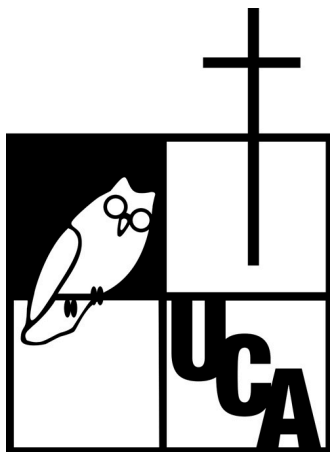


# Universidad Centroamericana

## “José Simeón Cañas”



**Materia:** Teoría de Lenguaje de Programación - Sección 1

**Catedrático:** Ing. Jaime Roberto Climaco

**Tema:** Documentación compilador lenguaje C y definición de gramáticas

<b>Integrantes:</b>	Andres Emilio Puente Cruz	00287919
	Oscar Alexander Juarez Gonzalez	00126320
	Victor Rafael Valenzuela Cortez	00022120
	Carlos Misael Perez Perez	00202118
	Xavier Alessandro Quiñonez del Cid	00048219
	Mario Ernesto Mayen Castro	00220618

**Grupo 02**

# Índice

## 1. Introducción

- 1.1. ¿Qué es un compilador?
- 1.2. Propósito de compilador

## 2. Definición de gramáticas

- 2.1. Gramática para declaraciones, instrucciones, y estructuras básicas de control y funciones.
- 2.2. Gramática para declaraciones de variables, inicializaciones, y declaraciones de funciones, así como la especificación de tipos y parámetros.
- 2.3. Gramática para declaraciones globales, asignaciones, parámetros, y bloques de código.
- 2.4. Gramática para definición de estructuras de control y bloques de código
- 2.5. Gramática para expresiones aritméticas y lógicas

## 3. Componentes del Analizador

- 3.1. Analizador Léxico
  - 3.1.1. Implementación (Archivo: c\_lexer.py)
- 3.2. Parser (Analizador Sintáctico)
  - 3.2.1. Implementación (Archivo: c\_parser.py)
- 3.3. Analizador Semántico
  - 3.3.1. Implementación (Archivo: p\_atributos.py)

## 4. Ejecución del compilador

- 4.1. Flujo de trabajo
- 4.2. Ejemplo de ejecución

## 5. Conclusión

# Introducción

## ¿Qué es un compilador?

Un compilador es una herramienta fundamental en el proceso de programación de software. Básicamente, un compilador es un programa informático que se encarga de traducir el código fuente escrito por un programador en un lenguaje de programación de alto nivel, a un código objeto que pueda ser ejecutado por la computadora.[1]

Este documento describe un compilador diseñado para el lenguaje de programación C, que incluye tres componentes principales: el analizador léxico, el parser (analizador sintáctico) y el analizador semántico.

El proceso completo abarca desde la identificación de tokens hasta el análisis semántico, verificando el correcto uso de variables, compatibilidad de tipos, y más, para garantizar la generación de un árbol sintáctico y una tabla de símbolos coherentes. En este documento se detalla la implementación de cada componente, destacando su rol y funcionamiento dentro del sistema, además de ofrecer ejemplos prácticos y explicaciones claras sobre su operación.

## ***Propósito del compilador***

El propósito de este proyecto es desarrollar un compilador modular para el lenguaje C que abarque las siguientes funciones principales:

1. **Identificar y procesar tokens:** Descomponer el código fuente en componentes mínimos como identificadores, operadores y delimitadores, asegurando un análisis preciso a nivel léxico.
2. **Estructuración lógica:** Construir un árbol sintáctico basado en las reglas gramaticales del lenguaje C, que refleje la jerarquía y relaciones entre las instrucciones del programa.
3. **Validación semántica:** Implementar verificaciones exhaustivas para garantizar que las reglas del lenguaje sean respetadas, como:
  - 3.1. Declaración y uso correcto de variables.
  - 3.2. Compatibilidad de tipos en asignaciones y operaciones.
  - 3.3. Reporte de advertencias para optimización del código, como variables no utilizadas.

El objetivo es que este compilador no solo sirva como herramienta de traducción, sino que actúe como un sistema integral de validación y depuración, ayudando a los desarrolladores a escribir código más robusto y eficiente.

# Definición de gramáticas

## Gramática para declaraciones, instrucciones, y estructuras básicas de control y funciones.

La siguiente gramática proporciona la definición de aspectos fundamentales del lenguaje C relacionados con **declaraciones, instrucciones, y estructuras básicas de control y funciones**.

### Gramática Principal

1. **S -> INSTRUCCION \_INSTRUCCION**
  - **S** es el símbolo inicial que representa el programa completo.
  - **INSTRUCCION** representa una instrucción en el programa.
  - **\_INSTRUCCION** representa una lista de instrucciones adicionales.
2. **\_INSTRUCCION -> INSTRUCCION \_INSTRUCCION**
  - **\_INSTRUCCION** puede ser una instrucción seguida de más instrucciones.
3. **\_INSTRUCCION -> "**
  - **\_INSTRUCCION** también puede ser vacío, indicando el final de la lista de instrucciones.

