(E2.tipo) = Array(tam2, tipoBase2)
            entonces
                si tipoBase1 == Real y tipoBase2 == int entonces
                    etiq_inttoreal_array(P, E2, tam2) //Sabes que tienes la dir de origen en la
                    cima de la pila
                si no
                    asigna_default(E2)
            si no, si ref!(E1.tipo) = record
                si es_inttoreal_record(ref!(E1.tipo), ref!(E2.tipo)) entonces
                    etiq_inttoreal_record(E1, E2)
                si no
                    etiq_asigna_default()
            si no
                etiq_asig_default()
        si no
            etq = etq+1

```

```

etiq_asig_default() =
    etq = etq+1

```

```

etiq_inttoreal_array(E1, E2, tam) =
    si tam == 0 entonces //Nada que copiar, se eliminan las dirs de la cima

```

```

    etq = etq+2
si no
    etq = etq+3
    for (int i = 1; i < tam; i++)
        etiqueta(E1)
        etq = etq+4;
        etiqueta(E2)
        etq = etq+7

```

```

etiq_inttoreal_array(P, E2, tam) =
    si tam == 0 entonces //Nada que copiar, se eliminan las dirs de la cima
        etq = etq+2
    si no
        etq = etq+3
        for (int i = 1; i < tam; i++)
            etq = etq+7
            etiqueta(E2)
            etq = etq+7

```

```

etiq_inttoreal_record(E1, E2)) =
    L1 = c_to_list(E1.tipo)
    L2 = c_to_list(E2.tipo)
    si L1[0].tipo = Real y L2[0].tipo == Int
        etq = etq+3
    si no
        etq = etq+1
    for(int i = 1; i < L1.size; i++)
        etiqueta(E1)
        etq = etq+2
        etiqueta(E2)
        etq = etq+2
        si L1[i].tipo = Real y L2[i].tipo == Int
            etq = etq+3
        si no
            etq = etq+1

```

```

inttoreal_record(P, E2)) =
    L1 = c_to_list(P.tipo)
    L2 = c_to_list(E2.tipo)
    si L1[0].tipo = Real y L2[0].tipo == Int
        etq = etq+3
    si no
        etq = etq+1
    for(int i = 1; i < L1.size; i++)
        etq = etq+5
        etiqueta(E2)
        etq = etq+2
        si L1[i].tipo = Real y L2[i].tipo == Int
            etq = etq+3

```

```
si no
    etq = etq+1
```

Generación de código

```
global procs = pila_vacia()
gen_cod(prog(LDecs, LIns)) =
    gen_cod(LIns)
    gen_ins(stop)
    recolecta_procs(LDecs) //Recolecta los procs en la pila de procs
    while (!es_vacia(procs))
        P = pop(procs)
        gen_cod(P)
```

//Procesos (declaraciones)

```
gen_cod(decProc(string, LParams, LDecs, LIns)) =
    gen_cod(LIns)
    //Código de salida del proc
    gen_ins(desactiva($.nivel, $.tam_datos))
    gen_ins(irind())
    recolecta_procs(LDecs)
```

```
recolecta_procs(sinDecs()) = skip()
recolecta_procs(unaDec(Dec)) = recolecta_procs(Dec)
recolecta_procs(muchasDecs(LDecs, Dec)) =
    recolecta_procs(LDecs)
    recolecta_procs(Dec)
recolecta_procs(decVar(_, _)) = skip()
recolecta_procs(decTipo(_, _)) = skip()
recolecta_procs(decProc(_, _, _, _)) = push($, procs)
```

//Instrucciones

```
gen_cod(sinIns()) = skip()
gen_cod(unalIns(Ins)) = gen_cod(Ins)
gen_cod(muchasIns(LIns, Ins)) =
    gen_cod(LIns)
    gen_cod(Ins)
```

