

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ciencias y Sistemas Organización**  
**de Lenguajes y Compiladores 1**  
**Primer Semestre 2022**



**Catedráticos**

Ing. Mario Bautista

Ing. Manuel Castillo

Ing. Kevin Lajpop

**Tutores Académicos**

Emely Yecenia Garcia Monge

Jose Eduardo Moran Reyes

Moisés Gonzalez Fuentes

Jose Fernando Guerra Muñoz

**ExpAnalyzer**

**Proyecto 1**

<b>Objetivos</b>	<b>2</b>
Objetivos Generales	2
Objetivos Específicos	2
<b>Descripción General</b>	<b>2</b>
<b>Funcionalidades</b>	<b>3</b>
<b>Intérprete de Expresiones Regulares</b>	<b>3</b>
Definición del Lenguaje	4
Expresiones regulares	4
Conjuntos	5
Caracteres Especiales	5
Ejemplo	5
Generación de JSON de Salida	6
<b>Flujo del programa</b>	<b>7</b>
Generación de AFD	7
<b>Método de Thompson</b>	<b>8</b>
Autómata Finito No Determinista	8
<b>Método del árbol</b>	<b>9</b>
Árbol de expresión	9
<b>Interfaz Sugerida</b>	<b>10</b>
<b>Anexos</b>	<b>12</b>
Explicación sobre Método del Árbol	12
Reglas del Método de Thompson	18

Transición “a”	18
Transición “ε”	18
Transición “ab”	18
Transición “a b c”	19
Transición “a+”	19
Transición “a*”	19
Transición “a?”	20
<b>Reportes</b>	<b>20</b>
Arboles	20
Siguientes	20
Transiciones	21
AFD	21
AFND	21
Errores	21
Salidas	21
<b>Requerimientos Mínimos</b>	<b>22</b>
<b>Entregables</b>	<b>22</b>
<b>Restricciones</b>	<b>22</b>
<b>Fecha de Entrega</b>	<b>23</b>

# 1. Objetivos

## 1.1 Objetivos Generales

Aplicar los conocimientos sobre la fase de análisis léxico y sintáctico de un compilador para construcción de una solución de software que permita generar análisis por medio del método del árbol.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Reforzar el concepto del método de Árbol de expresiones regulares en Autómatas Finitos Deterministas (AFD).
- Reforzar el concepto del método de Thompson de expresiones regulares en Autómatas Finitos No Deterministas (AFND).
- Identificar y programar el proceso de reconocimiento de lexemas mediante el uso de Autómatas Finitos Determinista.

# 2. Descripción General

El curso de Organización de Lenguajes y Compiladores 1, perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, requiere que usted, como conocedor en la construcción de analizadores Léxico y Sintáctico, cree un sistema que sea capaz de realizar el Método del Árbol y el Método de Thompson, para que los estudiantes puedan verificar que las respuestas de las tareas y exámenes del curso son correctas. Este aplicativo, requiere de las funciones que se abordan en la **Sección 4**, y requiere que las expresiones regulares sean ingresadas en notación polaca o prefijada.

Cabe destacar que el sistema debe contar con las siguientes funcionalidades principales:

- Intérprete de Expresiones Regulares Permitidas: Esta funcionalidad analizará un archivo de expresiones regulares que serán las que se permiten dentro del lenguaje que recibe el lenguaje entendible con la información necesaria para la validación de los lexemas.

# 3. Funcionalidades

Se requiere un programa que permita la edición de programas fuente a través de un área de texto. Además, que permita la visualización de los resultados y reportes de análisis.

## Menú Archivo

- Nuevo Archivo: Se podrá crear un nuevo archivo con extensión [.exp].
- Abrir archivo: Nos permitirá abrir un archivo que esté guardado en disco. Los archivos a abrir tendrán extensión [.exp].
- Guardar: Nos permitirá guardar el archivo actual.
- Guardar como: Nos permitirá guardar el archivo con otro nombre.
- Generar Autómatas: Analizará el archivo en base al área de expresiones regulares,

generando sus respectivos reportes.

- Analizar cadenas y generar JSON de salida: Analizará el archivo en base a las cadenas a evaluar con las expresiones regulares creadas anteriormente, indicando si es correcta o incorrecta su evaluación y guardará el archivo en una ruta definida por el usuario.

### Comentarios

El lenguaje EXP permitirá el uso de comentarios de una o varias líneas. Para comentarios multilínea se utilizará el símbolo `<!` para indicar el inicio del comentario y el símbolo `!>` para indicar el final del comentario. Para comentarios de una sola línea se utilizará la doble barra `//`.

```
<! Este es un comentario
    en nuestro programa
!>
// Este es un comentario en nuestro programa
```

## 4. Intérprete de Expresiones Regulares

Este realiza un análisis léxico y sintáctico de un archivo en Lenguaje **EXP** (.exp) dentro del cual se definen todas las expresiones regulares que se van a lograr reconocer en el lenguaje fuente.

### 4.1 Definición del Lenguaje

El archivo para la definición de las expresiones regulares se compone de una sección en la que cada sentencia define el token (identificador) con que el analizador debe reconocer los lexemas ingresados, seguido de la definición de la expresión regulares. Seguido de esto dos símbolos de porcentaje (%%). Por último, se define un identificador y un lexema de entrada, el cual se deberá comparar con la definición que se encuentra en la parte superior.

Cada sentencia se delimita utilizando punto y coma.

```

{ 2 CONS 10 Not
///// CONJUNTOS
CONJ: nombre_conjunto -> notacion; //la notación se define en la sección 4.1.2
CONJ: nombre_conjunto -> notacion; <<conjunto>>
tld -> Expresión_regular_en_prefijo; <<expresión>>
tld -> Expresión_regular_en_prefijo; <<expresión>>
// Mas sentencias
%% for for
%%
id: "Lexema de entrada"; <<lexema>>
id: "Otro Lexema";
// Mas sentencias
}

```

#### 4.1.1 Expresiones regulares

Las expresiones regulares establecen el patrón que se debe cumplir para representar un token, estas se reconocerán en notación polaca o prefijada. A continuación, se muestra la notación a utilizar.

Notación	Definición
. a b	Concatenación entre a y b
a b	Disyunción entre a y b
* a	0 o más veces
+ a	1 o más veces
? a	0 o una vez

\* a & b pueden ser caracteres, conjuntos designados con anterioridad o caracteres especiales.