### Instrucciones

1. **INSTRUCCION -> identificador EXPRESION punto\_coma**
  - Una instrucción puede ser un identificador seguido de una expresión y un punto y coma.
2. **INSTRUCCION -> RETORNO punto\_coma**
  - Una instrucción puede ser una declaración de retorno seguida de un punto y coma.
3. **INSTRUCCION -> TIPO identificador DECLARACION**
  - Una instrucción puede ser una declaración de variable o función, comenzando con un tipo y un identificador.
4. **INSTRUCCION -> void identificador parentesis\_de\_inicio PARAMETROS parentesis\_de\_cierre FUNCION\_COLA**
  - Una instrucción puede ser la declaración de una función que no retorna valor (**void**), con parámetros y un cuerpo de función.

### Declaraciones

1. **DECLARACION -> ASIGNACION \_DECLARACION\_CONT punto\_coma**
  - Una declaración puede ser una asignación seguida de más declaraciones y un punto y coma.
2. **DECLARACION -> parentesis\_de\_inicio PARAMETROS parentesis\_de\_cierre FUNCION\_COLA**

- Una declaración puede ser una función con parámetros y un cuerpo de función.
- 3. **FUNCION\_COLA -> punto\_coma**
  - El cuerpo de una función puede ser un punto y coma, indicando una función vacía.
- 4. **FUNCION\_COLA -> llave\_de\_inicio \_BLOQUE llave\_de\_cierre**
  - El cuerpo de una función puede ser un bloque de código encerrado entre llaves.

### Declaraciones Continuas

1. **\_DECLARACION\_CONT -> coma DECLARACION\_CONT**  
**\_DECLARACION\_CONT**
  - Una lista de declaraciones puede ser separada por comas.
2. **\_DECLARACION\_CONT -> "**
  - La lista de declaraciones puede ser vacía.
3. **DECLARACION\_CONT -> identificador ASIGNACION**
  - Una declaración continua puede ser un identificador seguido de una asignación.

### Asignaciones

1. **ASIGNACION -> asignacion EXPRESION**
  - Una asignación puede ser un operador de asignación seguido de una expresión.
2. **ASIGNACION -> "**
  - Una asignación puede ser vacía.

### Parámetros

1. **PARAMETROS -> TIPO identificador \_PARAMETROS**
  - Los parámetros de una función pueden ser un tipo y un identificador, seguidos de más parámetros.
2. **PARAMETROS -> "**
  - Los parámetros pueden ser vacíos.
3. **\_PARAMETROS -> coma TIPO identificador \_PARAMETROS**
  - Los parámetros adicionales pueden ser separados por comas.
4. **\_PARAMETROS -> "**
  - Los parámetros adicionales pueden ser vacíos.

### Tipos

1. **TIPO -> int**
2. **TIPO -> float**
3. **TIPO -> char**
  - Los tipos pueden ser `int`, `float` o `char`.

### Retorno

### 1. RETORNO -> return EXPRESION

- Una declaración de retorno puede ser la palabra clave **return** seguida de una expresión.

## Expresiones

### 1. EXPRESION -> ASIGNACION

- Una expresión puede ser una asignación.

### 2. EXPRESION -> LLAMAR\_FUNCION

- Una expresión puede ser una llamada a función.

### 3. LLAMAR\_FUNCION -> parentesis\_de\_inicio ARGUMENT parentesis\_de\_cierre

- Una llamada a función puede ser un identificador seguido de paréntesis con argumentos.

## Argumentos

### 1. ARGUMENT -> EXPRESION \_ARGUMENT

- Un argumento puede ser una expresión seguida de más argumentos.

### 2. ARGUMENT -> "

- Un argumento puede ser vacío.

### 3. \_ARGUMENT -> coma EXPRESION \_ARGUMENT

- Los argumentos adicionales pueden ser separados por comas.

### 4. \_ARGUMENT -> "

- Los argumentos adicionales pueden ser vacíos.

## Expresión Vacía

### 1. EXPRESION -> e

- Una expresión puede ser vacía.

## Segunda Parte de la Gramática

### 1. INSTRUCCION -> \_INSTRUCCION INSTRUCCION

- Una instrucción puede ser una lista de instrucciones seguida de una instrucción.

### 2. INSTRUCCION -> "

- Una instrucción puede ser vacía.

### 3. \_INSTRUCCION -> DECLARACION punto\_coma

- Una instrucción puede ser una declaración seguida de un punto y coma.

### 4. \_INSTRUCCION -> identificador ID punto\_coma

- Una instrucción puede ser un identificador seguido de un ID y un punto y coma.

### 5. \_INSTRUCCION -> RETURN\_I punto\_coma

- Una instrucción puede ser una declaración de retorno seguida de un punto y coma.

## Identificadores y Llamadas a Función

### 1. ID -> D\_INIT

- Un ID puede ser una inicialización de declaración.
- 2. **ID -> FUNTION\_CALL**
  - Un ID puede ser una llamada a función.