```
gen_cod(asignacion(E1, E2)) =
    gen_cod(E1)
    gen_cod(E2)
    si ref!(E1.tipo) == real y ref!(E2.tipo) == int entonces
        si es_designador(E2) entonces
            gen_ins(apilaind)
            gen_ins(inttoreal)
            gen_ins(desapilaind)
```

```

si no, si ref!(E1.tipo) == array
  sea ref!(E1.tipo) = Array(tam1, tipoBase1) y ref!(E2.tipo) = Array(tam2, tipoBase2)
  entonces
    si tipoBase1 == Real y tipoBase2 == int entonces
      inttoreal_array(E1, E2, tam2) //Sabes que tienes la dir de origen en la cima de
      la pila
    si no
      asigna_default(E2)
si no, si ref!(E1.tipo) = record
  si es_inttoreal_record(ref!(E1.tipo), ref!(E2.tipo)) entonces
    inttoreal_record(E1, E2)
  si no
    asigna_default(E2)
si no
  asigna_default(E2)
gen_cod(if-then(E, LIns)) =
  gen_cod(E)
  si es_designador(E) entonces
    gen_ins(apilaind)
    gen_ins(irf($.sig))
    gen_cod(LIns)
gen_cod(if-then-else(E, LIns1, LIns2)) =
  gen_cod(E)
  si es_designador(E) entonces
    gen_ins(apilaind)
    gen_ins(irf(LIns2.ini))
    gen_cod(LIns1)
    gen_ins(ir($.sig))
    gen_cod(LIns2)
gen_cod(while(E, LIns)) =
  gen_cod(E)
  si es_designador(E) entonces
    gen_ins(apilaind)
    gen_ins(irf($.sig))
    gen_cod(LIns)
    gen_ins(ir($.ini))
gen_cod(read(E)) =
  gen_cod(E) //El resultado se deja en la cima de la pila en realidad
  -lectura de valor en pila-
  si ref!(E.tipo) == String entonces
    gen_ins(readString)
  si no si ref!(E.tipo) == Int entonces
    gen_ins(readInt)
  si no si ref!(E.tipo) == Real entonces
    gen_ins(readReal)
  gen_ins(desapilaind)
gen_cod(write(E)) =
  gen_cod(E)

```

```

si es_designador(E) entonces
    gen_ins(apilaind)      //Si tienes una dir en E
    gen_ins(write)
gen_cod(nl()) = gen_ins(nl)
gen_cod(new(E)) =
    gen_cod(E)
    gen_ins(alloc(E.tipo.tipo.tam))
    gen_ins(desapilaind)
gen_cod(delete(E)) =
    gen_cod(E)
    gen_ins(dup)
    gen_ins(apilaint(-1))
    gen_ins(beq)
    gen_ins(irf($.sig_stop))
    gen_ins(stop)      //(error)
    gen_ins(dealloc(E.tipo.tipo.tam))
gen_cod(callProc(E, LExpr)) =
    gen_ins(activa(E.vinculo.nivel, E.vinculo.tam_datos, $.sig/*Volver a justo tras el proc*/))
    //Salvaguardar variables ocultas por otras -> no entiendo pq ni cómo
    //Reservar espacio (tipo) para los parámetros por valor en nuevas dirs de memoria
    //Reservar espacio (int) para los parámetros por referencia en nuevas dirs de mem
    sea E.vinculo = decProc(string, LParams, LDecs, LIns)
    gen_cod_params(LParams, LExpr)
    //Ejecutar
    gen_ins(desapilad(E.vinculo.nivel))
    gen_ins(ira(E.vinculo.ini))
gen_cod(insCompuesta(LDecs, LIns)) =
    gen_cod(LIns)
    recolecta_procs(LDecs)    //Recolecta los procs en la pila de procs

//Expresiones
gen_cod(sinExpr(LExpr)) = skip()
gen_cod(unaExpr(E)) = gen_cod(E)
gen_cod(muchasExpr(LExpr, E)) =
    gen_cod(LExpr)
    gen_cod(E)