#### 4.1.2 Conjuntos

Para la definición de conjuntos se utiliza la palabra reservada "CONJ". Un conjunto puede utilizarse dentro de una expresión regular, pero no en la definición de otro conjunto.

A continuación, la notación a utilizar para la definición de conjuntos:

Notación	Definición
a~c	Conjunto {a, b, c}.
a~z	Conjunto de la a hasta la z en minúsculas.
A~Z	Conjunto de la A hasta la Z en mayúsculas.
0~7	Conjunto del 0 al 7.
0,2,4,6,8	Conjunto {0, 2, 4, 6, 8}

• Cualquier otro caso

A,b,C,d	4	Conjunto {A, b, C, d}
!~&	← Faltan	Conjunto de signos entre ! (33 en código ascii) y & (38 en código ascii). Nota: el rango valido será desde el ascii 32 hasta 125 omitiendo los ascii de las letras y dígitos.

\*Los conjuntos vistos anteriormente son ejemplos de las diferentes variantes que éstos pueden tomar (Ej: también puede existir a~d o 0~9).

#### 4.1.3 Caracteres Especiales

Dentro del lenguaje pueden utilizarse estos caracteres especiales:

Notación	Definición
\n	Salto de línea
\'	Comilla Simple
\''	Comilla Doble

#### 4.1.4 Ejemplo

Notas:

- La definición de conjuntos CONJ puede existir en cualquier parte del archivo.
- El uso de conjuntos se verá delimitado por { llaves }

```

{
////// CONJUNTOS
CONJ ID Not
CONJ: letra -> a~z;
CONJ: digito -> 0~9;

////// EXPRESIONES REGULARES
ID ExpReg
ExpReg1 -> . {letra} * | "_" | {letra} {digito};
ExpresionReg2 -> . {digito} . "." + {digito};
RegEx3 -> . {digito} * | "_" | {letra} {digito};

%%
%%

ID VarEx
ExpReg1: "primerLexemaCokoa";
ExpresionReg2: "34.44";
}

```

Verificar = VER

← (conjunto) →

← (Expresion) →

← Por Por →

← Lexema →

✓/f

En este caso "primerLexemaCokoa" se debe comparar con: {letra} \* | "\_" | {letra}

**{digito}** para determinar si la entrada cumple con la expresión regular, de ser correcta se escribirá en el archivo JSON.

#### 4.1.5 Generación de JSON de Salida

Una vez que se analicen cada una de las líneas debajo del doble porcentaje (%%) se deberá generar un archivo JSON cuya ruta será definida por el programador, el cual tendrá las siguientes características:

```
[
  {
    "Valor": "primerLexemaCocoa",
    "ExpresionRegular": "ExpReg1",
    "Resultado": "Cadena Válida"
  },
  {
    "Valor": "34.44",
    "ExpresionRegular": "ExpReg2",
    "Resultado": "Cadena Válida"
  }
]
```