## **Tipos**

1. **TIPO -> int**
2. **TIPO -> float**
3. **TIPO -> char**
4. **TIPO -> void**
  - Los tipos pueden ser **int**, **float**, **char** o **void**.

## **Retorno**

1. **RETURN\_I -> return EXPRESION**
  - Una declaración de retorno puede ser la palabra clave **return** seguida de una expresión.

## **Llamadas a Función**

1. **FUNTION\_CALL -> ( ARGUMENT )**
  - Una llamada a función puede ser un identificador seguido de paréntesis con argumentos.

## **Argumentos**

1. **ARGUMENT -> EXPRESION A\_ARGUMENT**
  - Un argumento puede ser una expresión seguida de más argumentos.
2. **ARGUMENT -> "**
  - Un argumento puede ser vacío.
3. **A\_ARGUMENT -> , EXPRESION A\_ARGUMENT**
  - Los argumentos adicionales pueden ser separados por comas.
4. **A\_ARGUMENT -> "**
  - Los argumentos adicionales pueden ser vacíos.

## **Declaraciones**

1. **DECLARACION -> TIPO identificador D\_INIT**
  - Una declaración puede ser un tipo seguido de un identificador y una inicialización.
2. **D\_INIT -> = EXPRESION**
  - Una inicialización puede ser un operador de asignación seguido de una expresión.
3. **D\_INIT -> "**
  - Una inicialización puede ser vacía.

## Gramática para declaraciones de variables, inicializaciones, y declaraciones de funciones, así como la especificación de tipos y parámetros.

La siguiente gramática proporciona la definición de aspectos fundamentales del lenguaje C relacionados con declaraciones de variables, inicializaciones, y declaraciones de funciones, así como la especificación de tipos y parámetros.

### Gramática Principal

1. **PROGRAM -> A PROGRAM**
  - **PROGRAM** es el símbolo inicial que representa el programa completo.
  - **A** representa una declaración de tipo seguida de una declaración global.
  - **PROGRAM** puede ser una lista de declaraciones.
2. **PROGRAM -> "**
  - **PROGRAM** también puede ser vacío, indicando el final del programa.

### Declaraciones

1. **A -> TypeSpecifier B**
  - **A** es una declaración de tipo seguida de un identificador y una declaración global.
2. **B -> identificador GlobalDeclaration**
  - **B** es un identificador seguido de una declaración global.

### Declaraciones Globales

1. **GlobalDeclaration -> VariableDeclaration**
  - Una declaración global puede ser una declaración de variable.
2. **GlobalDeclaration -> VariableInit**
  - Una declaración global puede ser una inicialización de variable.
3. **GlobalDeclaration -> FunctionDeclaration**
  - Una declaración global puede ser una declaración de función.

### Declaraciones de Variables

1. **VariableDeclaration -> punto\_coma**
  - Una declaración de variable puede ser un punto y coma, indicando una declaración sin inicialización.
2. **VariableInit -> coma B**
  - Una inicialización de variable puede ser una coma seguida de otra declaración.

### Declaraciones de Funciones

1. **FunctionDeclaration -> ( ParameterList ) punto\_coma**
  - Una declaración de función puede ser un identificador seguido de paréntesis con una lista de parámetros y un punto y coma.



## Especificadores de Tipo

1. **TypeSpecifier** -> **int**
2. **TypeSpecifier** -> **float**
3. **TypeSpecifier** -> **char**
  - Los especificadores de tipo pueden ser **int**, **float** o **char**.

## Lista de Parámetros

1. **ParameterList** -> **Parameter ParameterRest**
  - La lista de parámetros puede ser un parámetro seguido de más parámetros.
2. **ParameterList** -> **void**
  - La lista de parámetros puede ser **void**, indicando que la función no tiene parámetros.
3. **ParameterList** -> **"**
  - La lista de parámetros puede ser vacía.

## Parámetros

1. **Parameter** -> **TypeSpecifier Identifier**
  - Un parámetro puede ser un especificador de tipo seguido de un identificador.
2. **ParameterRest** -> **coma Parameter ParameterRest**
  - Los parámetros adicionales pueden ser separados por comas.
3. **ParameterRest** -> **"**
  - Los parámetros adicionales pueden ser vacíos.

## Gramática para declaraciones globales, asignaciones, parámetros, y bloques de código.

La siguiente gramática proporciona la definición de aspectos fundamentales del lenguaje C relacionados con declaraciones globales, asignaciones, parámetros, y bloques de código.

## Gramática Principal

1. **PROGRAMA** -> **\_GLOBAL**
  - **PROGRAMA** es el símbolo inicial que representa el programa completo.
  - **\_GLOBAL** representa una lista de declaraciones globales.
2. **\_GLOBAL** -> **GLOBAL \_GLOBAL**
  - **\_GLOBAL** puede ser una declaración global seguida de más declaraciones globales.
3. **\_GLOBAL** -> **"**
  - **\_GLOBAL** también puede ser vacío, indicando el final de las declaraciones globales.