//Retornan a través de la pila (como en las subrutinas de ensamblador)
gen_cod(int(n)) = gen_ins(apilaint(n))
gen_cod(real(n)) = gen_ins(apilareal(n))
gen_cod(true()) = gen_ins(apilabool(true))
gen_cod(false()) = gen_ins(apilabool(false))
gen_cod(cadena(str)) = gen_ins(apilastring(str))
gen_cod(null()) = gen_ins(apilaint(-1))
gen_cod(id(string)) =
    si $.vinculo.nivel = 0 entonces    //Si no es parámetro formal de un proc
        gen_ins(apilaint($.vinculo.dir))
    si no

```

```

gen_ins(apilad($.vinculo.nivel))
gen_ins(apilaint($.vinculo.dir))
gen_ins(sumaint())
si $.vinculo = paramRef(str, T)
    gen_ins(apilaind())

```

//Operadores relacionales

```

gen_cod_bin_rel(E1, E2) =
    gen_cod(E1)
    si es_desig(E1) entonces //Si lo que tengo en la pila es una dir y no un valor
        gen_ins(apilaind)
    si ref!(E2.tipo) == real entonces
        si E1.tipo == int entonces
            gen_ins(inttoreal)
    gen_cod(E2)
    si es_desig(E2) entonces //Si lo que tengo en la pila es una dir y no un valor
        gen_ins(apilaind)
    si ref!(E1.tipo) == real entonces
        si E2.tipo == int entonces
            gen_ins(inttoreal)
gen_cod(blte(E1, E2)) =
    gen_cod_bin_rel(E1, E2)
    gen_ins(blte)
gen_cod(bgt(E1, E2)) =
    gen_cod_bin_rel(E1, E2)
    gen_ins(bgt)
gen_cod(ble(E1, E2)) =
    gen_cod_bin_rel(E1, E2)
    gen_ins(ble)
gen_cod(bge(E1, E2)) =
    gen_cod_bin_rel(E1, E2)
    gen_ins(bge)
gen_cod(beq(E1, E2)) =
    gen_cod_bin_rel(E1, E2)
    gen_ins(beq)
gen_cod(bne(E1, E2)) =
    gen_cod_bin_rel(E1, E2)
    gen_ins(bne)

```

//Operadores aritméticos binarios

```

gen_cod_bin_arit(E1, E2) =
    gen_cod(E1)
    si es_desig(E1) entonces //Si lo que tengo en la pila es una dir y no un valor
        gen_ins(apilaind)
    si $.tipo == real entonces
        si ref!(E1.tipo) == int entonces
            gen_ins(inttoreal)
    gen_cod(E2)

```



```

si es_desig(E2) entonces //Si lo que tengo en la pila es una dir y no un valor
    gen_ins(apilaind)
si $.tipo == real entonces
    si ref!(E2.tipo) == int entonces
        gen_ins(inttoreal)
    gen_cod(suma(E1, E2)) =
        gen_cod_bin_arit(E1, E2)
    si $.tipo == real entonces
        gen_ins(sumaReal)
    si no
        gen_ins(sumaInt)
    gen_cod(resta(E1, E2)) =
        gen_cod_bin_arit(E1, E2)
    si $.tipo == real entonces
        gen_ins(restaReal)
    si no
        gen_ins(restaInt)
    gen_cod(mult(E1, E2)) =
        gen_cod_bin_arit(E1, E2)
    si $.tipo == real entonces
        gen_ins(mulReal)
    si no
        gen_ins(mulInt)
    gen_cod(div(E1, E2)) =
        gen_cod_bin_arit(E1, E2)
    si $.tipo == real entonces
        gen_ins(divReal)
    si no
        gen_ins(divInt)
    gen_cod(mod(E1, E2)) =
        gen_cod_bin(E1, E2)
    gen_ins(mod)

```

//Operadores lógicos (binarios)