**Archivo de Salida esperada**

## 5. Flujo del programa

### 5.1 Generación de AFD

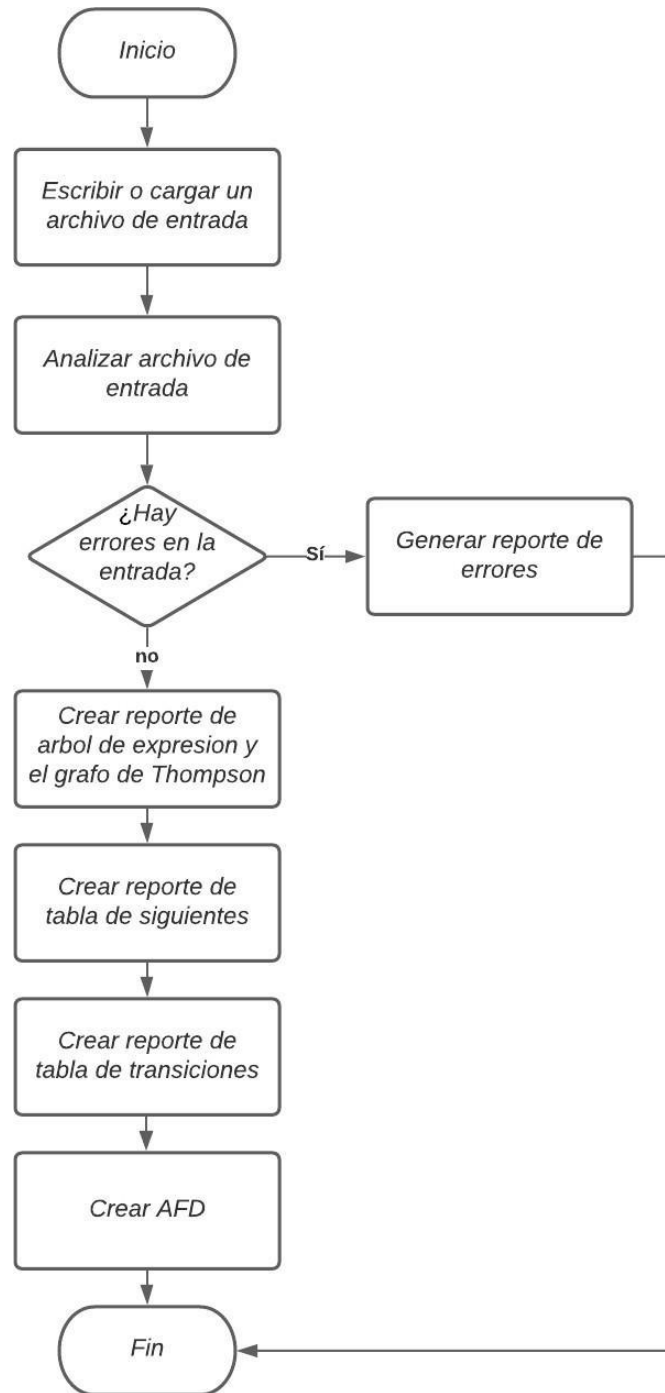


Diagrama de flujo para la creación de autómatas finitos deterministas



## 5.2 Validación de cadenas

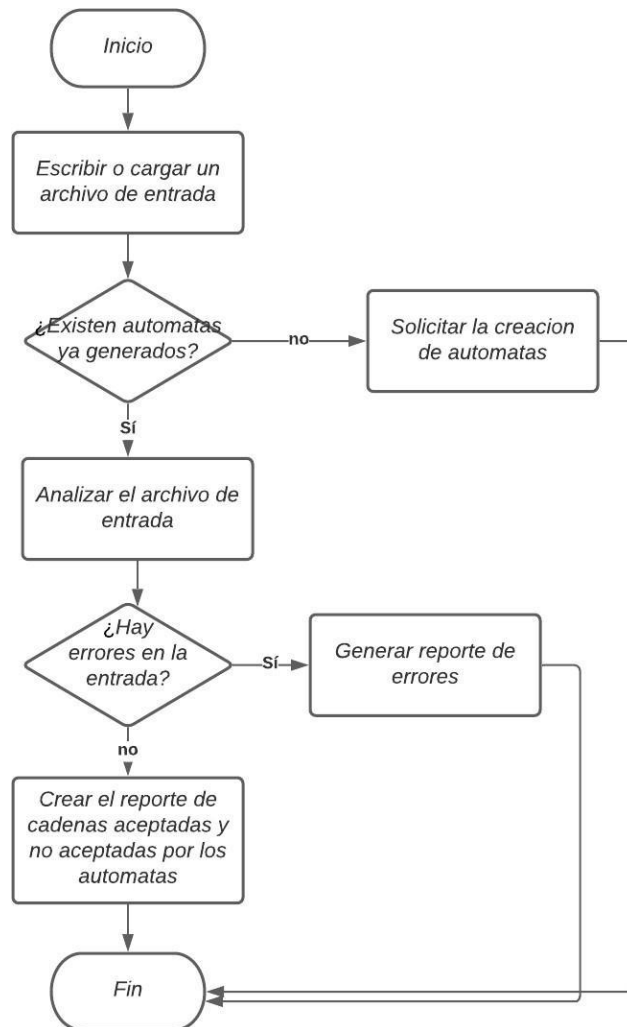
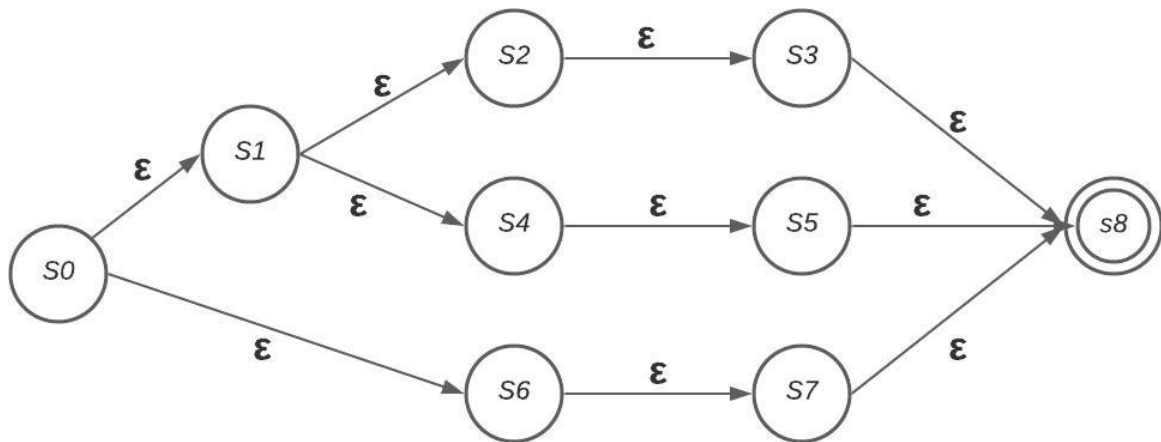


Diagrama de flujo para validación de cadenas

## 6. Método de Thompson

### 6.1 Autómata Finito No Determinista

Es un autómata finito, que a diferencia del AFD, este contiene transiciones vacías, esto quiere decir que para un símbolo hay más de una transición posible.



*Ejemplo de un AFND creado con el método de Thompson*

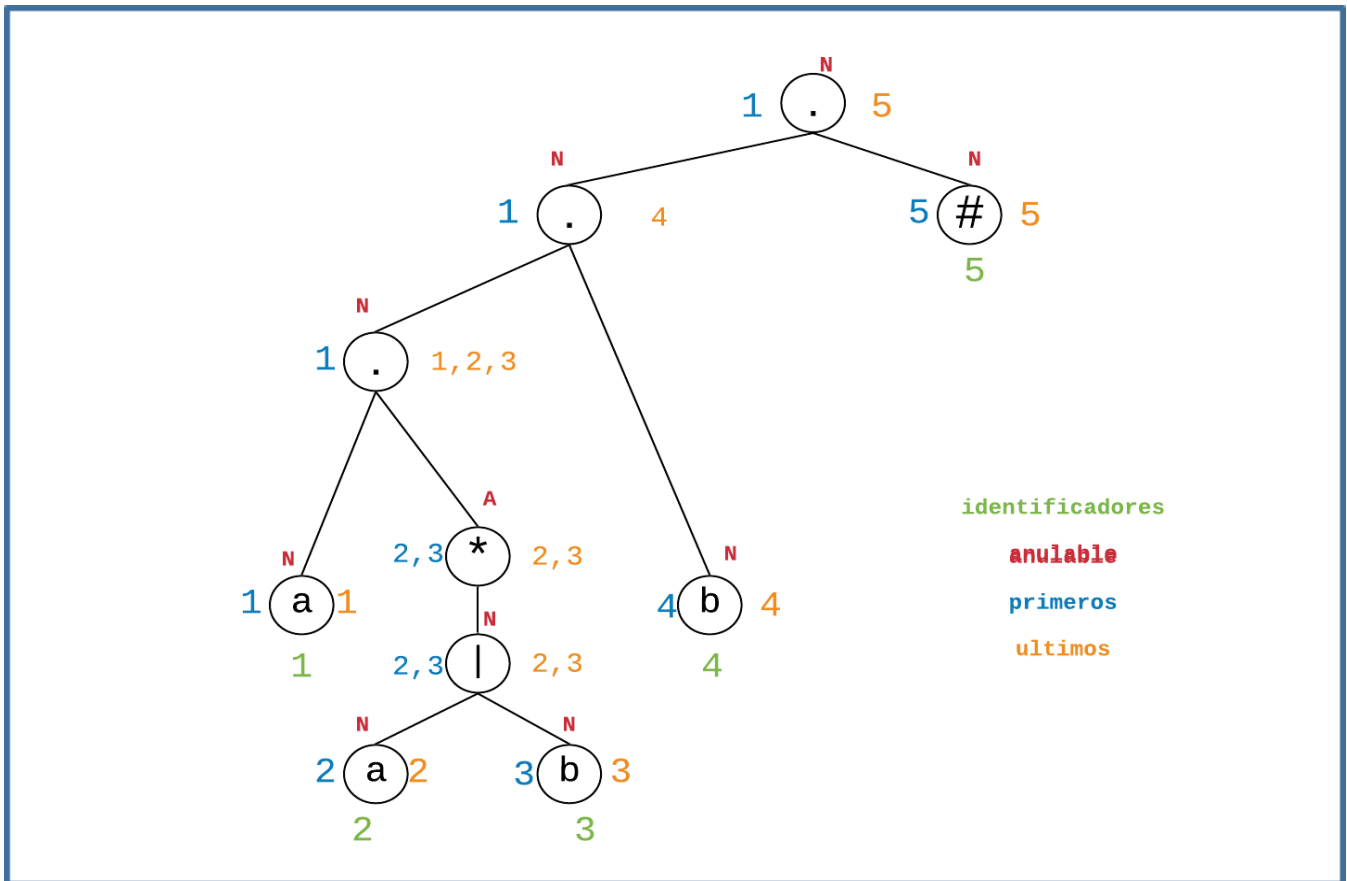
Para aplicar el método de Thompson, se tienen un conjunto de reglas para cada tipo de transición. **Ver Anexo**