## Declaraciones Globales

1. **GLOBAL -> TIPO identificador DECLARACION\_GLBL**
  - GLOBAL puede ser una declaración de tipo seguida de un identificador y una declaración global.
2. **GLOBAL -> void identificador parentesis\_de\_inicio PARAMETROS parentesis\_de\_cierre FUNCIONG\_COLA**
  - GLOBAL puede ser una declaración de función que no retorna valor (void), con parámetros y un cuerpo de función.

## Declaraciones Globales Detalladas

1. **DECLARACION\_GLBL -> ASIGNACION \_ASIGNACION\_CONST punto\_coma**
  - Una declaración global puede ser una asignación seguida de más asignaciones y un punto y coma.
2. **DECLARACION\_GLBL -> parentesis\_de\_inicio PARAMETROS parentesis\_de\_cierre FUNCIONG\_COLA**
  - Una declaración global puede ser una función con parámetros y un cuerpo de función.
3. **FUNCIONG\_COLA -> punto\_coma**
  - El cuerpo de una función puede ser un punto y coma, indicando una función vacía.
4. **FUNCIONG\_COLA -> llave\_de\_inicio BLOQUE llave\_de\_cierre**
  - El cuerpo de una función puede ser un bloque de código encerrado entre llaves.

## Asignaciones Continuas

1. **\_ASIGNACION\_CONST -> coma ASIGNACION\_CONST \_ASIGNACION\_CONST**
  - Una lista de asignaciones puede ser separada por comas.
2. **\_ASIGNACION\_CONST -> "**
  - La lista de asignaciones puede ser vacía.
3. **ASIGNACION\_CONST -> identificador ASIGNACION**
  - Una asignación continua puede ser un identificador seguido de una asignación.

## Expresiones Constantes

1. **EXPRESION\_CONST -> constante\_entera**
2. **EXPRESION\_CONST -> constante\_character**
3. **EXPRESION\_CONST -> constante\_flotante**
  - Las expresiones constantes pueden ser enteras, caracteres o flotantes.

## Asignaciones

1. **ASIGNACION -> asignacion EXPRESION\_CONSTANTE**
  - Una asignación puede ser un operador de asignación seguido de una expresión constante.
  - Hola bb

## 2. ASIGNACION -> "

- Una asignación puede ser vacía.

### Parámetros

#### 1. PARAMETROS -> TIPO identificador \_PARAMETROS

- Los parámetros de una función pueden ser un tipo y un identificador, seguidos de más parámetros.

#### 2. PARAMETROS -> "

- Los parámetros pueden ser vacíos.

#### 3. \_PARAMETROS -> coma TIPO identificador \_PARAMETROS

- Los parámetros adicionales pueden ser separados por comas.

#### 4. \_PARAMETROS -> "

- Los parámetros adicionales pueden ser vacíos.

### Tipos

#### 1. TIPO -> int

#### 2. TIPO -> float

#### 3. TIPO -> char

- Los tipos pueden ser `int`, `float` o `char`.

### Bloques de Código

#### 1. BLOQUE -> b

- Un bloque de código puede ser representado por `b`.

## Gramática para definición de estructuras de control y bloques de código

La siguiente gramática proporciona la definición de estructuras de control y bloques de código en el lenguaje C, incluyendo instrucciones condicionales y bucles.

### Gramática Principal

#### 1. BLOQUE -> INSTRUCCION\_B BLOQUE

- `BLOQUE` es el símbolo inicial que representa un bloque de código.
- `INSTRUCCION_B` representa una instrucción dentro del bloque.
- `BLOQUE` puede ser una lista de instrucciones.

#### 2. BLOQUE -> "

- `BLOQUE` también puede ser vacío, indicando el final del bloque de código.

### Instrucciones en el Bloque

#### 1. INSTRUCCION\_B -> INSTRUCCION

- `INSTRUCCION_B` puede ser una instrucción simple.

#### 2. INSTRUCCION\_B -> condicion\_if parentesis\_de\_inicio EXPRESION parentesis\_de\_cierre INSTRUCCION\_C BLOQUE\_ELSE

- **INSTRUCCION\_B** puede ser una instrucción **if** con una expresión condicional, seguida de una instrucción compuesta y un bloque **else**.
- 3. **INSTRUCCION\_B -> bucle\_while parentesis\_de\_inicio EXPRESION parentesis\_de\_cierre INSTRUCCION\_C**
  - **INSTRUCCION\_B** puede ser un bucle **while** con una expresión condicional, seguido de una instrucción compuesta.
- 4. **INSTRUCCION\_B -> bucle\_do INSTRUCCION\_C bucle\_while parentesis\_de\_inicio EXPRESION parentesis\_de\_cierre punto\_coma**
  - **INSTRUCCION\_B** puede ser un bucle **do-while** con una instrucción compuesta y una expresión condicional.
- 5. **INSTRUCCION\_B -> bucle\_for parentesis\_de\_inicio INSTRUCCION identificador EXPRESION punto\_coma identificador EXPRESION parentesis\_de\_cierre INSTRUCCION\_C**
  - **INSTRUCCION\_B** puede ser un bucle **for** con inicialización, condición y actualización, seguido de una instrucción compuesta.

