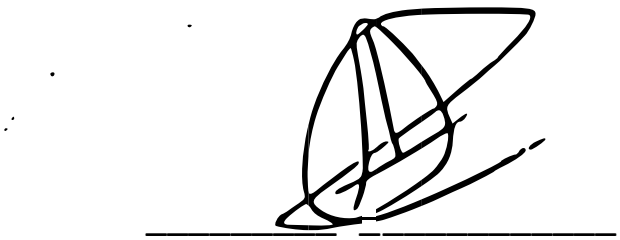
Proyecto Final

Diseño de Compiladores



Iván Alejandro Anguiano Leal

A00817460

22 de Noviembre del 2022

Monterrey, Nuevo León

ÍNDICE

Descripción del proyecto

Visión

El propósito de este proyecto es hacer uso de los conocimientos del área de Computer Science a lo largo de la carrera como: Estructuras de Datos, Lenguajes de Programación, Matemáticas Computacionales; así como hacer uso de los conceptos básicos del proceso de compilación como: Análisis Léxico, Análisis Sintáctico, Análisis Semántico, Traducción y Generación de código intermedio para crear un compilador y una máquina virtual .

Objetivo

Diseñar y crear un lenguaje de programación en español que sea fácil de aprender y utilizar para programadores hispanohablantes principiantes. El lenguaje contiene operaciones aritméticas básicas, operaciones booleanas, algunas operaciones matemáticas así como operaciones con arreglos unidimensionales y bidimensionales.

Alcance

El lenguaje contiene todos los elementos básicos de un lenguaje de programación, tales como:

- Declaración de Variables
- Declaración de Funciones/Módulos
- Llamadas de Funciones Void
- Expresiones de asignación
- Retorno de funciones
- Lectura de inputs
- Impresión de outputs
- Estatutos condicionales (si)
- Estatutos cíclicos (para, mientras)
- Expresiones booleanas
- Multiplicacion de matrices
- Operaciones y funciones matemáticas (raizcuadrada, fórmula general, pow, log, gamma, etc.)

Requerimientos

Requerimientos Funcionales

- Puede declarar funciones.
- Puede llamar funciones.
- Puede leer valores desde la línea de comandos.
- Puede imprimir valores a la consola.
- Recibe código inicializado con la palabra “programa”.
- Se pueden generar arreglos/matrices y hacer operaciones (suma, resta, division, multiplicación) con las mismas.
- Errores deben ser desplegados cuando sea necesario.

Requerimientos No Funcionales

- La sintáxis es fácil de entender para un principiante.
- El código se lee desde archivos .txt

Descripción de casos de uso

Nombre	Descripción
Factorial cíclico	Versión cíclica del cálculo de factorial.
Factorial recursivo	Versión recursiva del cálculo factorial utilizando módulos.
Fibonacci cíclico	Versión cíclica de calcular el numero N en una secuencia Fibonacci.
Fibonacci recursivo	Versión recursiva de calcular el numero N en una secuencia Fibonacci utilizando módulos.
Ordenamiento de burbuja (bubble sort)	Ordenamiento burbuja tradicional
Búsqueda en Arreglo	Encuentra un elemento en específico en un Arreglo.
Multiplicación de Matrices	Calcula la matriz resultante de la multiplicación entre 2 matrices.
Otras Operaciones y Funciones matemáticas	Realiza operaciones y funciones matemáticas como raíz cuadrada, potencia de un número, fórmula general, función gamma, logaritmo, seno, coseno, etc..

Proceso del desarrollo del proyecto

Se utilizó **Github** para control de versiones. Se subían los avances semanales a **Canvas** con la descripción de lo que se había hecho hasta esa fecha.

Commits

```
commit 203f5982e866d27c30c16b29f92a23e470b9e07f (HEAD -> main, origin/main, origin/HEAD)
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date:   Thu Nov 17 16:27:06 2022 -0600

    Typos

commit a22b20249d0b93ad9c63a934e771ed605242465c
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date:   Thu Nov 17 16:17:11 2022 -0600

    Actualizacion correcta documentacion

commit 1d79620bd97a17af84489477cbf79a6e01d195d0
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date:   Thu Nov 17 16:16:53 2022 -0600

    Actualizacion algunos errores y documentacion

commit 11bb5dd728a3afb17bab15cf6d2f49c37b82bedf
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date:   Thu Nov 17 13:31:09 2022 -0600

    Primera version Documentacion
```

commit 1efc24b52b08342881c9c78b5cedcecb4ed8c2ba
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Wed Nov 16 21:07:04 2022 -0600

    Ultimas funciones matematicas

commit 7c7993708a82488f637469dfc701da2509420587
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Wed Nov 16 18:41:31 2022 -0600

    Arregle error en archivo de prueba array sort

commit 317dc0f890c87a3843d9816165267780e3e057d3
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Mon Nov 14 00:46:15 2022 -0600

    Elimine tokens no utilizados y actualice codigo de pruebas

commit a15d2980ebb27de3f3a31d674c2985d9a62e4fbd
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Sat Nov 12 23:13:59 2022 -0600

    Elimine codigo que no se va a utilizar

commit 28cd66b2e974ab63c6acfcb17d166cffd120a395
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Tue Nov 8 19:47:01 2022 -0600

Generacion de codigo de arreglos

commit 8ed92597ef2f5b8ac78c34aef46fa0552243aa92
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Mon Nov 7 05:09:02 2022 -0600

Mas operaciones matematicas

commit 290845bd2137c48196abb9d4b58c5277da8ea50a
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Mon Nov 7 04:12:07 2022 -0600

Operaciones circulo y cuadrado

commit 7ea9dd32564534f29ea79b50172331fba2db3240
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Mon Nov 7 02:44:49 2022 -0600

Agregue librerias para estadisticas

commit 92783ce50749f0b3d7584f5cb5b80b4c9a884f98
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Mon Nov 7 02:41:11 2022 -0600

Mas operaciones matematicas y programa de prueba

commit 581e952a74c56dbacd4c60f118b4dfdb7405bbab
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Sun Nov 6 05:10:58 2022 -0600

Nuevas operaciones matematicas

Se agregaron raiz cuadrada y ecuacion cuadratica (formula general). Generan sus cuadruplos y maquina virtual hace las operaciones

commit 4a6e33a0ff62f4bd7d5dc732af50da2010e871d1

Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>

Date: Sun Nov 6 02:22:44 2022 -0600

Read me actualizacion

commit cbb60087bb342c5a21e27395e468be6534ba351d

Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>

Date: Thu Nov 3 17:31:02 2022 -0600

Ejecucion de Estatutos secuenciales y condicionales, ejecucion de modulos.

commit f4d6ba645a21f0f5cb77d6be85e9060ee86776d3

Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>

Date: Fri Oct 28 02:14:04 2022 -0500

Maquina virtual operaciones aritmeticas basicas

commit 807de48c2a2351d97b58775fea7e1eb9841427aa

Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>

Date: Wed Oct 26 19:25:05 2022 -0500

Agregue comentarios

commit c54456b38856355db35fdcfd1f1431a0684d4f85
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Wed Oct 26 17:28:48 2022 -0500

    Direcciones de Memoria

commit e5b8ec0fbb134190bda512c22fe59c9f2920cc87
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Mon Oct 24 01:46:52 2022 -0500

    Update read me

commit 29643434f144f8e637aded6bb693dbf745916438
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Tue Oct 18 18:58:32 2022 -0500

    Funciones

commit aeec7e6661093c55336cd2fea723148223ab337d
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Sun Oct 16 00:38:20 2022 -0500

    README actualizacion

commit d71a3f47a6238f0594251b1a6e722a22884d0edb
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date: Fri Oct 14 02:33:08 2022 -0500

Generacion de codigo estatutos condicionales (ciclos)

commit cba2340084d5874aad12fd1b6c8de498a256786a

Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>

Date: Thu Oct 13 15:26:59 2022 -0500

Agregue comentarios

commit f73f35b79dd067782cb547497b2049e7b150c20d

Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>

Date: Mon Oct 10 18:31:24 2022 -0500

Avance semana 2

Generacion de codigo de expresiones aritmeticas y estatutos secuenciales (lectura, asignacion) y generacion de codigo de estatutos condicionales: Decisiones (IF e IF else)

commit 306b13cdb3cc60f652302b87bed655ef03364170

Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>

Date: Wed Oct 5 01:10:32 2022 -0500

Update comments

commit 067ca7335c9cdc290387a87e45fe87bc9d361fd5

Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>

Date: Wed Oct 5 01:02:54 2022 -0500

Generacion de codigo estatutos condicionales: decisiones

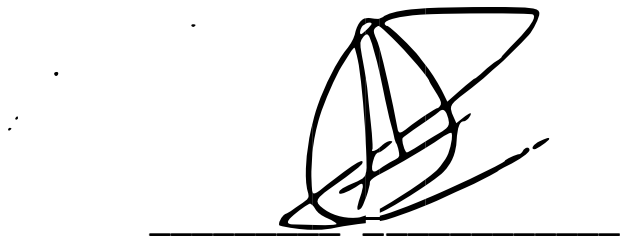
```
commit fc5fb83b26273d886b5b7061dc94c4714af4c2e8
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date:   Sun Oct 2 23:04:47 2022 -0500

    Update errors

commit 566fb5c8f2fd3f12a191dc2145cb0bcbca31157e
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date:   Sun Oct 2 03:07:47 2022 -0500

    Agregue errores

commit eb8de0c892e3fa65dfa55741ae75c5e4ae6c4555
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date:   Sun Oct 2 00:16:48 2022 -0500

    Lexer, cubo semantico

commit e37628b4c82ef13e4f608a6974c1684e1342f823
Author: iaal96 <ivan.anguiano17@hotmail.com>
Date:   Sun Oct 2 00:14:45 2022 -0500

    Initial commit
```

Reflexión

Segunda vez realizando el proyecto, ya que el semestre pasado no lo pude terminar yo mismo. Había parte del código que no sabía que hacía y no conocía al 100% el código entregado. Yo mismo en revisión lo dije, que no tenía sentido seguir pues sabía que no merecía acreditar.

Si bien me afectó algo el no aprobar en ese intento, pues me iba a graduar, este semestre comprendí que lo que realmente buscan de nosotros en este curso es que realmente comprendamos cómo es que funciona un compilador y cómo es que se desarrolla, de qué sirve entregar el proyecto si no lo entiendes. Eso fue en lo que me enfoqué este semestre. Volviendo a empezar desde 0 el proyecto, cumpliendo con los avances, haciéndolo parte por parte como debe ser y sobre todo analizando su funcionamiento. Las clases presenciales fueron importantes pues si bien no fue una clase práctica, vimos toda la teoría y la lógica detrás de un compilador funcional.

Al final, yo creo en lo personal se cumplió el objetivo, ya que aprendí muchas cosas que el semestre pasado no sabía y me siento satisfecho con lo aprendido. Me quedo tranquilo que dí todo lo que pude dar para este proyecto y que adquirí conocimiento.



Iván Alejandro Anguiano Leal

Descripción del Lenguaje

Nombre del Lenguaje

TLD

Descripción de las principales características del lenguaje

Es un lenguaje de programación que contiene operaciones aritméticas , operaciones booleanas simples, funciones matemáticas y también puede hacer uso de arreglos de una dimensión y bidimensionales para hacer operaciones aritméticas básicas con ellos.

Se puede usar para aprender sobre programación con usos básicos de almacenamiento de memoria temporal e input y output de resultados.

Errores

Compilación	
Error sintáctico.	Token inesperado en alguna línea en específico
Type mismatch.	Type mismatch en la asignación de una variable.
Type mismatch en operación.	Operandos en una operación aritmética no son compatibles.
Type mismatch en condición.	Operandos en una operación condicional no son del mismo tipo.
Variable indefinida.	Se usó una variable indefinida.
Redefinición de variable.	Se define una Variable con un ID que ya fue usado y ya no puede volver a usarse.
Número de argumentos inesperados.	Argumentos en el uso del Módulo no coinciden con los que se usaron en la declaración del Módulo.
Type mismatch Módulo.	Tipo del Módulo y la variable asignada no son tipos compatibles.
Regresa en Función Void.	Hay un Regresa() en una Función tipo Void.
No hay Retorno en tipo Función.	Un tipo Función no tiene valor de Retorno.
Matriz accesada como Arreglo.	Una variable de tipo Matriz es llamada con sólo 1 índice.
Type mismatch en Index.	Índice usado en llamada de Arreglo no es Int.
Variable no subindicada como Matriz.	Una variable que no es matriz es llamada con 2 o más índices.
Variable no subindicada como Arreglo.	Una variable simple es llamada con un índice.
Parametro de Array en llamada a Módulo.	Se llama a un Módulo con un Arreglo como parámetro.
Print inválido en variable de Arreglo.	Un Arreglo es enviado a un operador print como parámetro.
Operador inválido en Arreglos.	Un Arreglo es usado como operando por un operador que no acepta arreglos como operandos.
Operación inválida.	Cualquier tipo de operación inválida.
Dimensiones no coinciden.	Se llama a una operación entre variables dimensionadas pero las dimensiones de ambas no coinciden.
Asignación inválida a variable de Arreglo.	Se le asigna una variable inválida a la variable de un Arreglo.