## 7. Método del árbol

### 7.1.1 Árbol de expresión

Cada expresión regular descrita con anterioridad en el archivo de entrada deberá generar un árbol de expresión igual al que se muestra a continuación. Cada hoja del árbol tendrá los siguientes atributos dentro de la gráfica.

- Identificador
- Anulable | No Anulable
- Primeros
- Últimos



Gráfica del Árbol de expresión

### 6.1.2 Tabla de transición y tabla de siguientes

Con el árbol de expresión generado con anterioridad se deberá generar una tabla de transición y una tabla de siguientes correspondientes.

Tabla de siguientes

Hoja		Siguientes
A	1	2,3,4
A	2	2,3,4
B	3	2,3,4
B	4	5
#	5	--

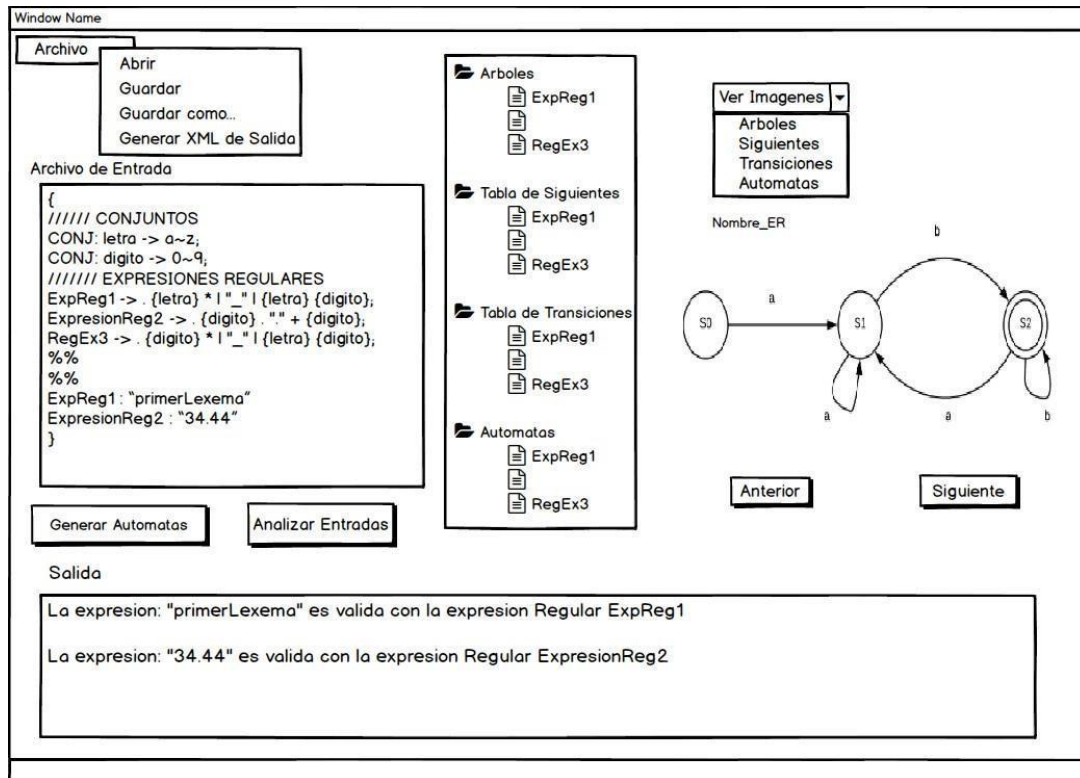
Tabla de Transiciones

Estado	Terminales	
	a	b
S0 {1}	S1	--
S1 {2,3,4}	S1	S2
S2 {2,3,4,5}	S1	S2

## 8. Interfaz Sugerida

**Consola:** la consola deberá mostrar el siguiente mensaje:

*La expresión: <lexema de entrada> es válida con la expresión Regular <Nombre de la Expresión Regular>*



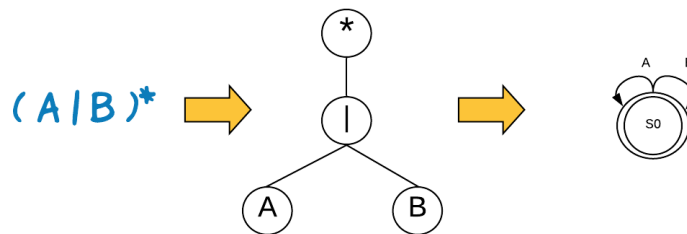
## 9. Anexos

### 9.1 Explicación sobre Método del Árbol

Sirve para encontrar un AFD mínimo dada una expresión regular. Las características de un AFD son:

- No tiene transiciones Epsilon
- No tiene dos o más transiciones con el mismo símbolo a un mismo estado

En el ejemplo se puede observar la entrada, y la salida esperada del método del árbol.