### Instrucciones Compuestas

1. **INSTRUCCION\_C -> condicion\_if parentesis\_de\_inicio EXPRESION parentesis\_de\_cierre INSTRUCCION\_C condicion\_else INSTRUCCION\_C**
  - **INSTRUCCION\_C** puede ser una instrucción **if-else** anidada.
2. **INSTRUCCION\_C -> bucle\_while parentesis\_de\_inicio EXPRESION parentesis\_de\_cierre INSTRUCCION\_C**
  - **INSTRUCCION\_C** puede ser un bucle **while** anidado.
3. **INSTRUCCION\_C -> bucle\_do INSTRUCCION\_C bucle\_while parentesis\_de\_inicio EXPRESION parentesis\_de\_cierre punto\_coma**
  - **INSTRUCCION\_C** puede ser un bucle **do-while** anidado.
4. **INSTRUCCION\_C -> bucle\_for parentesis\_de\_inicio INSTRUCCION identificador EXPRESION punto\_coma identificador EXPRESION parentesis\_de\_cierre INSTRUCCION\_C**
  - **INSTRUCCION\_C** puede ser un bucle **for** anidado.
5. **INSTRUCCION\_C -> INSTRUCCION**
  - **INSTRUCCION\_C** puede ser una instrucción simple.

### Bloques Else

1. **BLOQUE\_ELSE -> condicion\_else COLA\_ELSE**
  - **BLOQUE\_ELSE** puede ser una instrucción **else** seguida de una cola de instrucciones.
2. **BLOQUE\_ELSE -> "**
  - **BLOQUE\_ELSE** también puede ser vacío, indicando que no hay bloque **else**.

### Colas Else

1. **COLA\_ELSE -> condicion\_if parentesis\_de\_inicio EXPRESION parentesis\_de\_cierre COLA\_ELSE**
  - **COLA\_ELSE** puede ser una instrucción **if** anidada dentro de un **else**.

## 2. COLA\_ELSE -> INSTRUCCION

- COLA\_ELSE puede ser una instrucción simple dentro de un **else**.

### Instrucciones Simples

#### 1. INSTRUCCION -> i

- INSTRUCCION puede ser una instrucción simple representada por **i**.

#### 2. INSTRUCCION -> llave\_de\_inicio BLOQUE llave\_de\_cierre

- INSTRUCCION puede ser un bloque de código encerrado entre llaves.

### Expresiones

#### 1. EXPRESION -> o

- EXPRESION puede ser una expresión representada por **o**.

#### 2. EXPRESION -> "

- EXPRESION también puede ser vacía.

### Segunda Parte de la Gramática

#### 1. programa -> bloque

- programa es el símbolo inicial que representa el programa completo.

#### 2. bloque -> "{" lista\_instrucciones "}"

- bloque representa un bloque de código encerrado entre llaves.

#### 3. lista\_instrucciones -> instruccion lista\_instrucciones

- lista\_instrucciones puede ser una instrucción seguida de más instrucciones.

#### 4. lista\_instrucciones -> ε

- lista\_instrucciones también puede ser vacío, indicando el final de la lista de instrucciones.

### Instrucciones

#### 1. instruccion -> if\_statement

- instruccion puede ser una instrucción **if**.

#### 2. instruccion -> while\_statement

- instruccion puede ser una instrucción **while**.

#### 3. instruccion -> do\_while\_statement

- instruccion puede ser una instrucción **do-while**.

#### 4. instruccion -> for\_statement

- instruccion puede ser una instrucción **for**.

#### 5. instruccion -> instruccion

- instruccion puede ser una instrucción simple.

### Instrucciones If

#### 1. if\_statement -> "if" "(" exp\_bool ")" bloque

- **if\_statement** puede ser una instrucción **if** con una expresión booleana y un bloque de código.
- 2. **if\_statement -> "if" "(" exp\_bool ")" bloque "else" bloque**
  - **if\_statement** puede ser una instrucción **if-else** con una expresión booleana y dos bloques de código.

### Instrucciones While

1. **while\_statement -> "while" "(" exp\_bool ")" bloque**
  - **while\_statement** puede ser una instrucción **while** con una expresión booleana y un bloque de código.

### Instrucciones Do-While

1. **do\_while\_statement -> "do" bloque "while" "(" exp\_bool ")" ";"**
  - **do\_while\_statement** puede ser una instrucción **do-while** con un bloque de código y una expresión booleana.

### Instrucciones For

1. **for\_statement -> "for" "(" instruccion ";" exp\_bool ";" instruccion ")" bloque**
  - **for\_statement** puede ser una instrucción **for** con inicialización, condición, actualización y un bloque de código.

## Gramática para expresiones aritméticas y lógicas

La siguiente gramática proporciona la definición de expresiones aritméticas y lógicas, incluyendo operadores de suma, resta, multiplicación, división, módulo, y operadores lógicos.