Tamaño del Arreglo debe ser positivo.	En la declaración del Arreglo, el tamaño es negativo.

Ejecución	
Índice fuera de los límites (out of bounds)	El acceso al índice del Arreglo o Matriz está fuera del rango de memoria de la variable.

Descripción del Compilador

Equipo de Cómputo, Lenguaje y Utilerías especiales

Marca: HP

Modelo: 16-c0011dx

Sistema Operativo: Windows 11 Home

Lenguaje utilizado: Python 3.10

Analizador Léxico y Sintáctico: PLY

Descripción del Análisis de Léxico

```
#Palabras Reservadas
reserved = {
    'programa': 'PROGRAMA',
    'principal': 'PRINCIPAL',
    'var': 'VAR',
    'int': 'INT',
    'float': 'FLOAT',
    'char': 'CHAR',
    'void': 'VOID',
    'funcion': 'FUNCION',
    'regresa': 'REGRESA',
    'lee': 'LEE',
    'imprime': 'IMPRIME',
    'si': 'SI',
    'entonces': 'ENTONCES',
    'sino': 'SINO',
    'mientras': 'MIENTRAS',
    'hasta': 'HASTA',
    'para': 'PARA',
    'raizcuadrada': 'RAIZCUADRADA',
    'cuadratica':'CUADRATICA',
    'pow':'POW',
    'exponencial':'EXPONENCIAL',
    'redondear':'REDONDEAR',
    'arriba':'ARRIBA',
    'abajo':'ABAJO',
    'gamma':'GAMMA',
    'residuo':'RESIDUO',
    'radianes':'RADIANES',
    'grados':'GRADOS',
    'seno':'SENO',
    'coseno':'COSENO',
    'tangente':'TANGENTE',
    'logaritmo':'LOGARITMO',
}
```

```
tokens = [
    'MAYOR_QUE',
    'MENOR_QUE',
    'MENOR_IGUAL',
    'MAYOR_IGUAL',
    'AND',
    'OR',
    'DIFERENTE_A',
    'IGUAL_A',
    'MAS',
    'MENOS',
    'DIVIDE',
    'MULTIPLICA',
    'LEFTPAR',
    'RIGHTPAR',
    'IGUAL',
    'COMA',
    'PUNTOYCOMA',
    'ID',
    'PUNTO',
    'LEFTBRACK',
    'RIGHTBRACK',
    'LEFTBRACE',
    'RIGHTBRACE',
    'CST_INT',
    'CST_FLOAT',
    'CST_STRING',
    'CST_CHAR',
    'COMMENT_TEXT'
] + list(reserved.values())
```

```
t_MAYOR_QUE           = r'>'
t_MENOR_QUE           = r'<'
t_MAYOR_IGUAL           = r'>='
t_MENOR_IGUAL          = r'<='
t_AND           = r'&'
t_OR            = r'\|'
t_DIFERENTE_A       = r'<>'
t_IGUAL_A       = r'=='
t_MAS          = r'\+'
t_MENOS         = r'-'
t_DIVIDE        = r'/'
t_MULTIPLICA      = r'\*'
t_LEFTPAR       = r'\('
t_RIGHTPAR      = r'\)'
t_IGUAL         = r'='
t_COMA          = r','
t_PUNTOYCOMA     = r';'
t_PUNTO          = r'.'
t_LEFTBRACK     = r'\['
t_RIGHTBRACK    = r'\]'
t_LEFTBRACE     = r'\{'
t_RIGHTBRACE    = r'\}'
t_CST_INT       = r'[0-9]+'
t_CST_FLOAT     = r'[0-9]+\.[0-9]+'
t_CST_CHAR      = r'("(\\"|[^"])?")|
t_CST_STRING    = r'("(\\"|[^"])*")|
t_COMMENT_TEXT  = r'//.*\n'
```

```
#Ignorados
t_ignore = " \t\r"

#ID
def t_ID(t):
    r'[a-zA-Z_][a-zA-Z0-9_]*'
    if t.value in reserved:
        t.type = reserved[t.value]
    return t

def t_newline(t):
    r'\n+'
    t.lexer.lineno += t.value.count("\n")

def t_error(t):
    print("Caracter ilegal '%s' en la linea %d" % (t
    t.lexer.skip(1)
    exit(0)

lexer = lex.lex()

lex.lex()
```

Descripción del Análisis de Sintáxis

```
'program : PROGRAMA ID globalTable PUNTOYCOMA declaration programFunc main'

'globalTable : '

'error : '

'main : mainTable PRINCIPAL LEFTPAR RIGHTPAR LEFTBRACE declaration statement RIGHTBRACE'

'mainTable : '

'''programFunc : function programFunc
               | '''

'''assignment : ID dimArray IGUAL hyperExpression PUNTOYCOMA'''


'''declaration : VAR declarationPrim
```

```
                | ""

"'declarationPrim : primitive vars PUNTOYCOMA declarationPrim
                  | ""

"'primitive : INT
            | FLOAT
            | CHAR "'

'return : REGRESA LEFTPAR hyperExpression RIGHTPAR PUNTOYCOMA'

'if : SI LEFTPAR hyperExpression RIGHTPAR createJQif ENTONCES LEFTBRACE statement RIGHTBRACE
ifElse updateJQ'

'createJQif : '

'updateJQ : '

"'ifElse : SINO createJQelse LEFTBRACE statement RIGHTBRACE
          | ""

'createJQelse : '

'for : PARA forAssignment HASTA pushJumpFor hyperExpression createQuadFor LEFTBRACE statement
RIGHTBRACE updateQuadFor'

'pushJumpFor : '

'createQuadFor : '

'updateQuadFor : '

'forAssignment : ID IGUAL CST_INT addTypeInt'

'pushLoop : '

'startLoop : '

'endLoop : '

'comment : COMMENT_TEXT'

'while : MIENTRAS pushLoop LEFTPAR hyperExpression RIGHTPAR startLoop LEFTBRACE statement
RIGHTBRACE endLoop'

'vars : ID addVarsToTable varsArray varsComa'
```

```
'addVarsToTable : '

"'varsComa : COMA vars
           | "'

"'varsMatrix : LEFTBRACK CST_INT addTypeInt RIGHTBRACK setCols
             | "'

"'varsArray : LEFTBRACK CST_INT addTypeInt RIGHTBRACK setRows varsMatrix
            | "'

'setRows : '

'setCols : '

'function : functionType ID addFuncToDir LEFTPAR param RIGHTPAR setParamLength LEFTBRACE declaration
statement RIGHTBRACE'

"'param : primitive ID addFuncParams functionParam
        | "'

"'functionParam : COMA param
                | "'

'addFuncParams : '

'setParamLength : '

"'functionType : FUNCION primitive
               | FUNCION VOID setVoidType"'

"'cst_primitive : CST_INT addTypeInt
            | CST_FLOAT addTypeFloat
            | CST_CHAR addTypeChar"'

'addTypeInt : '

'addTypeFloat : '

'addTypeChar : '

'addFuncToDir : '


"'hyperExpression : superExpression evaluateHyperExp opHyperExpression
```

```
                    | superExpression opMatrix
                    | superExpression evaluateHyperExp'''

'evaluateHyperExp : '

'''opHyperExpression : AND addOperator
                | OR addOperator'''

'''superExpression : exp evaluateSuperExp opSuperExpression exp evaluateSuperExp
                    | exp evaluateSuperExp'''

'''opSuperExpression : MAYOR_QUE addOperator
                     | MENOR_QUE addOperator
                     | MAYOR_IGUAL addOperator
                     | MENOR_IGUAL addOperator
                     | DIFERENTE_A addOperator
                     | IGUAL_A addOperator'''

'evaluateSuperExp : '

'''opMatrix : addOperator'''

'''exp : term evaluateTerm expFunction
       | term evaluateTerm '''
'evaluateTerm : '

'''expFunction : MAS addOperator exp
               | MENOS addOperator exp '''

'setVoidType : '


'''term : factor evaluateFactor termFunction
        | factor evaluateFactor'''

'evaluateFactor : '

'''termFunction : MULTIPLICA addOperator term
                | DIVIDE addOperator term '''

'addOperator : '



'''factor : LEFTPAR addFF hyperExpression RIGHTPAR removeFF
          | cst_primitive
          | module
```

```
            | ID dimArray'''


'addFF : '

'removeFF : '

'read : LEE LEFTPAR id_list RIGHTPAR PUNTOYCOMA'

'''id_list : ID dimArray addRead id_listFunction'''

'''id_listFunction : COMA id_list
                   | '''

'addRead : '

'''print : IMPRIME LEFTPAR printFunction RIGHTPAR PUNTOYCOMA

'''printFunction : print_param COMA printFunction2
                 | print_param '''

'printFunction2 : printFunction'

'''print_param : hyperExpression addPrint
               | CST_STRING addPrintString '''

'addPrintString : '

'addPrint : '

'module : ID checkFunctionExists generateERASize LEFTPAR moduleFunction nullParam RIGHTPAR
generateGosub'

'checkFunctionExists : '

'generateERASize : '

'nullParam : '

'generateGosub : '

'generateParam : '

'nextParam : '

'''dimArray : addOperandId addTypeId LEFTBRACK readIDType hyperExpression verifyRows RIGHTBRACK
dimMatrix
```

```
            | addOperandId addTypeId '''

'addOperandId : '

'addTypeId : '

'readIDType : '

'verifyRows : '

'''dimMatrix : LEFTBRACK hyperExpression verifyCols RIGHTBRACK
            | checkMatAsArray '''

'verifyCols : '

'checkMatAsArray : '

'''statement : return checkVoidType
            | if statement
            | comment statement
            | read statement
            | print statement
            | assignment statement
            | module PUNTOYCOMA statement
            | for statement
            | checkNonVoidType'''
'checkVoidType : '

'checkNonVoidType : '
```

Descripción de Generación de Código Intermedio y Análisis Semántico

Las operaciones se realizan mediante cuádruplos generados usando el formato que vimos en clase:

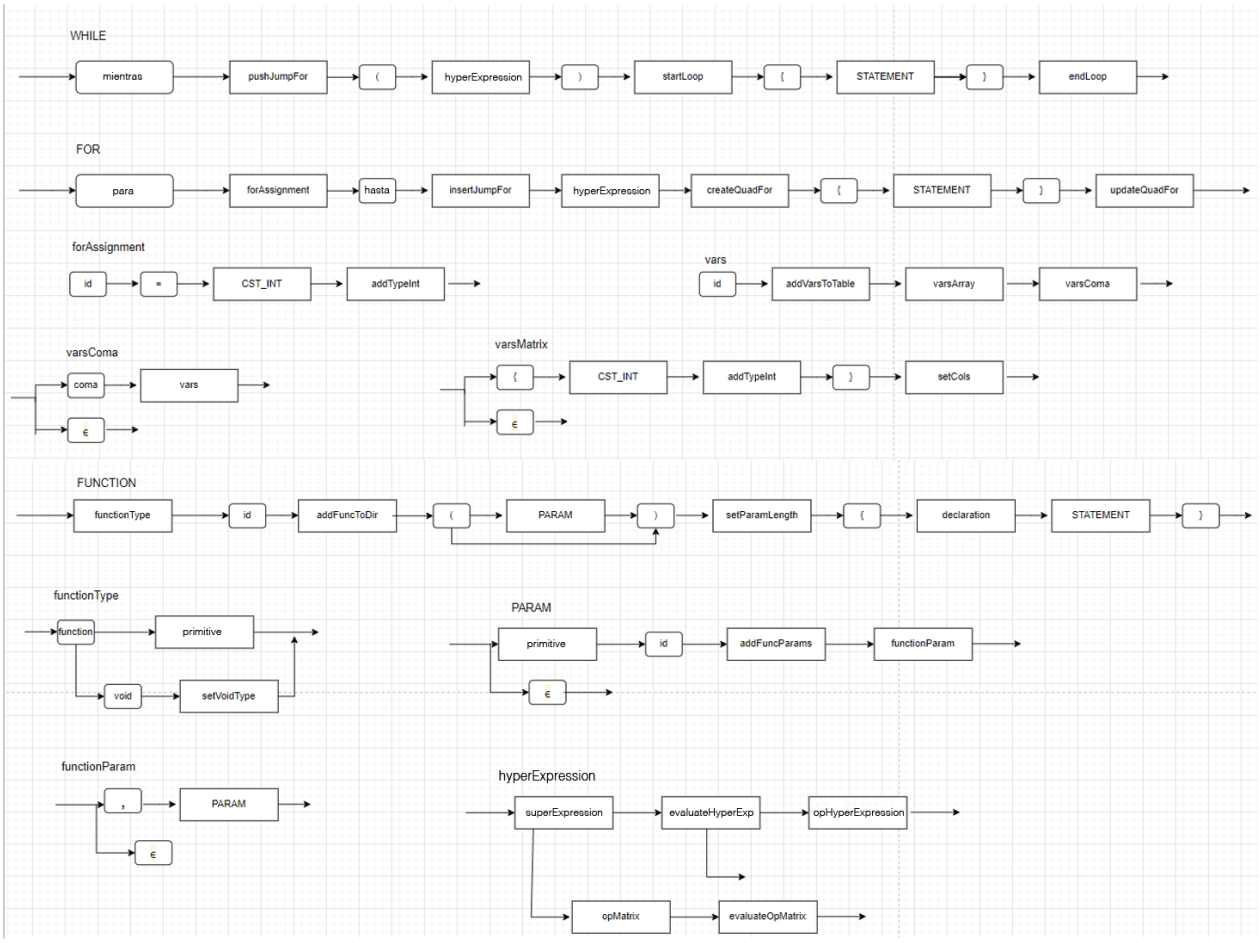
Cuadruplo = Qn (operador, operando_izquierdo, operando_derecho, resultado)