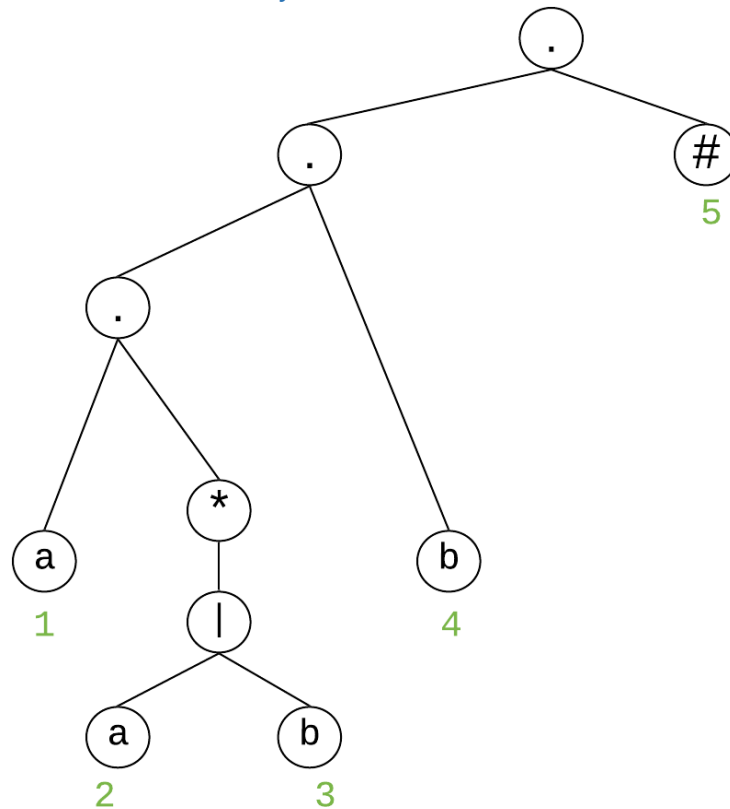


#### 8.1.1 Pasos a seguir para realizar el método del árbol

##### 8.1.1.1 Agregar al final de la expresión regular el símbolo #

$$a(a|b)^*b \rightarrow a(a|b)^*b\#$$

#### 8.1.1.2 Construir el árbol de Sintaxis y dar un identificador único a cada hoja

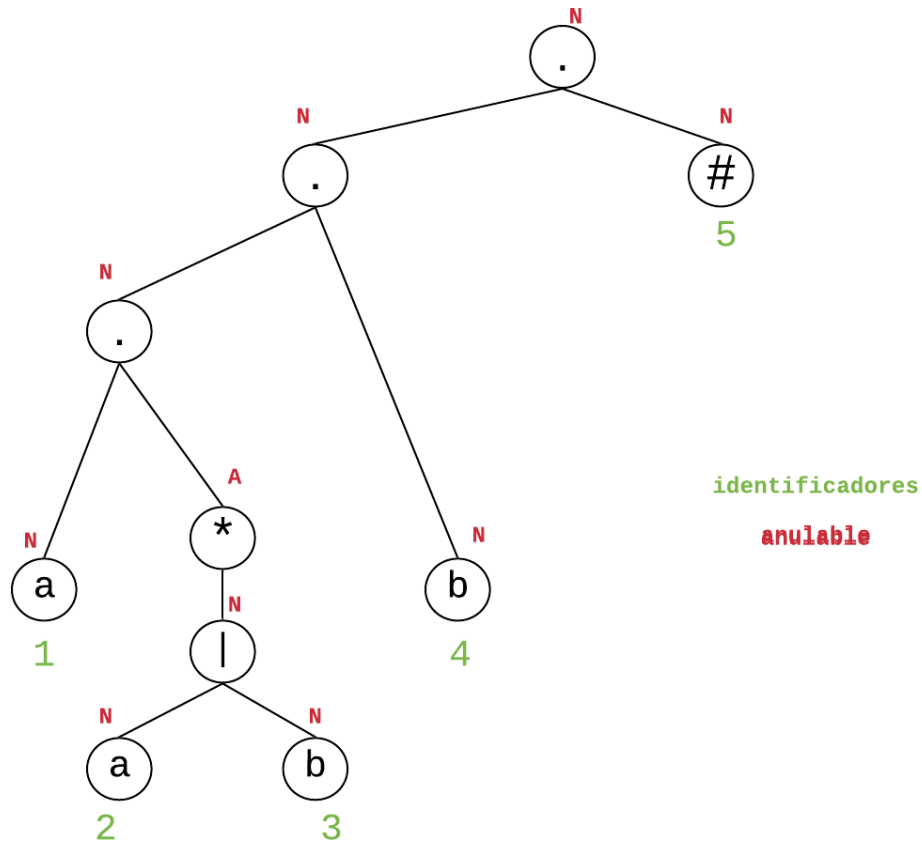


#### 8.1.1.3 Determinar los nodos anulables

Se debe basar utilizando las siguientes reglas:

Terminal	No anulable
$C_1^*$	Anulable
$C_1^+$	No Anulable (Si $C_1$ es no anulable)
$C_1^?$	Anulable
$C_1 C_2$	$(\text{Anulable}(C_1) \vee \text{Anulable}(C_2)) ? \text{Anulable} : \text{No Anulable}$
$C_1C_2$	$(\text{Anulable}(C_1) \wedge \text{Anulable}(C_2)) ? \text{Anulable} : \text{No Anulable}$

La salida esperada, utilizando las reglas anteriores es:

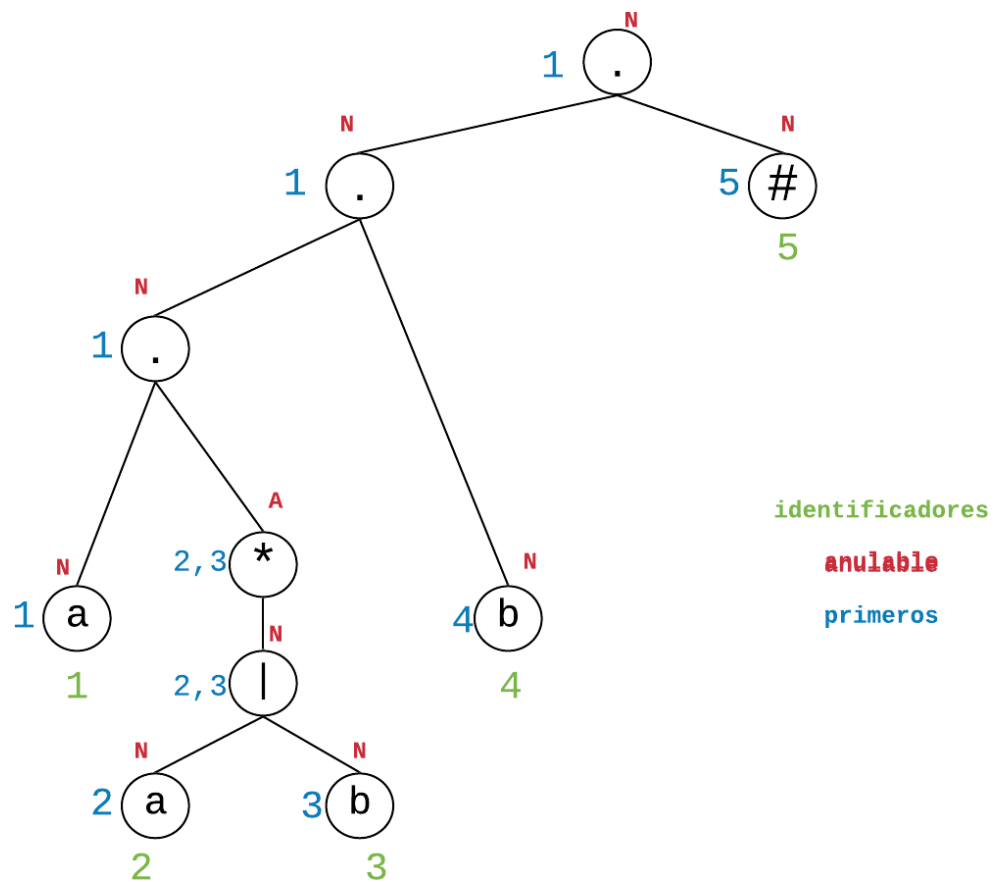


#### 8.1.1.4 Determinar los nodos primeros

Se debe basar utilizando las siguientes reglas:

terminal	Terminal
$C_1^*$	$\text{Primeros}(C_1)$
$C_1^+$	$\text{Primeros}(C_1)$
$C_1^?$	$\text{Primeros}(C_1)$
$C_1 C_2$	$\text{Primeros}(C_1) + \text{Primeros}(C_2)$
$C_1C_2$	$(\text{Anulable}(C_1))?( \text{Primeros}(C_1) + \text{Primeros}(C_2)):\text{Primeros}(C_1)$

La salida esperada, utilizando las reglas anteriores es:

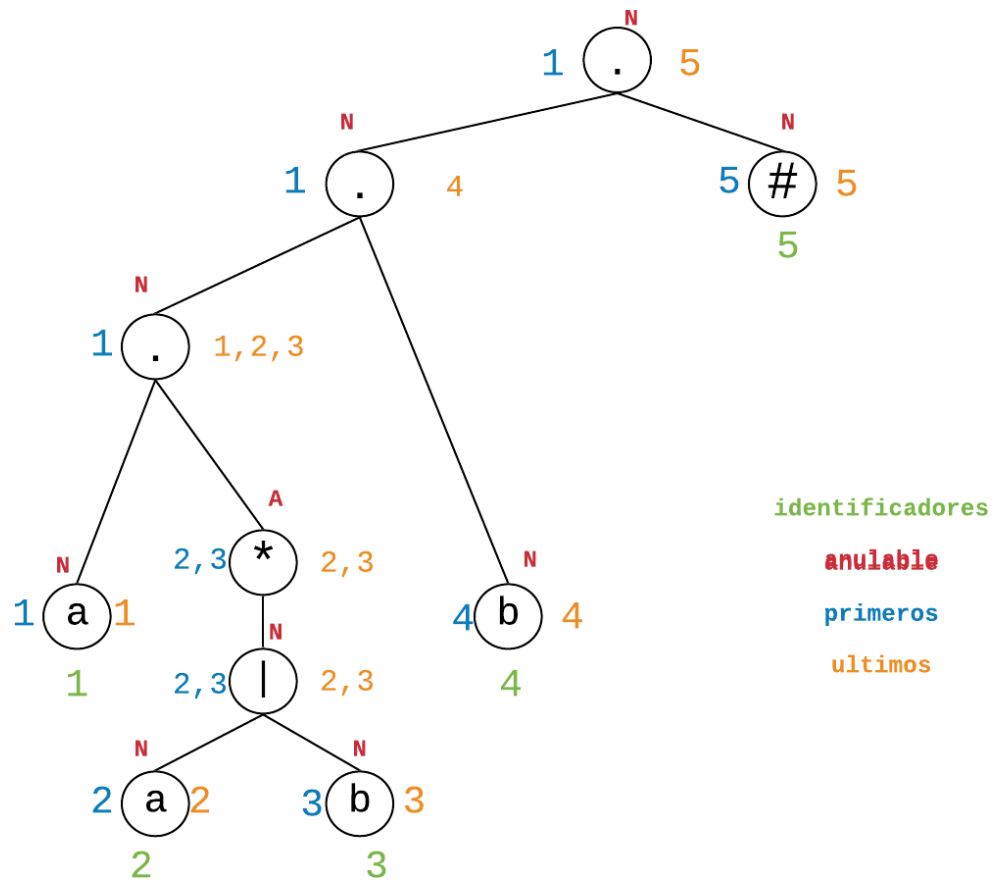


#### 8.1.1.5 Determinar los nodos últimos

Se debe basar utilizando las siguientes reglas:

terminal	Terminal
$C_1^*$	$\text{ultimo}(C_1)$
$C_1^+$	$\text{ultimo}(C_1)$
$C_1^?$	$\text{ultimo}(C_1)$
$C_1 C_2$	$\text{ultimo}(C_1) + \text{ultimo}(C_2)$
$C_1C_2$	$(\text{anulable}(C_2))?( \text{ultimo}(C_1) + \text{ultimo}(C_2)):\text{ultimo}(C_2)$

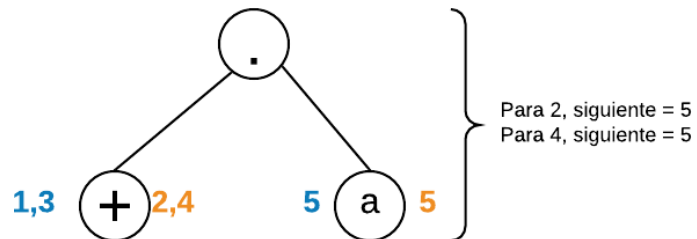
La salida esperada, utilizando las reglas anteriores es:



#### 8.1.1.6 Crear Tabla de Siguientes

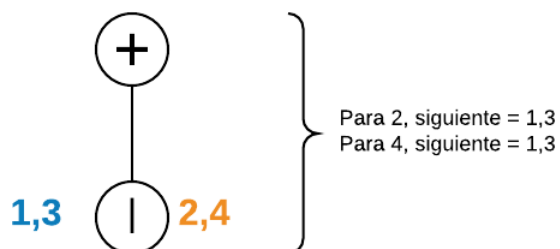
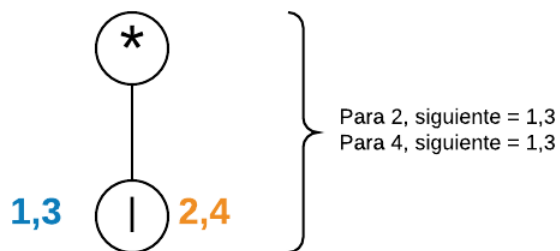
Solamente Concatenación ( $\cdot$ ), Cero o Muchas veces ( $*$ ) y Una o muchas veces ( $+$ ) tienen Siguiente

En la concatenación los Siguientes para los últimos de  $C_1$  son los primeros del Nodo  $C_2$





Para \* y + los siguientes para los últimos de  $C_1$  son los primeros de  $C_1$



La salida esperada, utilizando las reglas anteriores es:

Hoja		Siguientes
a	1	2,3,4
a	2	2,3,4
b	3	2,3,4
b	4	5
#	5	--

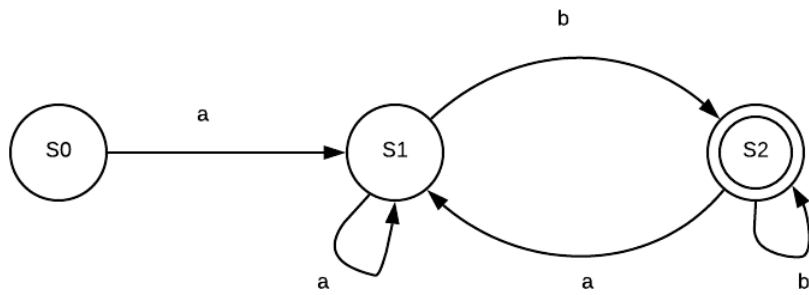
#### 8.1.1.7 Construir la tabla de Transiciones

Estado	Terminales	
	a	b
S0 {1}	S1	--
S1 {2,3,4}	S1	S2
S2 {2,3,4,5}	S1	S2

El estado inicial son los identificadores que estén en los primeros del nodo raíz

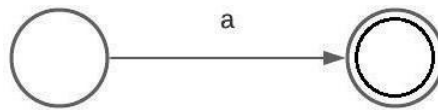
Un estado de aceptación es todo aquel que tenga el identificador del símbolo # agregado inicialmente.

### 8.1.1.8 Ilustración del AFD construido utilizando la tabla de Transiciones

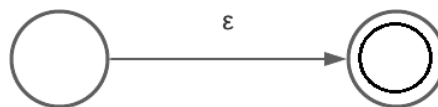


## 9.2 Reglas del Método de Thompson

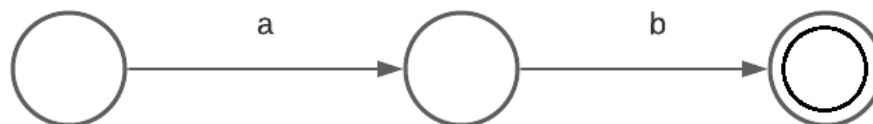
### 9.2.1 Transición “a”



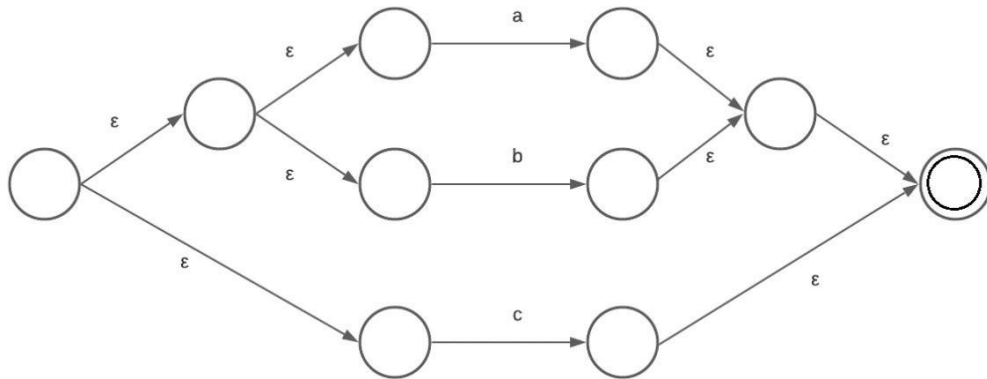
### 9.2.2 Transición “ $\epsilon$ ”



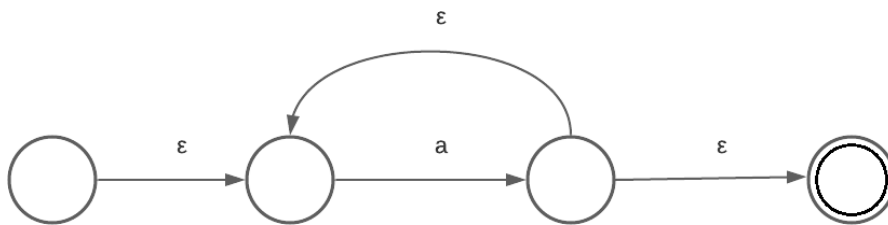
### 9.2.3 Transición “ab”



