



# Autómatas

- Vimos lenguajes y sus tipos según la jerarquía de Chomsky
- Las gramáticas GENERAN lenguajes formales
- Los autómatas son mecanismos abstractos que permiten RECONOCER lenguajes formales
- Por reconocer entendemos que acepta o **reconoce** todas las cadenas del lenguaje y **rechaza** toda cadena que no pertenezca al lenguaje



# Clasificación

Jerarquía de Chomsky	Tipo de lenguaje formal	Gramática que lo genera	Autómata mínimo que lo reconoce
Tipo 0	<b>LRE</b> (Lenguaje RE) [1]	<b>GIR</b> (Gramática IRrestricta)	Máquina de Turing
Tipo 1	<b>LSC</b> (Lenguaje Sensible al Contexto)	<b>GSC</b> (Gramática Sensible al Contexto)	Autómata Linealmente Acotado [2]
Tipo 2	<b>LIC</b> (Lenguaje Independiente del Contexto)	<b>GIC</b> (Gramática Independiente del Contexto)	Autómata Finito con Pila <b>NO</b> Determinístico [3][4]
Tipo 3	<b>LR</b> (Lenguaje Regular)	<b>GR</b> (Gramática Regular)	Autómata Finito

[1] **LRE**: Lenguajes Recursivamente Enumerables son los generados por GIR

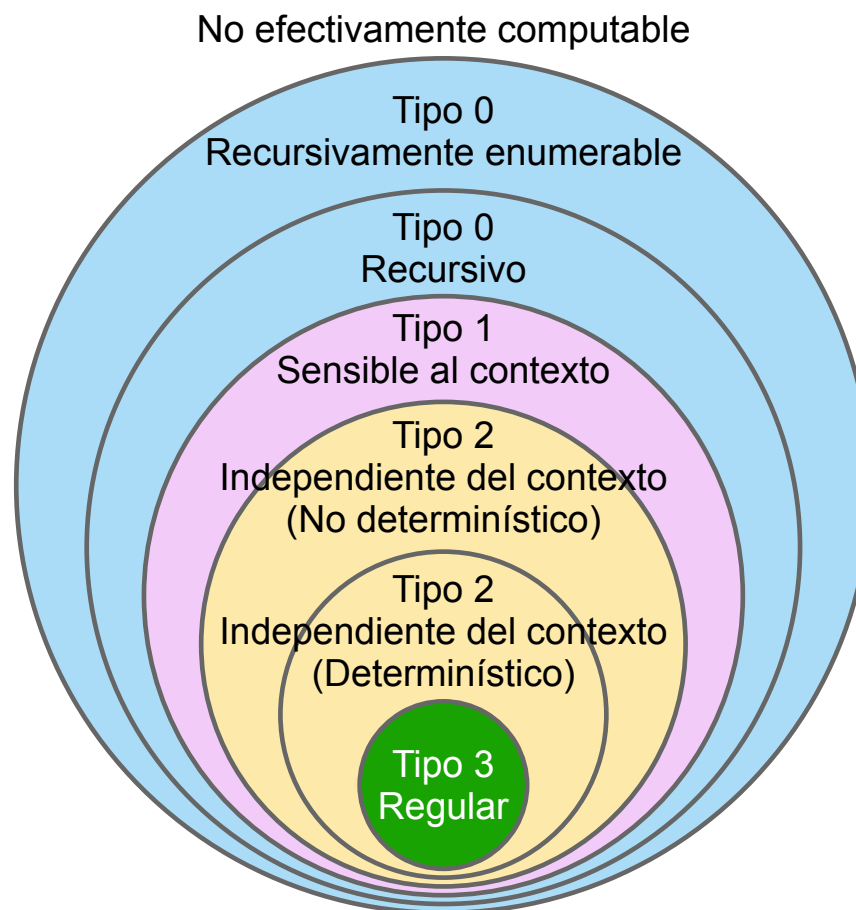
[2] Son un caso particular de la Máquina de Turing (La cinta no es infinita)

[3] La mayoría de los LIC y en particular los que son de interés en lenguajes de programación se pueden reconocer con un Autómata Finito con Pila **Determinístico**

[4] Los autómatas finitos con pila se conocen en inglés como **PushDown** Automata