### Gramática Principal

1. **Expr -> Term Expr'**
  - **Expr** es el símbolo inicial que representa una expresión completa.
  - **Term** representa un término en la expresión.
  - **Expr'** representa el resto de la expresión después del término inicial.
2. **Expr' -> PlusExpr'**
  - **Expr'** puede ser una expresión de suma.
3. **Expr' -> MinusExpr'**
  - **Expr'** puede ser una expresión de resta.
4. **Expr' -> LogicalExpr**
  - **Expr'** puede ser una expresión lógica.
5. **Expr' -> "**
  - **Expr'** también puede ser vacío, indicando el final de la expresión.

### Expresiones de Suma y Resta

1. **PlusExpr' -> mas Term Expr'**

- **PlusExpr'** representa una suma, seguida de un término y el resto de la expresión.
- 2. **MinusExpr' -> menos Term Expr'**
  - **MinusExpr'** representa una resta, seguida de un término y el resto de la expresión.

## Términos

1. **Term -> Factor Term'**
  - **Term** representa un término que consiste en un factor seguido de más términos.
2. **Term' -> MultTerm'**
  - **Term'** puede ser una expresión de multiplicación.
3. **Term' -> DivTerm'**
  - **Term'** puede ser una expresión de división.
4. **Term' -> ModTerm'**
  - **Term'** puede ser una expresión de módulo.
5. **Term' -> "**
  - **Term'** también puede ser vacío, indicando el final del término.

## Expresiones de Multiplicación, División y Módulo

1. **MultTerm' -> multiplicacion Factor Term'**
  - **MultTerm'** representa una multiplicación, seguida de un factor y el resto del término.
2. **DivTerm' -> division Factor Term'**
  - **DivTerm'** representa una división, seguida de un factor y el resto del término.
3. **ModTerm' -> modulo Factor Term'**
  - **ModTerm'** representa una operación de módulo, seguida de un factor y el resto del término.

## Factores

1. **Factor -> constante\_entera**
  - **Factor** puede ser una constante entera.
2. **Factor -> constante\_flotante**
  - **Factor** puede ser una constante flotante.
3. **Factor -> OpenExpr**
  - **Factor** puede ser una expresión entre paréntesis.
4. **OpenExpr -> ( Expr )**
  - **OpenExpr** representa una expresión encerrada entre paréntesis.

## Expresiones Lógicas

1. **LogicalExpr -> operador\_y Expr**
  - **LogicalExpr** representa una expresión lógica con el operador **y**.

2. **LogicalExpr -> operador\_o Expr**

- LogicalExpr representa una expresión lógica con el operador o.



# Componentes del Compilador

## 3.1 Analizador Léxico

El analizador léxico es el primer componente del compilador, encargado de descomponer el código fuente en unidades significativas conocidas como tokens. Cada token representa un tipo de componente básico del lenguaje de programación, como palabras clave, identificadores, operadores y delimitadores.

### ➤ Implementación (Archivo: *c\_lexer.py*)

- Se define un conjunto de expresiones regulares para identificar cada tipo de token, como operadores (+, -, \*, /), constantes (Números enteros y flotantes), identificadores (Nombres de las variables o el nombre de las funciones) y delimitadores (Paréntesis, punto y coma (;), llaves ({ }), etc).
- Además, el analizador léxico incluye un manejo de errores léxicos. Si encuentra caracteres no válidos o símbolos que no pertenecen al lenguaje, muestra advertencias para alertar al programador.
- También gestiona comentarios y cadenas de texto, asegurándose de que no interfieran con el proceso de análisis léxico.

### Ejemplo de tokens generados:

Un código como `int x = 10;` generaría tokens para `"int"`, `"x"`, `"="`, `"10"`, y `";"`.

- `int` (palabra clave)
- `x` (identificador)
- `=` (operador de asignación)
- `10` (constante numérica)
- `;` (delimitador)

## 3.2 Parser (Analizador Sintáctico)

El parser toma los tokens generados por el analizador léxico y construye un árbol sintáctico, que es una representación jerárquica de la estructura lógica del programa, siguiendo las reglas de la gramática del lenguaje C.

### ➤ Implementación (Archivo: *c\_parser.py*)

- El parser utiliza una tabla de producciones que define las reglas gramaticales del lenguaje C. Estas reglas determinan cómo se deben combinar los tokens para formar instrucciones y expresiones válidas.
- Además, el parser gestiona los errores sintácticos, tales como la falta de un punto y coma (;) al final de una declaración o el uso incorrecto de delimitadores. En caso de encontrar un error, el parser tiene la capacidad de recuperarse y continuar el análisis en busca de más errores.
- El resultado de este análisis es la construcción de un árbol sintáctico. Este árbol refleja la organización y jerarquía de los elementos del programa, mostrando las relaciones entre instrucciones, expresiones y operadores.