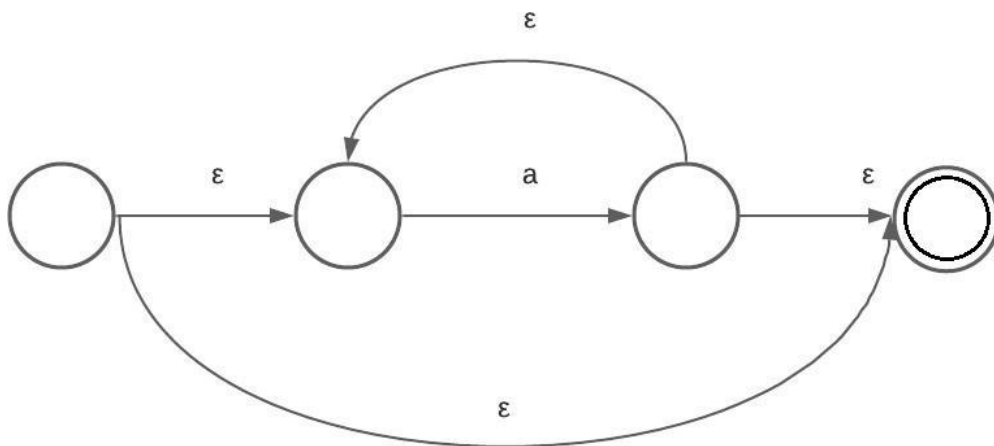
#### 9.2.4 Transición "a|b|c"



#### 9.2.5 Transición "a<sup>+</sup>"



#### 9.2.6 Transición "a<sup>\*</sup>"

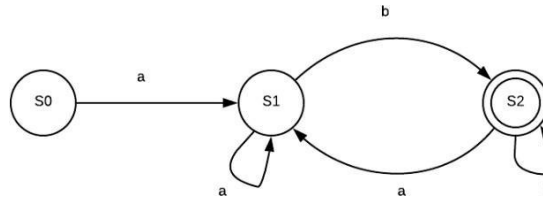




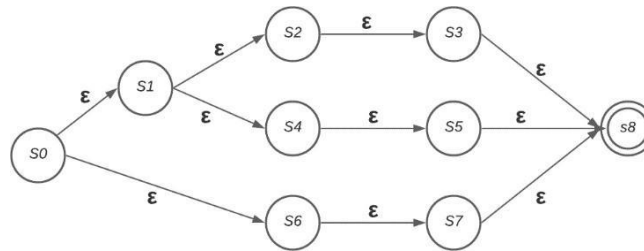
## 10.4 Transiciones

Estado	Terminales	
	a	b
S0 {1}	S1	--
S1 {2,3,4}	S1	S2
S2 {2,3,4,5}	S1	S2

## 10.5 AFD



## 10.5 AFND



## 10.6 Errores

El reporte de errores debe contener la información suficiente para detectar y corregir errores en el código fuente. Para mostrar este reporte, se requiere que lo muestre como una página HTML.

#	Tipo de Error	Descripción	Línea	Columna
1	Léxico	El carácter "\$" no pertenece al lenguaje.	5	32
2	Sintáctico	Encontrado Identificador "Ejemplo", se esperaba Palabra Reservada "Valor"	10	12

## 10.7 Salidas

Las salidas son los archivos JSON generados tras un análisis exitoso de la entrada.

**Nota:** Se debe crear las siguientes carpetas para almacenar los reportes generados durante la ejecución del programa:

- ✓ **ARBOLES\_#CARNET:** En esta carpeta se almacenarán las imágenes de los árboles de expresión
- ✓ **AFND\_#CARNET:** En esta carpeta se almacenarán las imágenes de los autómatas finitos no de deterministas.
- ✓ **SIGUIENTES\_#CARNET:** En esta carpeta se almacenará los reportes de las tablas de siguientes generados.
- ✓ **TRANSICIONES\_#CARNET:** En esta carpeta se almacenará los reportes de las tablas de transiciones

- ✓ **AFD\_#CARNET:** En esta carpeta se almacenará los reportes de los grafos de los autómatas finitos deterministas
- ✓ **ERRORES\_#CARNET:** En esta carpeta se almacenará los reportes de los errores en los archivos de entrada
- ✓ **SALIDAS\_#CARNET:** En esta carpeta se almacenarán los archivos JSON generados como salidas exitosas.

## 11. Requerimientos Mínimos

Para que el estudiante tenga derecho a calificación, deberá cumplir con la generación completa del Método del Árbol, esto implica lo siguiente:

1. Generar Árbol de Expresiones.
2. Generar AFD (Autómata Finito Determinista).
3. Generar Tabla de Siguietes.
4. Generar Tabla de Transiciones.
5. Poseer con al menos 5 commits realizados en el repositorio donde se estuvo trabajando el proyecto.

Por último, se deberá entregar el archivo de gramáticas, para verificar que el estudiante trabajó de forma individual.

**SI EL ESTUDIANTE NO CUMPLE CON ESTOS REQUERIMIENTOS, NO TENDRÁ DERECHO A CALIFICACIÓN.**

## 12. Entregables

- Código Fuente del proyecto.
- Manuales de Usuario.
- Manual Técnico.
- Archivo de Gramática para la solución (El archivo debe de ser limpio, entendible y no debe ser una copia del archivo de CUP).
- Link al repositorio privado de Github en donde se encuentra su proyecto (Se debe de agregar como colaborador al auxiliar que le califique).

## 13. Restricciones

1. Lenguajes de programación a usar: **Java**
2. Herramientas de análisis léxico y sintáctico: **JFlex/CUP**
3. **La Práctica es Individual**
4. Para graficar se puede utilizar cualquier librería (Se recomienda Graphviz)
5. Copias completas/parciales de: código, gramáticas, etc. serán merecedoras de una nota de 0 puntos, los responsables serán reportados al catedrático de la sección y a la Escuela de Ciencias y Sistemas.
6. Para tener derecho a calificación se debe de tener interfaz gráfica (**NO PROGRAMAS SOLAMENTE EN CONSOLA**).
7. La calificación tendrá una duración de 30 minutos, acorde al programa del laboratorio.
8. **Se debe poder analizar la cadena de entrada y comprobar el resultado a través del AFD, de lo contrario no se calificará**

## 14. Fecha de Entrega

**Domingo 06 de marzo de 2022.**

**La entrega será por medio de la plataforma UEDI, si existieran inconvenientes con la plataforma se utilizará Classroom PREVIAMENTE INDICADO CON SU RESPECTIVO AUXILIAR.**

**Entregas fuera de la fecha indicada, no se calificarán.**

**SE LE CALIFICARA DEL COMMIT REALIZADO HASTA ESTA FECHA.**