# Jerequía de Chomsky





# Autómata Finito

- Un autómata finito es una máquina abstracta que toma como entrada una cadena y la acepta o la rechaza.
- Está formado por
  - Un conjunto de estados
  - Un estado inicial, que es único. Ese es el estado con el que comienza al analizar una cadena.
  - Un alfabeto sobre el cuál se escribe el lenguaje que reconoce el autómata.
  - Una función de transición que toma como entradas el estado en que se encuentra el autómata y el próximo carácter de la cadena a analizar. Y como salida pasa (“transiciona”) a un estado (eventualmente el mismo)
  - Un conjunto de estados finales. Si al finalizar el análisis de la cadena queda en alguno de esos estados la cadena es aceptada, sino es rechazada
- El término **Finito** se refiere a la cantidad de estados



# Definición de Autómata Finito Determinístico (AFD)

- Un autómata es una 5-upla  $M = (Q, \Sigma, T, q_0, F)$   
Donde
  - $Q$  es el conjunto de estados
  - $\Sigma$  es el alfabeto del lenguaje a reconocer
    - Corresponde a alfabeto terminal de una gramática
  - $T: Q \times \Sigma \rightarrow Q$ , es la función de transición
  - $q_0 \in Q$ , es el estado inicial
  - $F \subseteq Q$ , es el conjunto de estados finales (o aceptores)



# AFD

- La propiedad de ser determinístico está dada por la función de transición, que dado un estado y carácter determina unívocamente el nuevo estado al que pasa el autómata
- La función de transición no tiene porque estar definida para todo par de  $Q \times \Sigma$
- Si en medio del análisis de una cadena, el par  $Q \times \Sigma$  a aplicar resulta no estar definido, entonces se detiene el análisis y la cadena es rechazada
- Los estados suelen identificarse con números o letras
- $T(2,c) = 4$  significa que si el autómata está en el estado 2 y el próximo carácter de la cadena a analizar es c entonces el autómata pasará al estado 4



# Diagrama de transición

- La función de transición también se puede representar mediante el diagrama de transición que es un grafo dirigido donde
  - Los nodos del grafo representan los estados del autómata
  - Los arcos se etiquetan con las letras del alfabeto
  - Si hay un arco etiquetado como  $a$  que sale del nodo 2 y llega al nodo 5 significa que  $T(2,a) = 5$
- El estado inicial se indica agregando el signo “-” al número o letra que lo identifica
  - En los diagramas también se lo suele identificar con una flecha que apunta al nodo inicial
- Los estados finales se los indica con un signo “+”
  - En los diagramas también se los suele identificar usando doble línea al dibujar el círculo del nodo