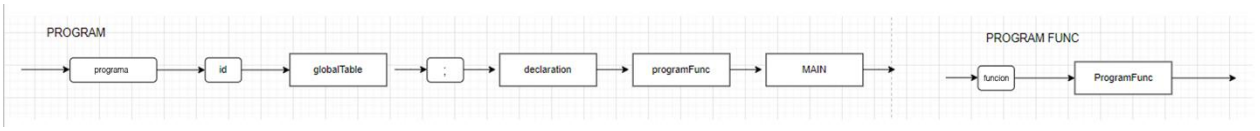
En este formato, el operador puede ser cualquier operador que se encuentre dentro del rango de operadores del lenguaje, sean lógicos o matemáticos, también algunos operadores especiales como el GOTO y GOTOF que se usan en ciclos y condiciones, así como operadores que se usan para el manejo de llamadas de módulos y cambio de contexto como GOSUB y ERA, y el VERIFICA para variables dimensionadas.

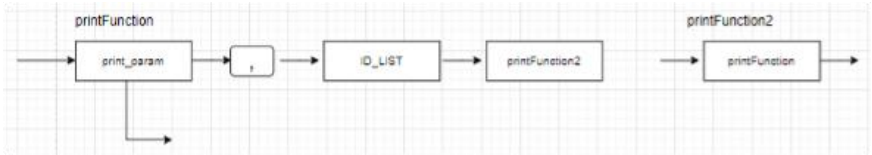
Los operandos y el resultado son “direcciones” de memoria dependiendo su rango de valores de dirección. Los valores de las direcciones para cada tipo de variable o constante se establecieron de la siguiente manera:

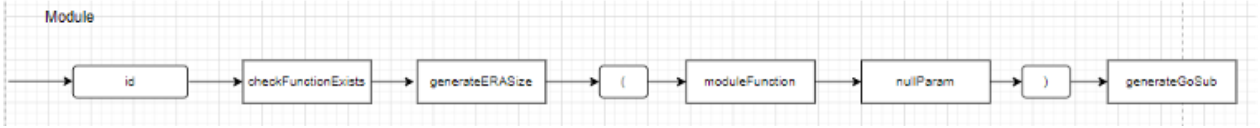
- Int global: 0-999
- Float global: 1000-1999
- Char global: 2000-2999
- Int local: 3000-3999
- Float local: 4000-4999
- Char local: 5000-5999
- Int temporal: 6000-6999
- Float temporal: 7000-7999
- Char temporal: 8000-8999
- Int constante: 9000-9999
- Float constante: 10000-10999
- Char constante: 11000-11999
- Temporal pointer: 12000-12999
- Void: 13000-13999

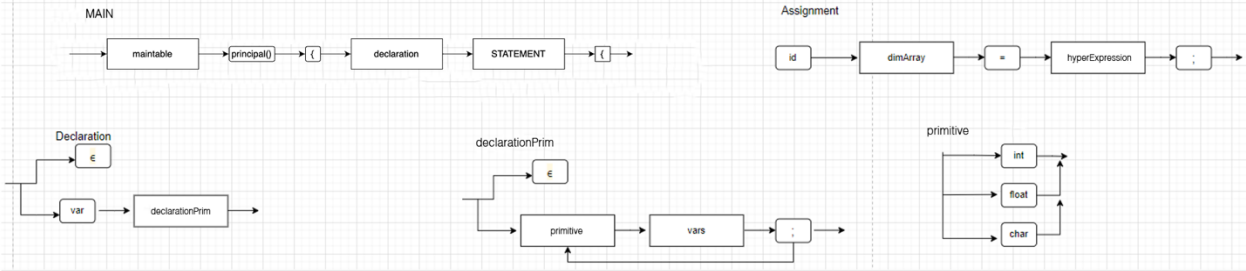
Diagramas de Sintáxis

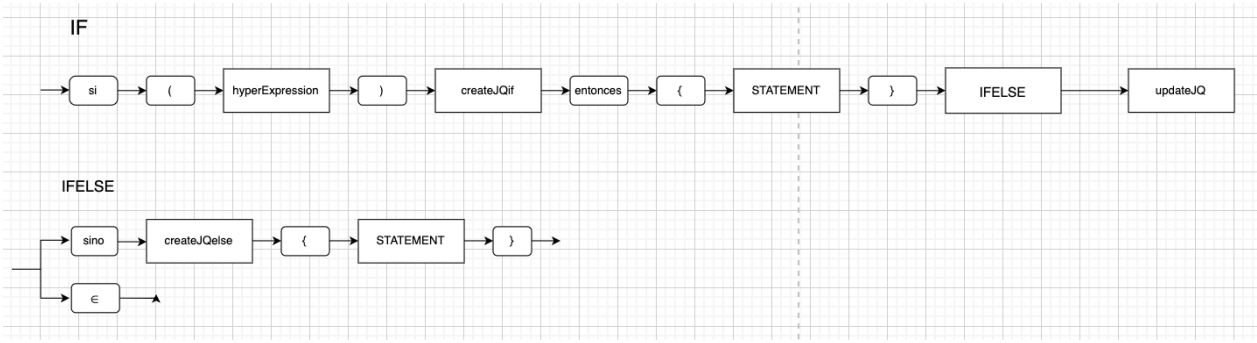

WHILE
mientras
pushJumpFor
(
hyperExpression
)
startLoop
{
STATEMENT
}
endLoop
FOR
para
forAssignment
hasta
insertJumpFor
hyperExpression
createQuadFor
{
STATEMENT
}
updateQuadFor
forAssignment
id
=
CST_INT
addTypeInt
vars
id
addVarsToTable
varsArray
varsComa
varsComa
coma
vars
ϵ
varsMatrix
{
CST_INT
addTypeInt
}
setCols
ϵ
FUNCTION
functionType
id
addFuncToDir
(
PARAM
)
setParamLength
{
declaration
STATEMENT
}
functionType
function
primitive
void
setVoidType
PARAM
primitive
id
addFuncParams
functionParam
ϵ
functionParam
,
PARAM
ϵ
hyperExpression
superExpression
evaluateHyperExp
opHyperExpression
opMatrix
evaluateOpMatrix

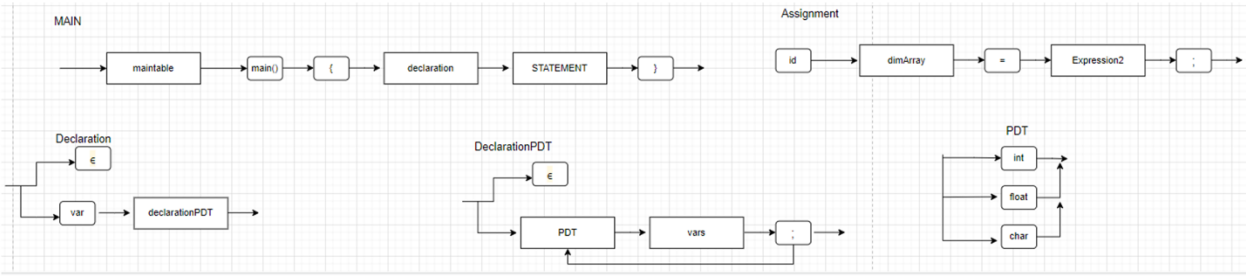

PROGRAM
programa
id
globalTable
;
declaration
programFunc
MAIN
PROGRAM FUNC
funcion
ProgramFunc

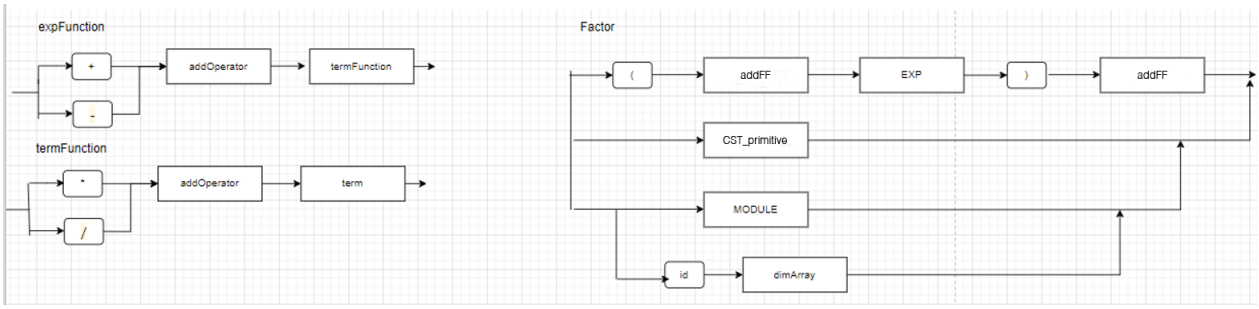

printFunction
print_param
,
ID_LIST
printFunction2
printFunction2
printFunction

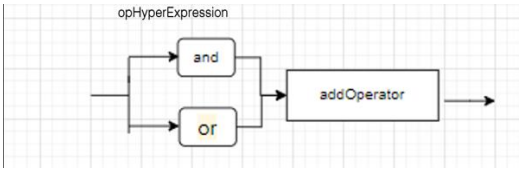

Module
id
checkFunctionExists
generateERASize
(
moduleFunction
nullParam
)
generateGoSub

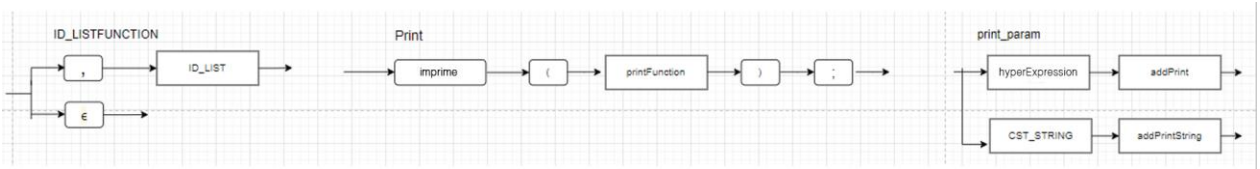

MAIN
maintable
principal()
{
declaration
STATEMENT
}
Assignment
id
dimArray
=
hyperExpression
;
Declaration
ϵ
var
declarationPrim
declarationPrim
ϵ
primitive
vars
;
primitive
int
float
char

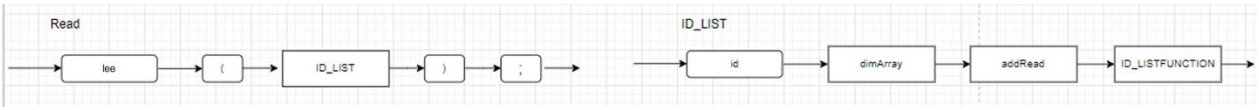

IF
si
(
hyperExpression
)
createJQif
entonces
{
STATEMENT
}
IFELSE
updateJQ
IFELSE
sino
createJQelse
{
STATEMENT
}
ϵ

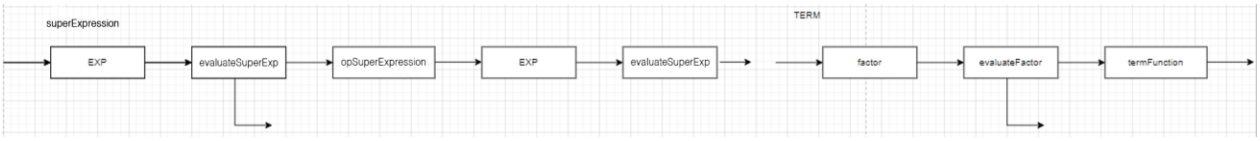

MAIN
maintable
main()
{
declaration
STATEMENT
}
Assignment
id
dimArray
=
Expression2
;
Declaration
ϵ
var
declarationPDT
DeclarationPDT
ϵ
PDT
vars
;
PDT
int
float
char