```

gen_cod_bin(E1, E2) =
    gen_cod(E1)
    si es_desig(E1) entonces
        gen_ins(apilaind)
    gen_cod(E2)
    si es_desig(E2) entonces
        gen_ins(apilaind)
    gen_cod(and(E1, E2)) =
        gen_cod_bin(E1, E2)
        gen_ins(and)
    gen_cod(or(E1, E2)) =
        gen_cod_bin(E1, E2)
        gen_ins(or)

```

```
    //Operadores unarios (infijos)
```

```
gen_cod_un(E) =  
    gen_cod(E)  
    si es_desig(E) entonces  
        gen_ins(apilaind)
```

```
gen_cod(neg(E)) =  
    gen_cod_un(E)  
    gen_ins(neg)  
gen_cod(not(E)) =  
    gen_cod_un(E)  
    gen_ins(not)
```

```
    //Operadores unarios (sufijos)
```

```
gen_cod(index(E1, E2)) =  
    gen_cod(E1)  
    gen_cod(E2)  
    si es_desig(E2) entonces  
        gen_ins(apilaind)  
        gen_ins(apilaint(E1.tipo.tipo.tam))  
        gen_ins(mul)  
        gen_ins(suma)
```

```
gen_cod(access(E, c)) =  
    gen_cod(E)  
    gen_ins(apilaint(E.tipo.desp[c]))  
    gen_ins(suma)
```

```
gen_cod(indir(E)) =  
    gen_cod(E)  
    gen_ins(apilaind)  
    gen_ins(dup)  
    gen_ins(apilaint(-1))  
    gen_ins(beq)  
    gen_ins(irf($.sig_stop))  
    gen_ins(stop)    //(error)
```

```
//Procesos (params)
```

```
gen_cod_params(sinParams(), sinExpr()) = skip()  
gen_cod_params(unParam(P), unaExpr(E)) = gen_cod_paso(P, E)  
gen_cod_params(muchosParams(LParams, P), muchasExpr(LExpr, E)) =  
    gen_cod_params(LParams, LExpr)  
    gen_cod_paso(P, E)
```

```
gen_cod_paso(P, E) =  
    gen_ins(dup)  
    gen_ins(apilaint(P.dir))  
    gen_ins(suma)  
    gen_cod(E)  
    si es_paramVal(P) entonces  
        si P.tipo == real y E.tipo == int entonces  
            si es_designador(E) entonces
```

```

        gen_ins(apilaind)
        gen_ins(inttoreal)
        gen_ins(desapilaind)
    si no, si ref!(P.tipo) == array
        sea ref!(P.tipo) = Array(tam1, tipoBase1) y ref!(E.tipo) = Array(tam2, tipoBase2)
        entonces
            si tipoBase1 == Real y tipoBase2 == int entonces
                inttoreal_array(P, E, tam2) //Sabes que tienes la dir de origen en la cima de
                la pila
            si no
                asigna_default(E2)
    si no, si ref!(P.tipo) = record
        si es_inttoreal_record(ref!(P.tipo), ref!(E.tipo)) entonces
            inttoreal_record(P, E)
        si no
            asigna_default(E2)
    si no
        asigna_default(E)
si no
    gen_ins(desapila_ind)

asigna_default(E) =
    si es_designador(E) entonces
        gen_ins(mueve(E.Tipo.tam)) //Si tienes una dir en E
    si no
        gen_ins(desapilaind) //Si E es un inmediato