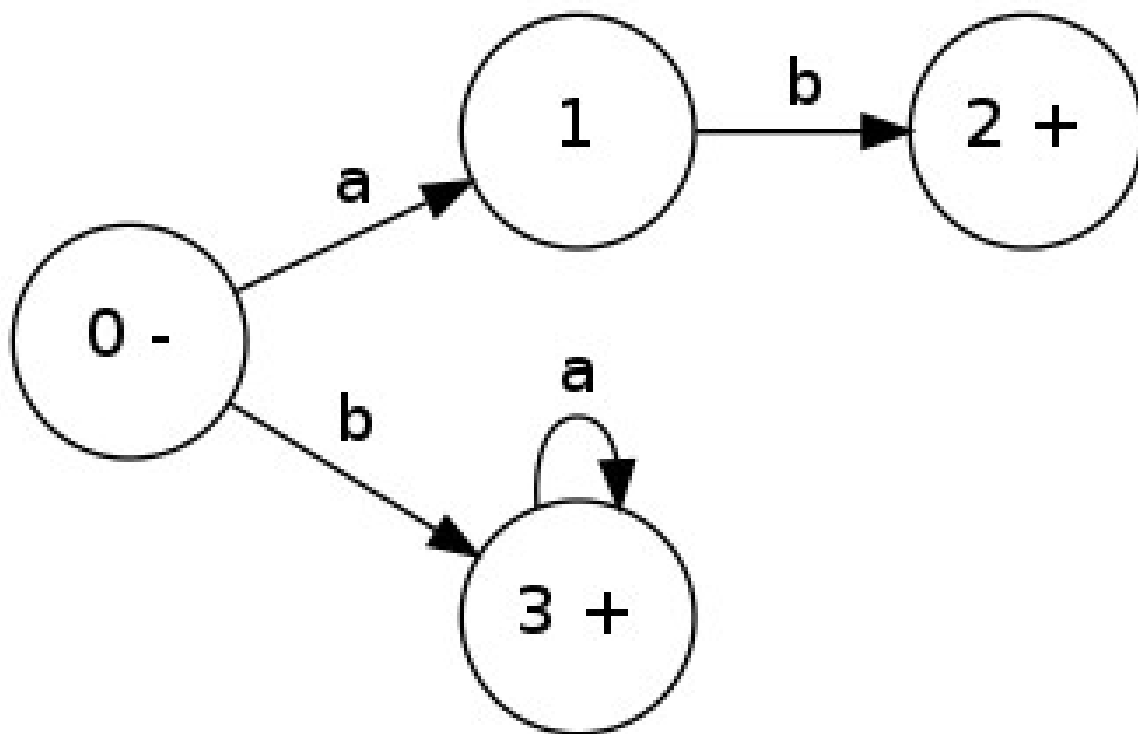
# Tabla de transición y actividad

- La tabla de transición es otro modo de mostrar la función de transición. Básicamente es la matriz de incidencia del grafo correspondiente al diagrama de transición
- En las filas colocamos los estados y en las columnas los caracteres de  $\Sigma$ . En cada celda va el nuevo estado al que el autómata pasa si estando en el estado correspondiente a la fila se lee el carácter correspondiente a la columna
- Actividad es indicar un recorrido en el autómata indicando estado  $\Rightarrow$  carácter  $\Rightarrow$  estado





# Ejemplo



TT	a	b
0-	1	3
1	-	2
2+	-	-
3+	3	-

Actividad para la cadena “ba”

0 => b => 3 => a => 3 RECONOCE



# Tabla de transición completa

- Se trata de completar la función de transición para que esté definida para todo  $Q \times \Sigma$ .
- Para ello se agrega un nuevo estado, que llamaremos estado de error, y completaremos la función con ese nuevo estado, el cual vuelve a sí mismo con cualquier carácter de  $\Sigma$