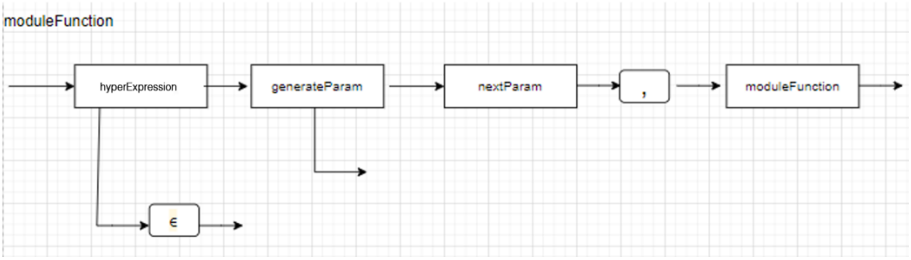

expFunction
+
-
addOperator
termFunction
termFunction
*
/
addOperator
term
Factor
(
addFF
EXP
)
addFF
CST_primitive
MODULE
id
dimArray

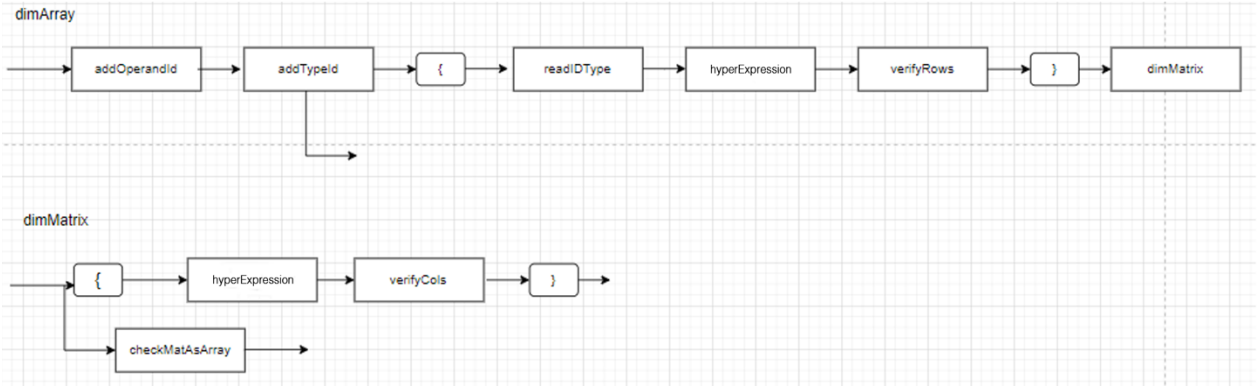

opHyperExpression
and
or
addOperator

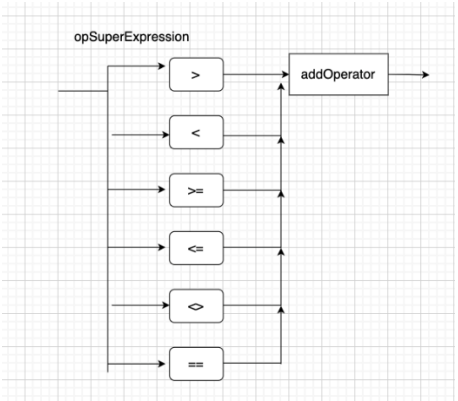

ID_LISTFUNCTION
,
ID_LIST
ϵ
Print
imprime
(
printFunction
)
;
print_param
hyperExpression
addPrint
CST_STRING
addPrintString

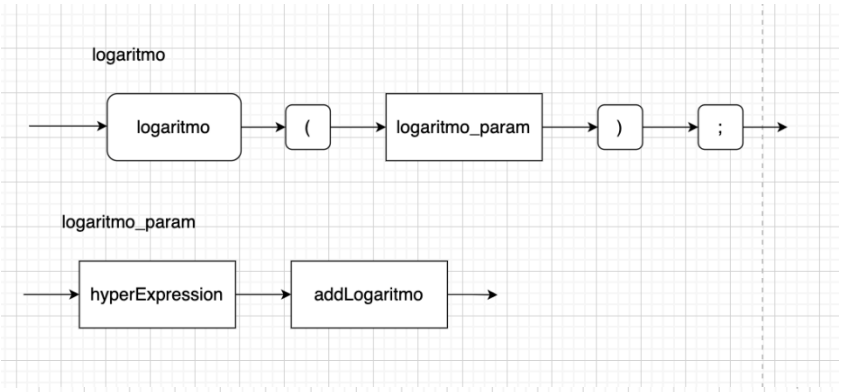

Read
lee
(
ID_LIST
)
;
ID_LIST
id
dimArray
addRead
ID_LISTFUNCTION

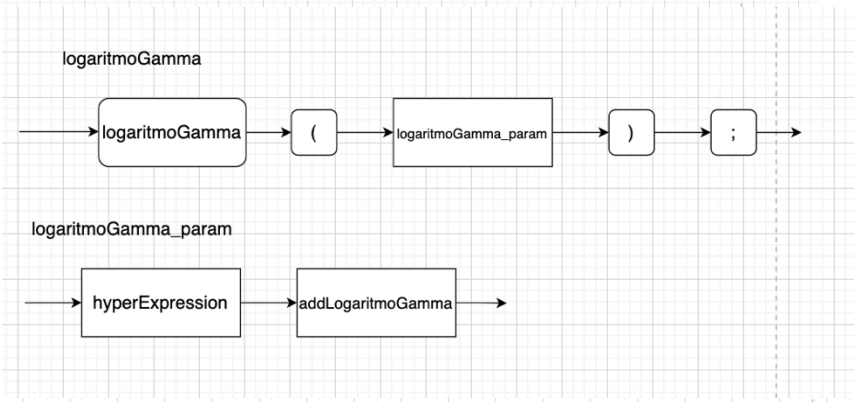

superExpression
EXP
evaluateSuperExp
opSuperExpression
EXP
evaluateSuperExp
TERM
factor
evaluateFactor
termFunction

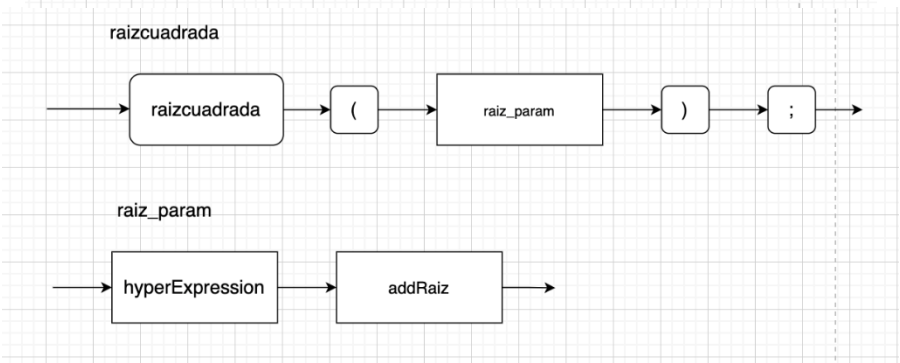

moduleFunction
hyperExpression
generateParam
nextParam
,
moduleFunction
ϵ

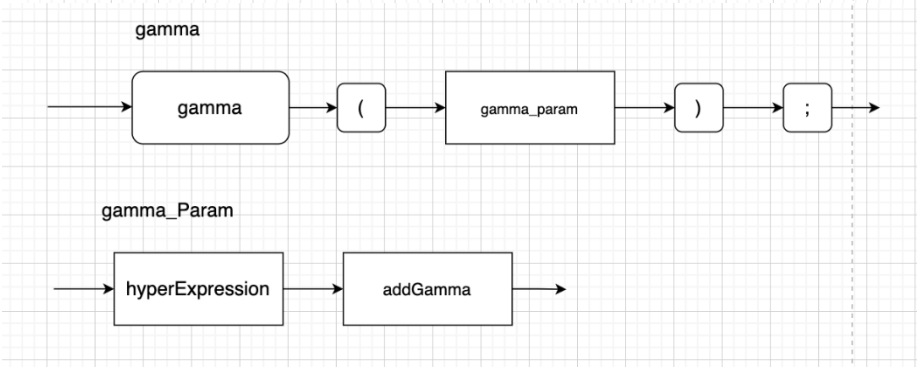

dimArray
addOperandId
addTypeId
{
readIDType
hyperExpression
verifyRows
}
dimMatrix
dimMatrix
{
hyperExpression
verifyCols
}
checkMatAsArray

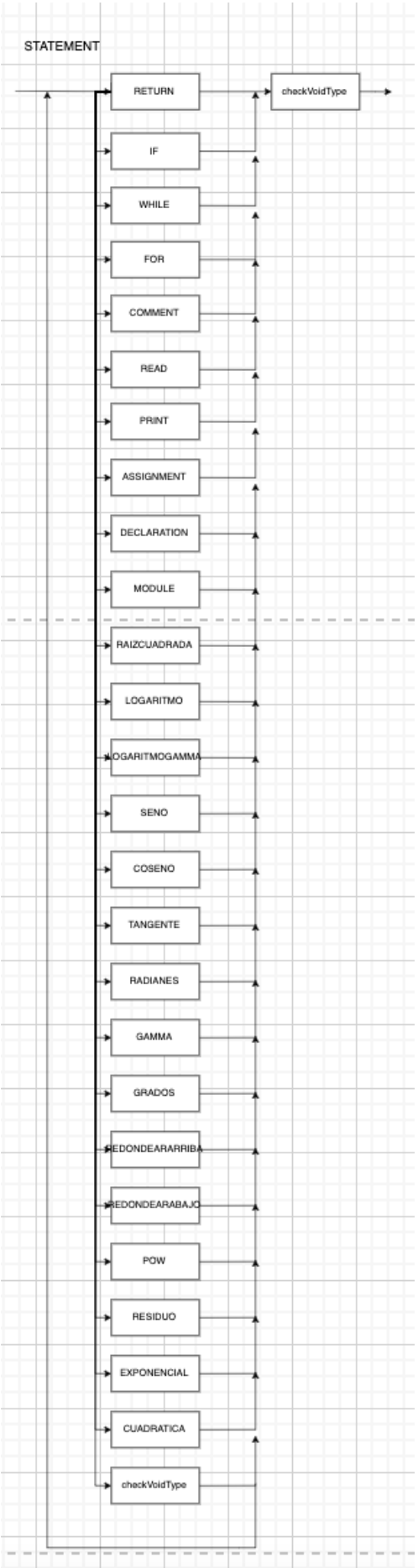

opSuperExpression
>
<
>=
<=
<>
==
addOperator

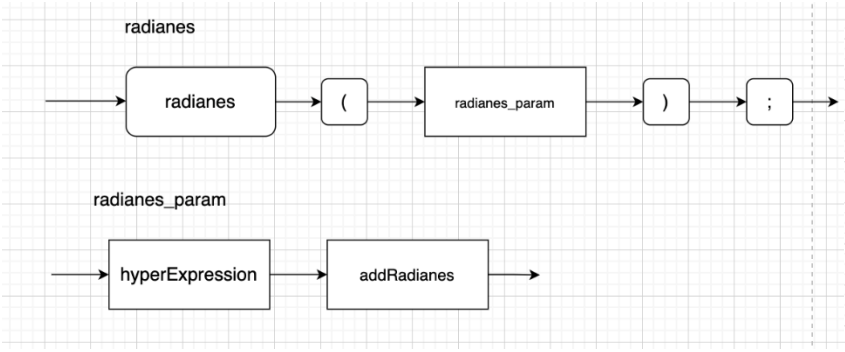

logaritmo
logaritmo
(
logaritmo_param
)
;
logaritmo_param
hyperExpression
addLogaritmo

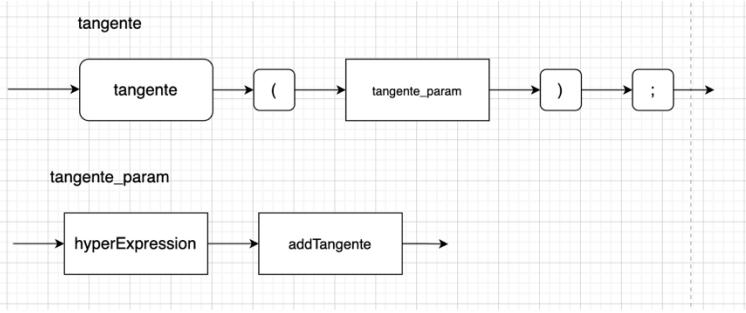

logaritmoGamma
logaritmoGamma
(
logaritmoGamma_param
)
;
logaritmoGamma_param
hyperExpression
addLogaritmoGamma