➤ **Manejador de errores:**

○

**Ejemplo:** Para un código como `int x = 10;`

El parser construiría un árbol con la siguiente estructura:

- **Nodo raíz:** ASIGNACIÓN
  - **Nodo hijo 1:** IDENTIFICADOR (x)
  - **Nodo hijo 2:** CONSTANTE (10)
  - **Nodo hijo 3:** PUNTO\_COMA (;)

### 3.3 Análisis Semántico

El análisis semántico detecta la validez semántica de las sentencias aceptadas por el analizador sintáctico. El analizador semántico suele trabajar simultáneamente al analizador sintáctico y en estrecha cooperación. Se entiende por semántica como el conjunto de reglas que especifican el significado de cualquier sentencia sintácticamente correcta y escrita en un determinado lenguaje. [2]

Para lograr esto hacemos uso de una extensión de la gramática, con *atributos* que definen propiedades semánticas

**Atributos asociados a las reglas:**

Los *atributos* pueden ser:

- **Atributos heredados:** Información que se pasa de los nodos padres a los hijos en el árbol de sintaxis.
- **Atributos sintetizados:** Información que se propaga de los nodos hijos hacia el padre.

**Reglas semánticas:**

Cada producción de la gramática tiene asociadas funciones o reglas semánticas que especifican cómo calcular los valores de los atributos.

Entre estos tenemos los siguientes atributos y su respectiva función:

1. **#Pop**  
Elimina el último elemento de la pila semántica.  
**Uso:** Se utiliza cuando no es necesario mantener el elemento actual en la pila.
2. **#DcT**  
Agrega un token a la pila semántica.

**Uso:** Para declarar un tipo, como `int`, `float`, etc.

3. **#DcI**

Declara una variable.

- Verifica si el identificador ya ha sido declarado.
- Si no, lo agrega a la tabla de símbolos con su tipo y nombre.

**Uso:** Manejo de declaraciones de variables.

4. **#DcF**

Declara una función.

- Cambia el tipo del símbolo a función.
- Agrega un identificador único (`ivalue`) para la función.
- Inicializa los parámetros de la función.

**Uso:** Manejo de la declaración de funciones.

5. **#BbI**

Inicia un nuevo ámbito de bloque en la tabla de símbolos.

- Crea un identificador único para el bloque basado en un contador.

**Uso:** Abrir un nuevo ámbito para manejar variables locales de un bloque.

6. **#BfB**

Inicia el ámbito de una función.

- Abre un nuevo ámbito utilizando el identificador de la función.

**Uso:** Definir el cuerpo de una función.

7. **#EBI**

Cierra el ámbito actual y regresa al ámbito superior.

**Uso:** Salir de un bloque o una función.

8. **#RgP**

Registra un parámetro en la función actual.

**Uso:** Manejo de los parámetros de funciones.

9. **#Ref**

Verifica si un identificador ha sido declarado previamente.

- Si no, muestra un mensaje de error.

**Uso:** Validar referencias a variables o identificadores.

10. **#Psh**

Empuja un token a la pila semántica.

**Uso:** Agregar datos para ser utilizados posteriormente.

11. **#Cmp**

Compara los dos últimos elementos de la pila semántica.

- Verifica la compatibilidad de tipos entre ambos.

- Si no son compatibles, marca el resultado como inválido.  
**Uso:** Validar operaciones que requieren tipos compatibles.

12. **#CmA**

Verifica si una asignación es válida entre dos elementos.

**Uso:** Validar expresiones de asignación.

13. **#CPI**

Empuja los parámetros esperados de una función a la pila semántica.

**Uso:** Manejar llamadas a funciones con parámetros.

14. **#CmP**

Compara el tipo de un parámetro proporcionado con el tipo esperado.

**Uso:** Validar los parámetros durante una llamada a función.

15. **#CmR**

Compara dos elementos de la pila para verificar compatibilidad de retorno o parámetros.

**Uso:** Verificar tipos en expresiones complejas.

16. **#DcC**

Declara una constante en la tabla de símbolos.

- Usa un contador para generar un identificador único.

**Uso:** Manejo de constantes en el programa.

➤ **Implementación (Archivo: *p\_atributos.py*)**

- **Declaración y uso de variables:** Se asegura de que todas las variables hayan sido declaradas antes de ser utilizadas. Si una variable es utilizada sin haber sido previamente declarada, se genera un error.
- **Compatibilidad de tipos:** Verifica que las operaciones sean tipo-compatibles. Por ejemplo, no se puede sumar un número entero a una cadena de texto sin que esto genere un error de tipo.
- **Advertencias de optimización:** Detecta variables no usadas en el código, generando advertencias que ayudan a optimizar el código y eliminar posibles errores lógicos.

**Ejemplo:** Para un código como el siguiente:

```
int x = 5;  
y = x + 3;
```

El análisis semántico generaría un error porque la variable *y* se usa sin haber sido previamente declarada. El mensaje de error podría ser algo como:

*"Error: Variable 'y' usada pero nunca declarada."*

Esto es importante porque permite al programador detectar errores de programación comunes, como el uso de variables no declaradas, lo cual podría llevar a comportamientos inesperados en tiempo de ejecución.