inttoreal_array(E1, E2, tam) =
    si tam == 0 entonces //Nada que copiar, se eliminan las dirs de la cima
        gen_ins(pop)
        gen_ins(pop)
    si no
        gen_ins(apilaind)
        gen_ins(inttoreal)
        gen_ins(desapilaind)
        for (int i = 1; i < tam; i++)
            gen_cod(E1)
            gen_ins(apilaint(i))
            gen_ins(apilaint(E2.getT().tam))
            gen_ins(mult)
            gen_ins(suma)
            gen_cod(E2)
            gen_ins(apilaint(i))
            gen_ins(apilaint(E2.getT().tam))
            gen_ins(mult)
            gen_ins(suma)
            gen_ins(apilaind)
            gen_ins(inttoreal)

```

gen_ins(desapilaind)

inttoreal_array(P, E2, tam) =

si tam == 0 **entonces** //Nada que copiar, se eliminan las dirs de la cima

gen_ins(pop)

gen_ins(pop)

si no

gen_ins(apilaind)

gen_ins(inttoreal)

gen_ins(desapilaind)

for (int i = 1; i < tam; i++)

gen_ins(dup)

gen_ins(apilaint(P.dir))

gen_ins(suma)

gen_ins(apilaint(i))

gen_ins(apilaint(E2.getT().tam))

gen_ins(mult)

gen_ins(suma)

gen_cod(E2)

gen_ins(apilaint(i))

gen_ins(apilaint(E2.getT().tam))

gen_ins(mult)

gen_ins(suma)

gen_ins(apilaind)

gen_ins(inttoreal)

gen_ins(desapilaind)

es_inttoreal_record(record(campos1), record(campos2)) = //UTIL

return es_inttoreal_campos(campos1, campos2)

es_inttoreal_campos(unCampo(C1), unCampo(C2)) =

return C1.tipo == Real **y** C2.tipo == Int

es_inttoreal_campos(muchosCampos(Cs1, C1), muchosCampos(Cs2, C2)) =

ret = es_inttoreal_campos(Cs1, Cs2)

return ret **o** (C1.tipo == Real **y** C2.tipo == Int)

inttoreal_record(E1, E2) =

L1 = c_to_list(E1.tipo)

L2 = c_to_list(E2.tipo)

si L1[0].tipo = Real **y** L2[0].tipo == Int

gen_ins(apilaind)

gen_ins(inttoreal)

gen_ins(desapilaind)

si no

gen_ins(mueve(L1[0].getT().tam))

for(int i = 1; i < L1.size; i++)

gen_cod(E1)

gen_ins(apilaint(L1[i].desp))

```

    gen_ins(suma)
    gen_cod(E2)
    gen_ins(apilaint(L1[i].desp))
    gen_ins(suma)
    si L1[i].tipo = Real y L2[i].tipo == Int
        gen_ins(apilaind)
        gen_ins(inttoreal)
        gen_ins(desapilaind)
    si no
        gen_ins(mueve(L1[i].getT().tam))
inttoreal_record(P, E2)) =
    L1 = c_to_list(P.tipo)
    L2 = c_to_list(E2.tipo)
    si L1[0].tipo = Real y L2[0].tipo == Int
        gen_ins(apilaind)
        gen_ins(inttoreal)
        gen_ins(desapilaind)
    si no
        gen_ins(mueve(L1[0].getT().tam))
for(int i = 1; i < L1.size; i++)
    gen_ins(dup)
    gen_ins(apilaint(P.dir))
    gen_ins(suma)
    gen_ins(apilaint(L1[i].desp))
    gen_ins(suma)
    gen_cod(E2)
    gen_ins(apilaint(L1[i].desp))
    gen_ins(suma)
    si L1[i].tipo = Real y L2[i].tipo == Int
        gen_ins(apilaind)
        gen_ins(inttoreal)
        gen_ins(desapilaind)
    si no
        gen_ins(mueve(L1[i].getT().tam))

c_to_list(record(Campos)) = //UTIL
    return c_to_list(Campos)
c_to_list(unCampo(Campo)) =
    return new list(Campo)
c_to_list(muchosCampos(Cs, C)) =
    ret = c_to_list(Cs)
    ret.append(C)
    return ret

```