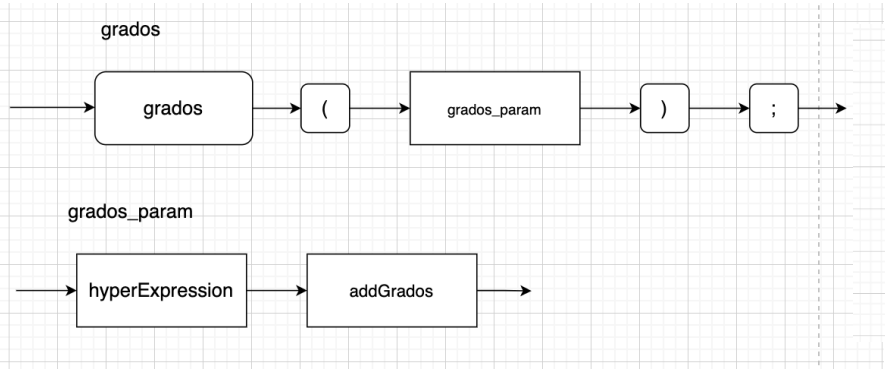

raizcuadrada
raizcuadrada
(
raiz_param
)
;
raiz_param
hyperExpression
addRaiz

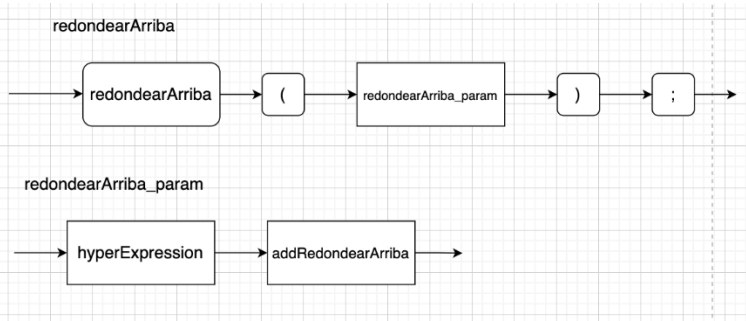

gamma
gamma
(
gamma_param
)
;
gamma_Param
hyperExpression
addGamma

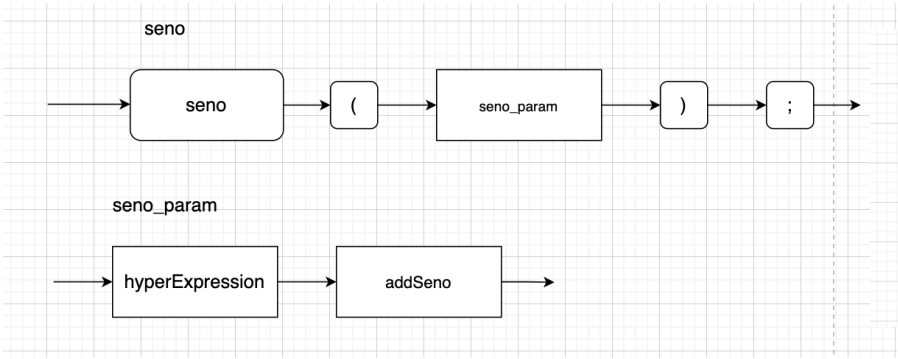

STATEMENT
RETURN
checkVoidType
IF
WHILE
FOR
COMMENT
READ
PRINT
ASSIGNMENT
DECLARATION
MODULE
RAIZCUADRADA
LOGARITMO
LOGARITMOGAMMA
SENO
COSENO
TANGENTE
RADIANES
GAMMA
GRADOS
REDONDEARARRIBA
REDONDEARABAJO
POW
RESIDUO
EXPONENCIAL
CUADRATICA
checkVoidType

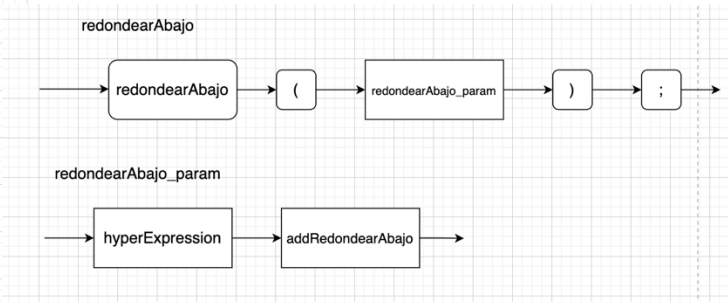

radianes
radianes
(
radianes_param
)
;
radianes_param
hyperExpression
addRadianes

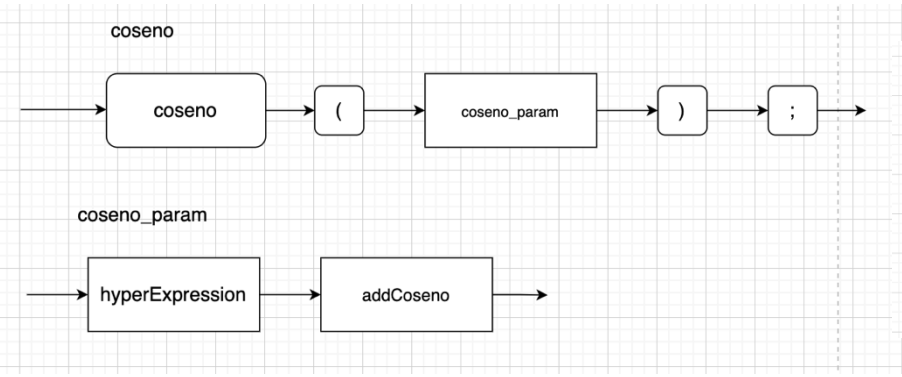

tangente
tangente
(
tangente_param
)
;
tangente_param
hyperExpression
addTangente

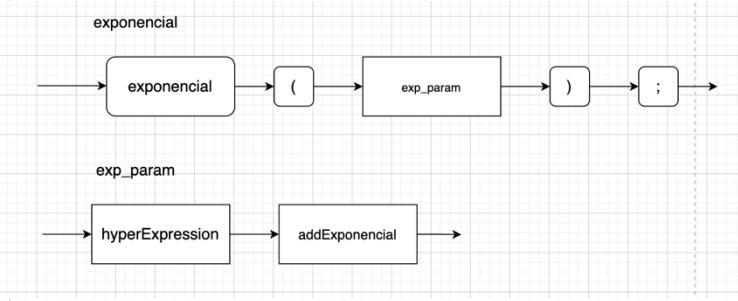

grados
grados
(
grados_param
)
;
grados_param
hyperExpression
addGrados

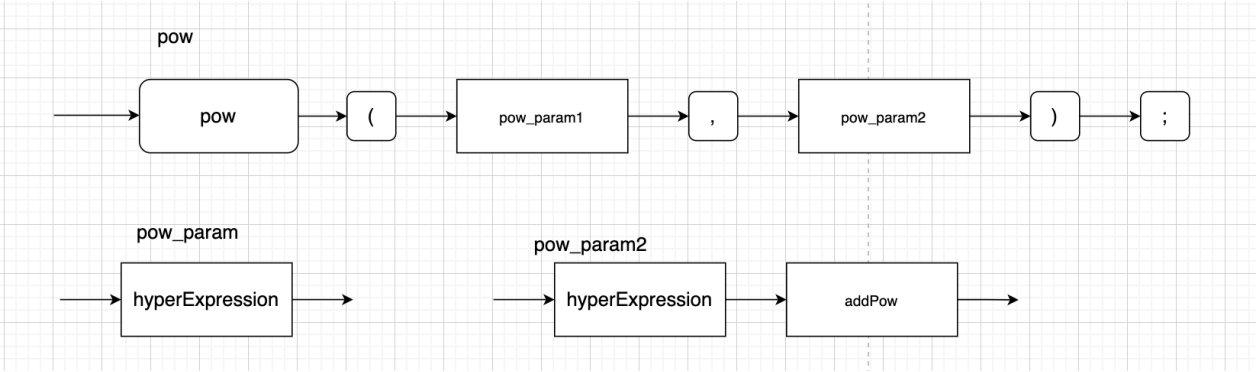

redondearArriba
redondearArriba
(
redondearArriba_param
)
;
redondearArriba_param
hyperExpression
addRedondearArriba

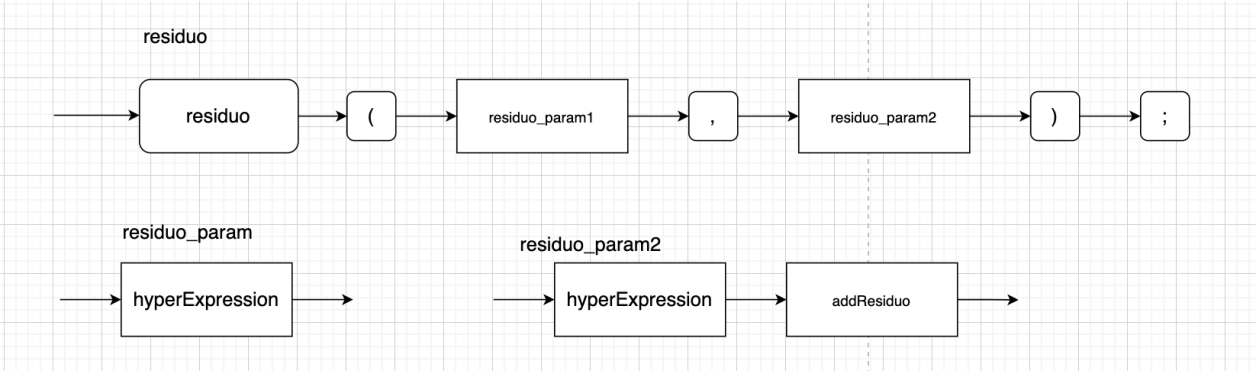

seno
seno
(
seno_param
)
;
seno_param
hyperExpression
addSeno

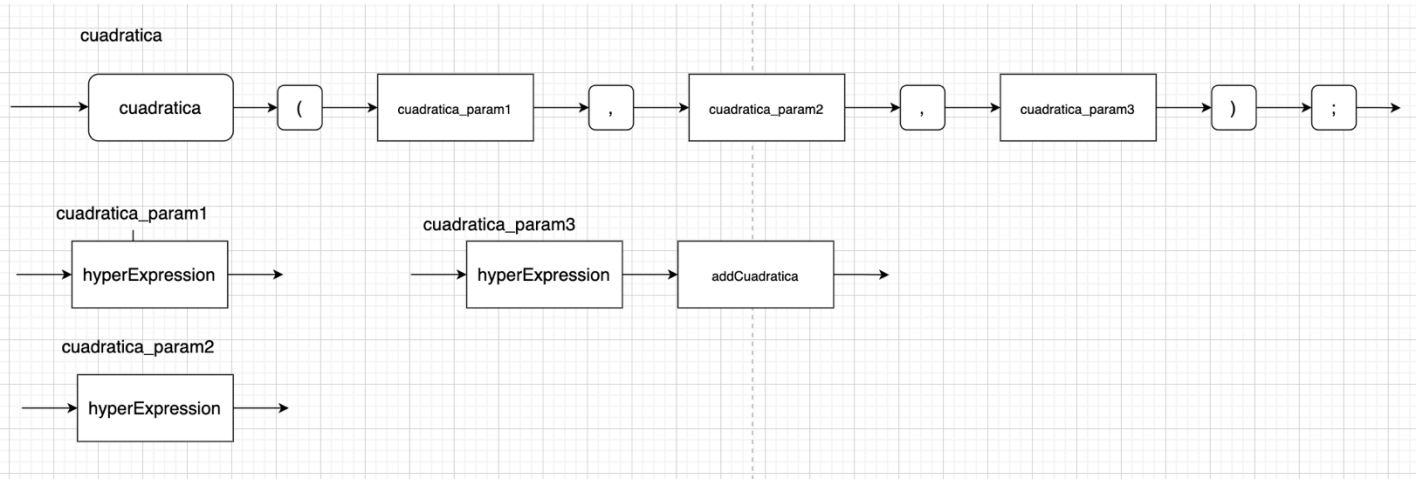

redondearAbajo
redondearAbajo
(
redondearAbajo_param
)
;
redondearAbajo_param
hyperExpression
addRedondearAbajo


coseno
coseno
(
coseno_param
)
;
coseno_param
hyperExpression
addCoseno


exponencial
exponencial
(
exp_param
)
;
exp_param
hyperExpression
addExponencial


pow
pow
(
pow_param1
,
pow_param2
)
;
pow_param
hyperExpression
pow_param2
hyperExpression
addPow


residuo
residuo
(
residuo_param1
,
residuo_param2
)
;
residuo_param
hyperExpression
residuo_param2
hyperExpression
addResiduo


cuadratica
cuadratica
(
cuadratica_param1
,
cuadratica_param2
,
cuadratica_param3
)
;
cuadratica_param1
hyperExpression
cuadratica_param3
hyperExpression
addCuadratica
cuadratica_param2
hyperExpression