## **Ejecución del Compilador**

La ejecución del compilador implica integrar todos los componentes previos (analizador léxico, parser y analizador semántico) para analizar un programa completo. El objetivo es transformar el código fuente escrito en C en una estructura que pueda ser entendida por la máquina, garantizando que cumpla con las reglas del lenguaje y no contenga errores lógicos o sintácticos.

### **1. Flujo de Trabajo (Archivo: *c\_compiler.py*):**

El proceso de ejecución del compilador sigue una serie de pasos secuenciales, donde cada componente del compilador realiza una tarea específica para garantizar la correcta traducción del código fuente.

#### **1.1. Análisis Léxico:**

- 1.1.1. El compilador comienza el proceso con el análisis léxico, que descompone el código fuente en tokens.
- 1.1.2. Cada token es una unidad mínima significativa, como palabras clave, operadores, identificadores, constantes y delimitadores.
- 1.1.3. Los tokens identificados son almacenados en una lista, que luego será pasada al siguiente componente del compilador para su análisis sintáctico.
- 1.1.4. Durante este proceso, el compilador también detecta caracteres no válidos y genera advertencias de errores léxicos cuando corresponde.

#### **1.2. Análisis Sintáctico:**

- 1.2.1. Una vez que el código fuente ha sido tokenizado, el parser toma estos tokens y construye un árbol sintáctico.
- 1.2.2. Este árbol refleja la estructura jerárquica de las instrucciones y expresiones del programa según las reglas gramaticales del lenguaje C.
- 1.2.3. El parser valida que la sintaxis del código fuente siga las reglas definidas, detectando errores como la falta de un punto y coma, paréntesis desbalanceados o uso incorrecto de delimitadores.
- 1.2.4. En caso de errores sintácticos, el parser no solo los reporta, sino que también intenta recuperarse para seguir analizando el resto del código, permitiendo al programador identificar y corregir múltiples problemas en un solo análisis.

#### **1.2.5. Análisis Semántico:**

Mientras se genera el árbol sintáctico, el parser encuentra las etiquetas de atributos en la gramática y las pasa al análisis semántico, que está mapeado en el archivo *p\_atributos.py* aquí se

revisa el código para asegurarse de que todas las operaciones sean lógicas y que se respeten las reglas semánticas del lenguaje.

- Las validaciones que se realizan son:

La verificación de variables: el analizador semántico garantiza que todas las variables sean declaradas antes de su uso, que las operaciones entre tipos de datos sean compatibles y que no haya variables no utilizadas en el código.

Genera advertencias cuando detecta que una variable fue declarada pero no utilizada, ayudando a optimizar el código y mejorar su eficiencia.

**2. Ejemplo de Ejecución:** Dado un archivo test/test1.c, el compilador realiza lo siguiente:

**2.1. Generación de tokens:** El código `int x = 10; y = x + 3;` es descompuesto en tokens:

- `"int", "x", "=", "10", ";", "y", "=", "x", "+", "3", ";"`.

**2.2. Construcción del Árbol Sintáctico:** El parser organiza los tokens en un árbol sintáctico:

- Para `int x = 10;`
  - **Nodo raíz:** ASIGNACIÓN
  - **Hijos:** TIPO (`int`), IDENTIFICADOR (`x`), CONSTANTE (`10`).
- Para `y = x + 3;`
  - **Nodo raíz:** ASIGNACIÓN
  - **Hijos:** IDENTIFICADOR (`y`), OPERACIÓN (con hijos `x`, `3`, `+`).

**2.3. Ejecución del Análisis Semántico:** El analizador semántico detecta un error:

➤ *"Error: Variable 'y' usada pero nunca declarada."*

Si no se encuentran errores, se pueden generar advertencias sobre variables no usadas.

# Conclusión

El compilador desarrollado integra un análisis exhaustivo en tres niveles: léxico, sintáctico y semántico. Esto no solo garantiza que el código fuente sea válido y estructurado correctamente, sino que también ofrece herramientas avanzadas para detectar y resolver errores comunes de programación.

Al validar el correcto uso de variables y la compatibilidad de tipos, el analizador semántico mejora significativamente la calidad del código generado, ofreciendo advertencias útiles para optimizar el desarrollo. La estructura modular del compilador permite futuras expansiones y mejoras, asegurando su adaptabilidad a nuevas necesidades. Este documento refleja un sistema funcional y completo que abarca todos los componentes necesarios para un compilador eficiente y práctico.

# Bibliografía:

[1] ProgramaciónPro, "¿Qué es un compilador y cuál es su función?" 26 de marzo de 2024

[¿Qué es un compilador y cuál es su función? - ProgramaciónPro](#)

[2] L. C. León Moreno, "Pila Semántica en un Analizador Sintáctico," *Lenguajes y Autómatas II: Pila Semántica en un Analizador Sintáctico*, 5 de septiembre de 2019.

[Lenguajes Y Autómatas II: Pila Semántica En un Analizador Sintáctico](#)