Acciones semánticas

Nombre	Acción
globalTable	Inicializar programa y crear tabla de variables.
mainTable	Agregar main a varTable e inicializar propiedades de la función main. Actualizar el cuádruplo main para saltar al inicio del programa.
assignment	Generar cuádruplo en la varTable correspondiente.
declaration	Definir cuádruplo start para una función.
primitive	Cambiar el tipo actual por una declaración.
createJQif	Checar tipo y valor de expresión y generar cuádruplo de salto.
updateJQ	Actualizar cuádruplo de salto con el id del cuádruplo al que se va a saltar.
createJQelse	Crear cuádruplo de salto para estatuto else.
pushLoop	Hacer push al id del cuádruplo a la pila de saltos.
startLoop	Checar el tipo del resultado de la expresión, generar cuádruplo y hacer push al id a la pila de saltos.
endLoop	Generar cuádruplo una vez que el while termine y actualizar GOTOF con el id al final del cuádruplo del loop.
pushJumpFor	Push al id del cuádruplo al cual saltar saltar a la pila de saltos.
createQuadFor	Agregar GOTOF a cuádruplos.
updateQuadFor	Actualizar el cuádruplo GOTOF con el ID del cuádruplo al cual saltar para FOR.
forAssignment	Agregar iterador a la tabla de constantes y crear variable iterativa.
addVarsToTable	Agrega ID actual y su tipo a la tabla de variables.
varsArray	Sólo para declaración de arreglos, guarda la dirección base en las constantes de la tabla de variables.
setRows	Definir la cantidad de filas de una variable dimensionada.
setCols	Definir la cantidad de columnas de una variable dimensionada.

function	Crea cuádruplo ENDFUNC y define tabla de variable local.
addFuncToDir	Verificar tipo de función e insertar función en el directorio de funciones con tipo, tabla de variables y parámetros.
setVoidType	Definir tipo actual de función como Void.
addFuncParams	Agregar una lista de tipos de parámetros al scope de la función.
setParamLength	Definir la cantidad de parámetros en la función.
addTypeInt	Guardar int en tabla de constantes y hacer push al operando a la pila de operandos.
addTypeFloat	Guardar Float en tabla de constantes y hacer push al operando a la pila de operandos.
addTypeChar	Guardar Char en tabla de constantes y hacer push al operando a la pila de operandos.
evaluateHyperExp	Evalúa operador y operandos de expresiones booleanas del tipo AND y OR.
evaluateSuperexp	Evalúa operador y operandos de expresiones booleanas del tipo >, <, ==, <>, <= y >=.
evaluateTerm	Evalúa operador y operandos del tipo + y – para variables y variables dimensionadas.
evaluateFactor	Evalúa operadores y operandos del tipo * y / para variables y variables dimensionadas (en dimensionadas solo *)
addOperator	Hace push a un operador read a la pila de operadores.
addFF	Hace push a un paréntesis al stack de operadores como fondo falso.
removeFF	Hace pop a al paréntesis del stack de operadores.
addRead	Genera un cuádruplo READ y le hace push a la lista de cuádruplos.
addPrint	Genera un cuádruplo PRINT y le hace push a la lista de cuádruplos.
addPrintString	Lee un string y lo guarda en la tabla de constantes para después ser impreso por el operador PRINT.

checkVoidType	Lanza un error si hay un REGRESAen una función Void.
checkNonVoidType	Lanza un error si no hay REGRESA en una función que NO es Void.
checkFunctionExists	Verifica que una función existe en el directorio de funciones y le hace push al operador del módulo a la pila de operadores.
generateERASize	Crea el cuádruplo ERA con la dirección de la función que será llamada.
nullParam	Lanza un error si falta un parámetro en la llamada de una función.
generateGoSub	Genera el cuádruplo GoSub con la dirección de la función a llamar y guarda el resultado en una dirección temporal si NO es void.
generateParam	Genera el cuádruplo PARAM con el operando que está siendo leído.
nextParam	Suma 1 al iterador de param.
dimArray	Hace pop al id y scope de la matriz o arreglo a usar.
addOpperandId	Hace push al id del arreglo a la pila de ID de arreglos y el scope a la pila de scope.
AddTypeID	Hace push a los tipos de la matriz a la pila de tipos.
readIDType	Checa tipos y operandos y lanza error si hay un mismatch.
verifyRows	Genera el cuádruplo Verify del índice que está siendo usado para ver si está dentro del rango correcto de número de filas.
dimMatrix	Genera el cuádruplo para sumar la dirección base y la constante del índice que está siendo usada para accesar al espacio de memoria correcto.
verifyCols	Genera el cuádruplo verify del segundo índice que está siendo usado para ver si está dentro del rango correcto del número de filas.
checkMatAsArray	Lanza un error si sólo se está usando un índice en una Matriz.
addLogaritmo	Genera cuádruplo logaritmo y lo mete a la lista de cuádruplos.
addLogaritmoGamma	Genera cuádruplo logaritmoGamma y lo mete a la lista de cuádruplos.

addRaiz	Genera cuádruplo raizcuadrada y lo mete a la lista de cuádruplos.
addGamma	Genera cuádruplo gamma y lo mete a la lista de cuádruplos.
addRadianes	Genera cuádruplo radianes y lo mete a la lista de cuádruplos.
addGrados	Genera cuádruplo grados y lo mete a la lista de cuádruplos.
addSeno	Genera cuádruplo seno y lo mete a la lista de cuádruplos.
addCoseno	Genera cuádruplo coseno y lo mete a la lista de cuádruplos.
addTangente	Genera cuádruplo tangente y lo mete a la lista de cuádruplos.
addRedondearArriba	Genera cuádruplo redondearArriba y lo mete a la lista de cuádruplos.
addRedondearAbajo	Genera cuádruplo redondearAbajo y lo mete a la lista de cuádruplos.
addExponencial	Genera cuádruplo exponencial y lo mete a la lista de cuádruplos.
addPow	Genera cuádruplo pow y lo mete a la lista de cuádruplos.
addResiduo	Genera cuádruplo residuo y lo mete a la lista de cuádruplos.
addCuadratica	Genera cuádruplo cuadratica y lo mete a la lista de cuádruplos.

Tablas de Consideraciones Semánticas

Suma, Resta y Multiplicación

+, -, *	**int**	**float**	**char**
int	int	float	ERROR
float	float	float	ERROR
char	ERROR	ERROR	ERROR

Menor que, Igual que, Mayor o Igual, Menor o Igual

< , >, <=, >=	**int**	**float**	**char**
int	int	int	ERROR
float	int	int	ERROR
char	ERROR	ERROR	ERROR

División

/	int	float	char
int	float	float	ERROR
float	float	float	ERROR
char	ERROR	ERROR	ERROR

Diferente a, igual a

<>, ==	int	float	char
int	int	int	ERROR
float	int	int	ERROR
char	ERROR	ERROR	int

And, Or

Los operadores & y | funcionan igual que en Python, donde el valor del operando izquierdo se toma en una operación OR , y el valor del operador derecho se toma en una operación AND (por ejemplo, la operación "x" | 1 da "x", mientras que la operación “x” & 1 da 1, sin embargo, si hay un 0, que es falso, en el lado izquierdo de una operación OR se obtendrá el lado derecho, y si tiene un 0 en el lado derecho de una operación AND, se obtendrá un 0.

Descripción de Administración de Memoria en Compilación

En compilación, se depende en gran parte de la estructura de datos “Dictionary” de Python para guardar toda la información de las variables y funciones. Esta estructura se usa para almacenar grupos de objetos. Consiste en un mapeo de pares clave-valor, donde cada clave está asociada a un valor. Puede contener datos con tipos de datos iguales o diferentes, no está ordenado y es mutable.

```
# Ejemplo de dirFunc

    "global":
        "type": "void"
        "vars": variableTable["global"] -> "i":
                                                "type": "int"
                                                "value": 1
                                                "address": 0



    "main":
        "type": "void",
        "vars": variableTable["main"] -> "c":
                                                "type": "char"
                                                "value": "y"
                                                "address": 2000



    "funcion_uno":
        "type": "int",
        "params": Queue[int, int, float]
        "paramsLength": len(params)
        "vars": variableTable["funcion_uno"] -> "x":
                                               "type": "int"
                                               "value": 1
                                               “address”: 5000
```

Se usan nombres de funciones o scopes como claves en la hashtable del directorio de funciones.

Por ejemplo, “funcion_uno”, functionDir[“funcion_uno”] nos indica que es una función de tipo int y que cuenta con 3 parámetros de tipo int, int y float.

Si accedemos a functionDir[“funcion_uno”][“vars”], obtendríamos la tabla de variables de esta función, que es una referencia a la tabla de variables de la función y contiene todas las variables con sus respectivas direcciones y tipos, las cuales se asignan durante el proceso de compilación.

En variableTable[“constants”], se guardan las constantes identificadas en el proceso de parseo. Las claves son los valores en sí y almacenan sus direcciones. Por ejemplo, variableTable[“constants”][“x”] tendría la dirección 11000, que es para chars constantes.

Como ya se había mencionado, la estructura para los cuádruplos es la siguiente:

(operador, operando_izquierdo, operando_derecho, resultado)

Estos se construyen utilizando el constructor de clases “Quadruple” y después se almacenan en una clase “Quadruples” que almacena todos estos objetos “Quadruple”.

Descripción de la Máquina Virtual

Equipo de cómputo, lenguaje y utilerías especiales usadas

Marca: HP

Modelo: 16-c0011dx

Sistema Operativo: Windows 11 Home

Lenguaje utilizado: Python 3.10

Analizador Léxico y Sintáctico: PLY

Descripción del proceso de Administración de Memoria en ejecución

Durante la ejecución, se depende de una clase “Memory” que tiene una lista de variables de tipo int, float y char.

```
class Memory:
    def __init__(self):
        self.ints = []
        self.floats = []
        self.chars = []
```

La máquina virtual inicializa una memoria global, una local y otra temporal usando el constructor de la clase “Memory”.

```
#Inicializa una memoria global
globalMem = Memory()
#Inicializa una memoria local
localMem = Memory()
#Inicializa una memoria temporal
tempMem = Memory()
```

El resultado de esto es un objeto de memoria global, memoria local y memoria temporal, cada uno de estos objetos tendrá una lista de int, float y char. También hacemos uso de la tabla de constantes obtenida durante la compilación, aunque invertimos las claves con las direcciones dentro de ellas para tener en su lugar las direcciones como clave y usar esas direcciones para obtener el valor real de la constante, ya que lo que recibimos con los cuádruplos son las direcciones, no los valores como tal:

```
Q0 GOTO _ _ 1
Q1 = 9000 _ 3001
Q2 lee _ _ 3002
Q3 = 9000 _ 3000
Q4 <= 3000 3002 6000
Q5 GOTOF 6000 _ 9
Q6 * 3001 3000 6001
Q7 = 6001 _ 3001
Q8 GOTOFOR _ _ 4
Q9 imprime _ _ 3001
```

La máquina virtual va leyendo los cuádruplos y dependiendo del operador es la instrucción que ejecuta, por ejemplo, en la imágen de arriba en el cuádruplo 6 se tiene un * como operador por lo que al llegar a ese cuádruplo pasará a ejecutar la instrucción de multiplica.

```
elif quad.operator == "*":
    return multiplica(quad)
```

```
#Instruccion para multiplicar
def multiplica(quad):
    #Se divide la direccion entre 1000
    res_address = quad.result // 1000
    # Si operando izquierdo es apuntador a espacio de arreglo (direcciones 12000-12999)
    if quad.left_operand >= 12000:
        lOp = getValueFromAddress(getValueFromAddress(quad.left_operand))
    #Si operando izquierdo tiene otra direccion
    else:
        #Saca el valor del operando izquierdo
        lOp = getValueFromAddress(quad.left_operand)
     # Si operando derecho es apuntador a espacio de arreglo (direcciones 12000-12999)
    if quad.right_operand >= 12000:
        rOp = getValueFromAddress(getValueFromAddress(quad.right_operand))
    #Si operando derecho tiene otra direccion
    else:
        #Saca el valor del operando derecho
        rOp = getValueFromAddress(quad.right_operand)
    #Multiplicar operando izquierdo por operando derecho y asignar a result
    result = lOp * rOp
    #Si la direccion de res_address esta entre 6000-6999, es Int temporal, guardar int en memoria temporal
    if res_address == 6:
        tempMem.insertInt(result, quad.result)
    #Si la direccion de res_address esta entre 7000-7999, es Float temporal, guardar float en memoria temporal
    elif res_address == 7:
        tempMem.insertFloat(result, quad.result)
```

Lo que hace este fragmento de código es sacar los valores de los operandos izquierdo y derecho utilizando las direcciones de “memoria” que el cuádruplo contiene, los multiplica y “guarda” el resultado en la dirección de “memoria” temporal que viene en el cuádruplo como resultado.

Pruebas de Funcionamiento del Lenguaje

Factorial Cíclico	Cuádruplos	Output

programa factorialCic;
 	
principal() {
  var int c, resultado, num;
  resultado = 1;
  lee(num);
  para c = 1 hasta c <= num {
  resultado = resultado * c;
  }
  imprime(resultado);
}
 	
Input: 7
	Q0 GOTO _ _ 1
	Q1 = 9000 _ 3001
	Q2 lee _ _ 3002
	Q3 = 9000 _ 3000
	Q4 <= 3000 3002 6000
	Q5 GOTOF 6000 _ 9
	Q6 * 3001 3000 6001
	Q7 = 6001 _ 3001
	Q8 GOTOFOR _ _ 4
	Q9 imprime _ _ 3001
		5040

Factorial Recursivo	Cuádruplos	Output

programa factorialRec;
 	
funcion int factorial(int x) {
  si (x > 1) entonces {
  regresa(x * factorial(x - 1));
  }
  regresa(1);
}
 	
principal() {
  var int x, y;
  lee(y);
  x = factorial(y);
  imprime(x);
}
 	
Input: 6
	Q1 > 3000 9000 6000
	Q2 GOTOF 6000 _ 10
	Q3 ERA 0 _ _
	Q4 - 3000 9000 6001
	Q5 PARAM 6001 _ 3000
	Q6 GOSUB 0 _ 1
	Q7 = 0 _ 6002
	Q8 * 3000 6002 6003
	Q9 REGRESA _ _ 6003
	Q10 REGRESA _ _ 9000
	Q11 ENDFUNC _ _ _
	Q12 lee _ _ 3001
	Q13 ERA 0 _ _
	Q14 PARAM 3001 _ 3000
	Q15 GOSUB 0 _ 1
	Q16 = 0 _ 6003
	Q17 = 6003 _ 3000
	Q18 imprime _ _ 3000
		720

Fibonacci Cíclico	Cuádruplos	Output

programa fibonacciCic;
 	
principal() {
  var int nTermino, primero, segundo, resultado, x;
  primero= 0;
  segundo= 1;
  imprime("Inserta numero: ");
  lee(nTermino);
 	
  para x = 2 hasta x <= nTermino {
  resultado = primero + segundo;
  primero = segundo;
  segundo = resultado;
  }
 	
  imprime(resultado);
}
 	
Input: 8
	Q0 GOTO _ _ 1
	Q1 = 9000 _ 3001
	Q2 = 9001 _ 3002
	Q3 imprime _ _ 11000
	Q4 lee _ _ 3000
	Q5 = 9002 _ 3004
	Q6 <= 3004 3000 6000
	Q7 GOTOF 6000 _ 13
	Q8 + 3001 3002 6001
	Q9 = 6001 _ 3003
	Q10 = 3002 _ 3001
	Q11 = 3003 _ 3002
	Q12 GOTOFOR _ _ 6
	Q13 imprime _ _ 3003
		21

Fibonacci Recursivo	Cuádruplos	Output

programa fibonacciRecursivo;
 	
funcion int fibonacci(int n) {
  var int a,b;
  si(n <= 1) entonces {
  regresa(n);
  }
  a = fibonacci(n-1);
  b = fibonacci(n-2);
  regresa(a+b);
}
 	
principal() {
  var int x;
  imprime("Valor de x: ");
  lee(x);
  imprime(fibonacci(fibonacci(x)));
}
 	
Input: 4
	Q0 GOTO _ _ 19
	Q1 <= 3000 9000 6000
	Q2 GOTOF 6000 _ 4
	Q3 REGRESA _ _ 3000
	Q4 ERA 0 _ _
	Q5 - 3000 9000 6001
	Q6 PARAM 6001 _ 3000
	Q7 GOSUB 0 _ 1
	Q8 = 0 _ 6002
	Q9 = 6002 _ 3001
	Q10 ERA 0 _ _
	Q11 - 3000 9001 6003
	Q12 PARAM 6003 _ 3000
	Q13 GOSUB 0 _ 1
	Q14 = 0 _ 6004
	Q15 = 6004 _ 3002
	Q16 + 3001 3002 6005
	Q17 REGRESA _ _ 6005
	Q18 ENDFUNC _ _ _
	Q19 imprime _ _ 11000
	Q20 lee _ _ 3000
	Q21 ERA 0 _ _
	Q22 ERA 0 _ _
	Q23 PARAM 3000 _ 3000
	Q24 GOSUB 0 _ 1
	Q25 = 0 _ 6006
	Q26 PARAM 6006 _ 3000
	Q27 GOSUB 0 _ 1
	Q28 = 0 _ 6007
	Q29 imprime _ _ 6007
		2
		(el ejemplo saca fibonacci del fibonacci)

Ordenamiento Burbuja (bubble sort)	Cuádruplos	Output

programa bubbleSort;
var int arreglo[5];
 	
principal() {
  var int i, x, aux ;
  x = 0;
  i = 0;
  aux = 0;
 	
  //asignar arreglo
  arreglo[0] = 5;
  arreglo[1] = 9;
  arreglo[2] = 14;
  arreglo[3] = 8;
  arreglo[4] = 0;
 	
  para i = 0 hasta i <= 4 {
  para x = 0 hasta x <= 3 {
  si (arreglo[i] < arreglo[x])
entonces {
  aux = arreglo[i];
  arreglo[i] = arreglo[x];
  arreglo[x] = aux;
  }
  }
  }
 	
  para i = 0 hasta i <= 4 {
  imprime(arreglo[i]);
  }
}
	Q0 GOTO _ _ 1
	Q1 = 9002 _ 3001
	Q2 = 9002 _ 3000
	Q3 = 9002 _ 3002
	Q4 VERIFICA 9002 0 4
	Q5 + 9001 9002 12000
	Q6 = 9000 _ 12000
	Q7 VERIFICA 9003 0 4
	Q8 + 9001 9003 12001
	Q9 = 9004 _ 12001
	Q10 VERIFICA 9005 0 4
	Q11 + 9001 9005 12002
	Q12 = 9006 _ 12002
	Q13 VERIFICA 9007 0 4
	Q14 + 9001 9007 12003
	Q15 = 9008 _ 12003
	Q16 VERIFICA 9009 0 4
	Q17 + 9001 9009 12004
	Q18 = 9002 _ 12004
	Q19 = 9002 _ 3000
	Q20 <= 3000 9009 6000
	Q21 GOTOF 6000 _ 44
	Q22 = 9002 _ 3001
	Q23 <= 3001 9007 6001
	Q24 GOTOF 6001 _ 43
	Q25 VERIFICA 3000 0 4
	Q26 + 9001 3000 12005
	Q27 VERIFICA 3001 0 4
	Q28 + 9001 3001 12006
	Q29 < 12005 12006 6002
	Q30 GOTOF 6002 _ 42
	Q31 VERIFICA 3000 0 4
	Q32 + 9001 3000 12007
	Q33 = 12007 _ 3002
	Q34 VERIFICA 3000 0 4
	Q35 + 9001 3000 12008
	Q36 VERIFICA 3001 0 4
	Q37 + 9001 3001 12009
	Q38 = 12009 _ 12008
	Q39 VERIFICA 3001 0 4
	Q40 + 9001 3001 12010
	Q41 = 3002 _ 12010
	Q42 GOTOFOR _ _ 23
	Q43 GOTOFOR _ _ 20
	Q44 = 9002 _ 3000
	Q45 <= 3000 9009 6003
	Q46 GOTOF 6003 _ 51
	Q47 VERIFICA 3000 0 4
	Q48 + 9001 3000 12011
	Q49 imprime _ _ 12011
	Q50 GOTOFOR _ _ 45
		0
		5
		8
		9
		14

Búsqueda en Arreglo	Cuádruplos	Output

programa busquedaArreglo;
var int arreglo[6];
funcion int find(int i, int j) {
si (j < 0) entonces {
regresa(0-1);
}
 	
si (arreglo[j] == i) entonces {
regresa(j);
}
 	
regresa(find(i, j - 1));
}
 	
principal() {
var int resultado,x;
 	
arreglo[0] = 4;
arreglo[1] = 9;
arreglo[2] = 10;
arreglo[3] = 3;
arreglo[4] = 8;
arreglo[5] = 6;
imprime("Teclea el valor a buscar: ");
lee(x);
resultado = find(x, 5);
si(resultado < 0) entonces{
imprime("Valor no encontrado");
}
sino{
imprime(resultado);
}
}
 	
Input: 8
	Q0 GOTO _ _ 18
	Q1 < 3001 9002 6000
	Q2 GOTOF 6000 _ 5
	Q3 - 9002 9003 6001
	Q4 REGRESA _ _ 6001
	Q5 VERIFICA 3001 0 5
	Q6 + 9001 3001 12000
	Q7 == 12000 3000 6002
	Q8 GOTOF 6002 _ 10
	Q9 REGRESA _ _ 3001
	Q10 ERA 6 _ _
	Q11 PARAM 3000 _ 3000
	Q12 - 3001 9003 6003
	Q13 PARAM 6003 _ 3001
	Q14 GOSUB 6 _ 1
	Q15 = 6 _ 6004
	Q16 REGRESA _ _ 6004
	Q17 ENDFUNC _ _ _
	Q18 VERIFICA 9002 0 5
	Q19 + 9001 9002 12001
	Q20 = 9004 _ 12001
	Q21 VERIFICA 9003 0 5
	Q22 + 9001 9003 12002
	Q23 = 9005 _ 12002
	Q24 VERIFICA 9006 0 5
	Q25 + 9001 9006 12003
	Q26 = 9007 _ 12003
	Q27 VERIFICA 9008 0 5
	Q28 + 9001 9008 12004
	Q29 = 9008 _ 12004
	Q30 VERIFICA 9004 0 5
	Q31 + 9001 9004 12005
	Q32 = 9009 _ 12005
	Q33 VERIFICA 9010 0 5
	Q34 + 9001 9010 12006
	Q35 = 9000 _ 12006
	Q36 imprime _ _ 11000
	Q37 lee _ _ 3001
	Q38 ERA 6 _ _
	Q39 PARAM 3001 _ 3000
	Q40 PARAM 9010 _ 3001
	Q41 GOSUB 6 _ 1
	Q42 = 6 _ 6005
	Q43 = 6005 _ 3000
	Q44 < 3000 9002 6006
	Q45 GOTOF 6006 _ 48
	Q46 imprime _ _ 11001
	Q47 GOTO _ _ 49
	Q48 imprime _ _ 3000
		4

Multiplicación de Matrices	Cuádruplos	Output

programa multiplicacionMatrices;
 	
principal() {
  var int matriz1[3][2], matriz2[2][3], resultado[3][3], i, j;
  matriz1[0][0] = 1;
  matriz1[0][1] = 2;
  matriz1[1][0] = 3;
  matriz1[1][1] = 4;
  matriz1[2][0] = 5;
  matriz1[2][1] = 6;
  matriz2[0][0] = 1;
  matriz2[0][1] = 2;
  matriz2[0][2] = 3;
  matriz2[1][0] = 3;
  matriz2[1][1] = 4;
  matriz2[1][2] = 5;
  resultado = matriz1 * matriz2;
para j = 0 hasta j < 3 {
  para i = 0 hasta i < 3 {
  imprime(resultado[i][j]);
  }
  }
}
	Q0 GOTO _ _ 1
	Q1 VERIFICA 9005 3000 3002
	Q2 * 9005 9000 6000
	Q3 + 6000 9005 6001
	Q4 VERIFICA 6001 3000 3005
	Q5 + 9002 6001 12000
	Q6 = 9006 _ 12000
	Q7 VERIFICA 9005 3000 3002
	Q8 * 9006 9000 6002
	Q9 + 6002 9005 6003
	Q10 VERIFICA 6003 3000 3005
	Q11 + 9002 6003 12001
	Q12 = 9001 _ 12001
	Q13 VERIFICA 9006 3000 3002
	Q14 * 9005 9000 6004
	Q15 + 6004 9006 6005
	Q16 VERIFICA 6005 3000 3005
	Q17 + 9002 6005 12002
	Q18 = 9000 _ 12002
	Q19 VERIFICA 9006 3000 3002
	Q20 * 9006 9000 6006
	Q21 + 6006 9006 6007
	Q22 VERIFICA 6007 3000 3005
	Q23 + 9002 6007 12003
	Q24 = 9007 _ 12003
	Q25 VERIFICA 9001 3000 3002
	Q26 * 9005 9000 6008
	Q27 + 6008 9001 6009
	Q28 VERIFICA 6009 3000 3005
	Q29 + 9002 6009 12004
	Q30 = 9008 _ 12004
	Q31 VERIFICA 9001 3000 3002
	Q32 * 9006 9000 6010
	Q33 + 6010 9001 6011
	Q34 VERIFICA 6011 3000 3005
	Q35 + 9002 6011 12005
	Q36 = 9009 _ 12005
	Q37 VERIFICA 9005 3006 3007
	Q38 * 9005 9001 6012
	Q39 + 6012 9005 6013
	Q40 VERIFICA 6013 3006 3011
	Q41 + 9003 6013 12006
	Q42 = 9006 _ 12006
	Q43 VERIFICA 9005 3006 3007
	Q44 * 9006 9001 6014
	Q45 + 6014 9005 6015
	Q46 VERIFICA 6015 3006 3011
	Q47 + 9003 6015 12007
	Q48 = 9001 _ 12007
	Q49 VERIFICA 9005 3006 3007
	Q50 * 9001 9001 6016
	Q51 + 6016 9005 6017
	Q52 VERIFICA 6017 3006 3011
		7
		15
		23
		10
		22
		34
		13
		29
		45

Funciones Matemáticas	Cuádruplos	Output

programa matematicas;
 	
principal() {
 	
imprime(raizcuadrada(pow(raizcuadrada(16),3)));
imprime(exponencial(residuo(5,2)));
imprime(redondear.arriba(raizcuadrada(5)));
imprime(redondear.abajo(grados(4.50)));
imprime(gamma(pow(2,5)));
imprime(residuo(224,125));
imprime(radianes(100.03));
imprime(grados(8.90));
imprime(seno(coseno(3.141528)));
imprime(coseno(tangente(90)));
imprime(tangente(90));
imprime(logaritmo(raizcuadrada(pow(5,2))));
imprime(logaritmo.gamma(7));
cuadratica(2,9,10);
}
	Q0 GOTO _ _ 1
	Q1 raizcuadrada 9000 _ 6000
	Q2 pow 6000 9001 6001
	Q3 raizcuadrada 6001 _ 6002
	Q4 imprime _ _ 6002
	Q5 residuo 9002 9003 6003
	Q6 exponencial 6003 _ 6004
	Q7 imprime _ _ 6004
	Q8 raizcuadrada 9002 _ 6005
	Q9 redondearArriba 6005 _ 6006
	Q10 imprime _ _ 6006
	Q11 grados 10000 _ 7000
	Q12 redondearAbajo 7000 _ 7001
	Q13 imprime _ _ 7001
	Q14 pow 9003 9002 6007
	Q15 gamma 6007 _ 6008
	Q16 imprime _ _ 6008
	Q17 residuo 9004 9005 6009
	Q18 imprime _ _ 6009
	Q19 radianes 10001 _ 7002
	Q20 imprime _ _ 7002
	Q21 grados 10002 _ 7003
	Q22 imprime _ _ 7003
	Q23 coseno 10003 _ 7004
	Q24 seno 7004 _ 7005
	Q25 imprime _ _ 7005
	Q26 tangente 9006 _ 6010
	Q27 coseno 6010 _ 6011
	Q28 imprime _ _ 6011
	Q29 tangente 9006 _ 6012
	Q30 imprime _ _ 6012
	Q31 pow 9002 9003 6013
	Q32 raizcuadrada 6013 _ 6014
	Q33 logaritmo 6014 _ 6015
	Q34 imprime _ _ 6015
	Q35 logaritmoGamma 9007 _ 6016
	Q36 imprime _ _ 6016
	Q37 cuadratica 9003 9008 9009
		8.0
		2.718281828459045
		3
		257
		8.222838654177925e+33
		-26.0
		1.7458528507699278
		509.9324376664327
		-0.8414709836786413
		-0.41177780729510316
		-1.995200412208242
		1.6094379124341003
		6.579251212010102
		-2.0
		-2.5

Documentación de archivos

Nombre	Detalles
EstructurasDatos.py	Declara e inicializa las estructuras de datos que se usan en el proyecto tales como: - Directorio de Funciones (DirFunc) - Tabla de Variables (varTable) - Cubo Semántico - Pila de Operadores - Pila de Operandos - Pila de Tipos - Pila de Operandos de Arreglos y Matrices - Diccionario de Asignación de Direcciones a los Tipos - Lista de Operadores - Diccionario de IDs para tipos Crea los objetos Stack() y Queue() Se usa en: - **parser.py**: importa objetos inicializados. - **cuadruplos.py**: importa la estructura de datos Stack. - **maquinavirtual.py**: importa la tabla de variables.
errores.py	Declara y exporta una clase Error() que centraliza los displays de errores. A todos los errores en tiempo de compilación se les pasa como argumento el número de línea donde ocurre el error para mostrar dónde ocurrió el error, mientras que los errores en tiempo de ejecución sólo muestran el tipo de error. Se usa en: - **parser.py:** importa la clase Error() y las usa en las funciones de sintáxis y gramática.

lexer.py	Hace uso del módulo Lex de PLY. Declara las palabras reservadas del lenguaje en un diccionario. Enlista todos los tokens para simbolizar todos los operadores del lenguaje. Declara las expresiones regulares para cada token. Este lexer luego se pasa al parser, que utiliza este análisis léxico para realizar su análisis de sintaxis. Se usa en: **parser.py**: Importa el lexer para hacer uso de los tokens y números de línea para pasárselos a la clase de Error.
cuadruplos.py	Declara las clases Quadruple() y Quadruples(). La clase Quadruple es capaz de crear un objeto con operador, operando izquierdo, operando derecho y resultado. La clase Quadruples guarda la lista de cuadruplos, la pila de saltos y es capaz de manipularlas para luego pasársela a la máquina virtual. Usado en: **parser.py**: importa cuadruplos para crearlos en sus respectivas acciones **maquinavirtual.py**: importa la lista de cuádruplos para iterarla y ejecutar el código.
maquinavirtual.py	Declara el método maquina_virtual() que está a cargo de iterar a través de toda la lista de cuádruplos. Con cada cuádruplo que lee, ejecuta la instrucción relacionada con su operador. La máquina virtual también es responsable de la creación de las instancias de la clase Memory(), la pila de

	memoria local, la pila de apuntadores y el mapa de memoria de constantes. Usado en: **parser.py**: Importa el método maquina_virtual() y lo corre después de que todo el código ha sido analizado y parseado para ejecutarlo.
numpy	Librería de Python especializada en el cálculo numérico y el análisis de datos, especialmente para un gran volumen de datos. Incorpora una nueva clase de objetos llamados arrays que permite representar colecciones de datos de un mismo tipo en varias dimensiones, y funciones muy eficientes para su manipulación. Usado en: **maquinavirtual.py**: Una vez que los arreglos/matrices son procesados se usan las funciones de numpy para hacer las operaciones entre las matrices.
parser.py	El propósito principal del parser es transformar el código escrito en el lenguaje a código intermedio (cuádruplos). Hace uso del módulo YACC de PLY. Es el archivo que debe correrse para compilar el código del lenguaje. Parser.py importa: - **lexer.py** - **Yacc** - **EstructurasDatos.py** - **Quadruples.py** - **Errores.py** - **Maquinavirtual.py**

Documentación de Código del Proyecto

```
#addVarsToTable: Agrega ID actual (y su tipo) a varTable
def p_addVarsToTable(t):
    'addVarsToTable : '
    #Si el ID ya existe en el scope o global, dar error redefinicion de variable
    if t[-1] in variableTable[currentScope]:
        Error.redefinition_of_variable(t[-1], t.lexer.lineno)
    else:
        # Si no existe, agregar ID a variableTable[scope]
        variableTable[currentScope][t[-1]] = {"type": currentType}
        #Si el scope es global, el tipo de direccion va a ser global
        address_type = "global"
        #Si no es global, va a ser de tipo local
        if currentScope != "global":
            address_type = "local"
        #Si el tipo es entero, se le asigna la variable va a ser tipo+entero
(localInt o globalInt)
        if currentType == "int":
            address_type += "Int"
        #Si el tipo es float, se le asigna la variable va a ser tipo+entero
(localFloat o globalFloat)
        elif currentType == "float":
            address_type += "Float"
        #Si el tipo es char, se le asigna la variable va a ser tipo+entero
(localChar o globalChar)
        else:
            address_type += "Char"
        #Se le asigna la direccion a la variable
        variableTable[currentScope][t[-1]]["address"] = addresses[address_type]
        #Se le suma 1 para darselo a la siguiente variable que este dentro del
scope
        addresses[address_type] += 1
        global arrMatId
        arrMatId = Stack()
        arrMatId.push(t[-1])
```

```
#Guarda la direccion base de una variable tipo arreglo en las constantes de la
tabla de variables
def p_varsArray(t):
    '''varsArray : LEFTBRACK CST_INT addTypeInt RIGHTBRACK setRows varsMatrix
                 | '''
    #Asigna tipo de direccion a global
```

```
    address_type = "global"
    const_address = "constant"
    #Si currentScope no es global, cambia el address type a local
    if currentScope != "global":
        address_type = "local"
    #Si tipo es entero, sera localInt y asigna constantInt a const_address
    if currentType == "int":
        address_type += "Int"
        const_address += "Int"
    #Si tipo es float, sera localFloat y asigna constantFloat a const_address
    if currentType == "float":
        address_type += "Float"
        const_address += "Float"
    #Si tipo es char, sera localChar y asigna constantChar a const_address
    if currentType == "char":
        address_type += "Char"
        const_address += "Char"
    global arrMatId
    #Asigna direccion al arreglo
    arrMatAddress = variableTable[currentScope][arrMatId.peek()]["address"]
    #Si el arreglo es de 1 dimension
    if "rows" in variableTable[currentScope][arrMatId.peek()] and "cols" not in
variableTable[currentScope][arrMatId.peek()]:
        #Asigna el numero de filas a rows
        rows = variableTable[currentScope][arrMatId.peek()]["rows"]
        #Asigna como direccion la direccion actual mas la cantidad de filas (o
elementos) - 1.
        addresses[address_type] += rows - 1
        #Mete la direccion en la tabla de variables
        variableTable["constants"][arrMatAddress] = {"address":
addresses[const_address], "type": "int"}
        #Se le suma 1 para darselo a la siguiente variable de ese tipo que este
dentro del scope
        addresses[const_address] += 1
    #Si es de 2 dimensiones
    if "cols" in variableTable[currentScope][arrMatId.peek()]:
        #Asigna el numero de filas a rows
        rows = variableTable[currentScope][arrMatId.peek()]["rows"]
        #Asigna el numero de columnas a cols
        cols = variableTable[currentScope][arrMatId.peek()]["cols"]
        #Asigna como direccion la direccion actual mas (rows * cols) - 1.
        addresses[address_type] += rows * cols - 1
        #Mete la direccion en la tabla de variables
```

```
        variableTable["constants"][arrMatAddress] = {"address":
addresses[const_address], "type": "int"}
        #Se le suma 1 para darselo a la siguiente variable de ese tipo que este
dentro del scope
        addresses[const_address] += 1
    #Saca el Id de la pila
    arrMatId.pop()
```

```
#generateGosub: Crea el cuadruplo Gosub
def p_generateGosub(t):
    'generateGosub : '
    global funcName
    #Generar cuadruplo GOSUB
    tmp_quad = Quadruple("GOSUB", variableTable["global"][funcName]["address"],
"_", functionDir[funcName]["start"])
    #Hacer push del cuadruplo a la lista de cuadruplos
    Quadruples.push_quad(tmp_quad)
    #Si el tipo de la funcion no es void
    if functionDir[funcName]["type"] != "void":
        #Si es entero
        if functionDir[funcName]["type"] == "int":
            #La direccion va a ser tipo temporal entero
            tmpAddress = addresses["temporalInt"]
            #Se le suma 1 para darselo a la siguiente variable de ese tipo que
este dentro del scope
            addresses["temporalInt"] += 1
        #Si es float
        if functionDir[funcName]["type"] == "float":
            #La direccion va a ser tipo temporal float
            tmpAddress = addresses["temporalFloat"]
            #Se le suma 1 para darselo a la siguiente variable de ese tipo que
este dentro del scope
            addresses["temporalFloat"] += 1
        #Si es char
        if functionDir[funcName]["type"] == "char":
            #La direccion va a ser tipo temporal char
            tmpAddress = addresses["temporalChar"]
            #Se le suma 1 para darselo a la siguiente variable de ese tipo que
este dentro del scope
            addresses["temporalChar"] += 1
    #PARCHE GUADALUPANO
        #Genera cuadruplo con la direccion de la funcion y tmpAddress
        tmp_quad = Quadruple("=", variableTable["global"][funcName]["address"],
"_", tmpAddress)
```

```
        #Se le hace push al cuadruplo a la lista de cuadruplos
        Quadruples.push_quad(tmp_quad)
        #Se le hace push a direccion temporal a la pila de operandos
        operands.push(tmpAddress)
        #Se le hace push al tipo de la funcion a la pila de tipos
        types.push(variableTable["global"][funcName]["type"])
    #Se saca el operador de la pila de operadores
    operators.pop()
```