TT	a	b
0-	1	3
1	-	2
2+	-	-
3+	3	-

TT	a	b
0-	1	3
1	4	2
2+	4	4
3+	3	4
4	4	4

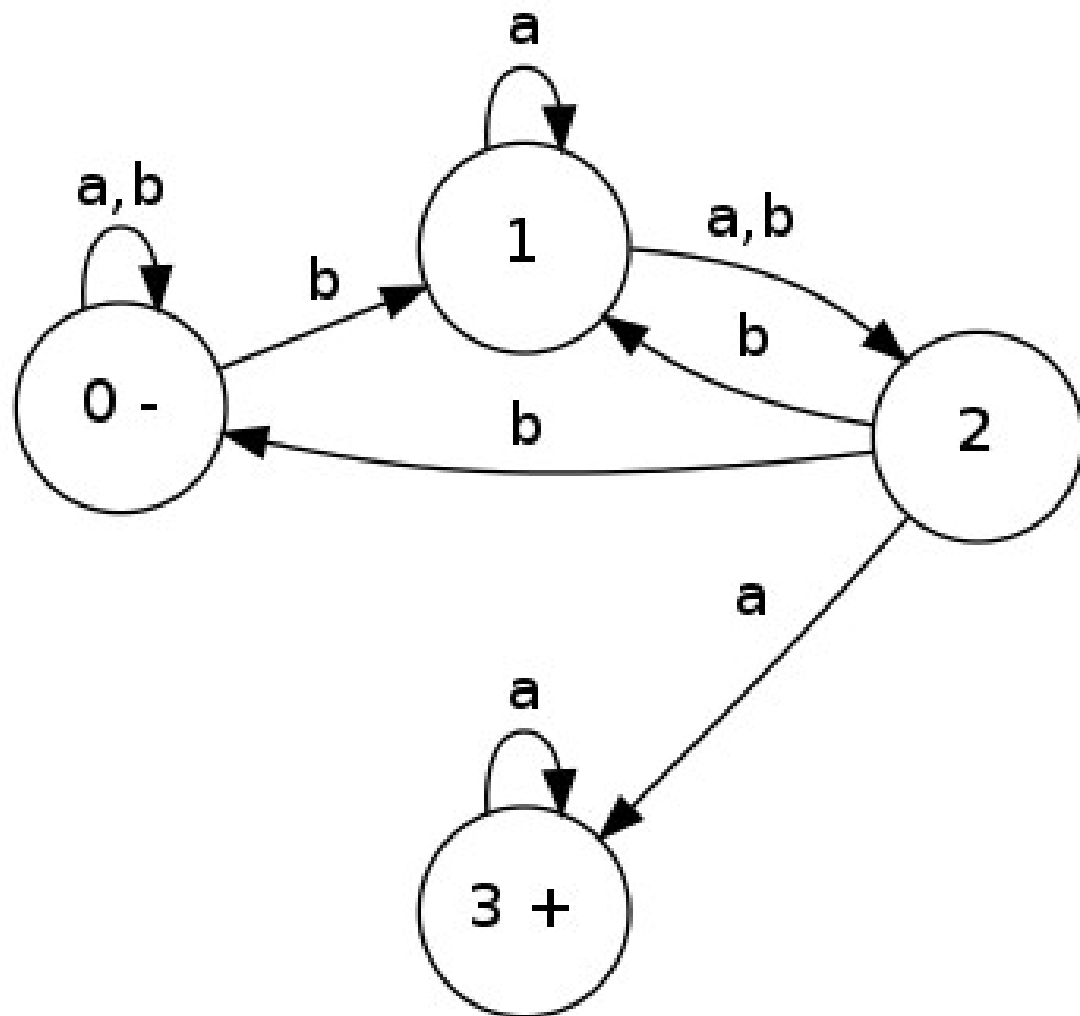


# Autómata Finito No Determinístico (AFN)

- La condición de no determinístico está dada porque ante un par  $Q \times \Sigma$  en la entrada para el cuál la función esté definida, la salida puede ser más de una estado, es decir, es un conjunto de estados
- Matemáticamente es una 5-upla  
 $M = (Q, \Sigma, T, q_0, F)$   
Donde
  - $T: Q \times \Sigma \rightarrow P(Q)$  , la función de transición cambia su imagen al conjunto de partes de  $Q$ , o sea el conjunto de todos los posibles subconjuntos de  $Q$ 
    - También conocido como Conjunto Potencia y notado como  $2^Q$
  - El resto queda igual que en AFD



# Ejemplo



TT	a	b
0-	{0}	{0,1}
1	{1,2}	{2}
2	{3}	{0,1}
3+	{3}	-



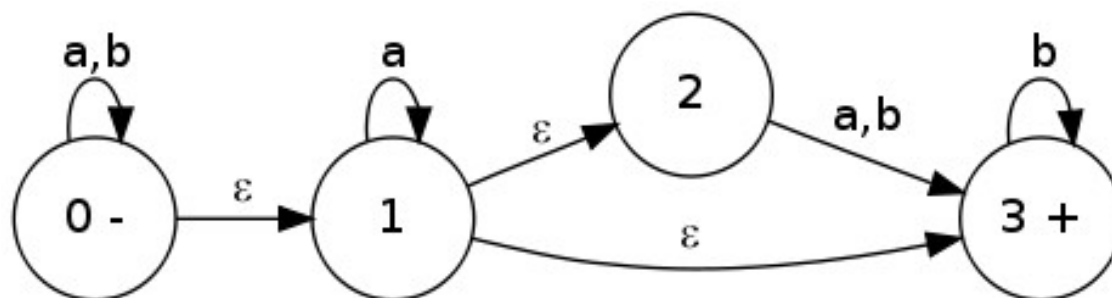
## AFN- $\epsilon$

- Permite cambiar de estado sin consumir ningún carácter de la cadena que se analiza
- Estos cambios se etiquetan con  $\epsilon$
- A la tabla de transición se le agrega una columna más etiquetada con  $\epsilon$  dado que formalmente la función de transición pasa a ser:

$$T: Q \times (\Sigma \cup \{\epsilon\}) \rightarrow P(Q)$$



# Ejemplo



TT	a	b	$\epsilon$
0-	{0}	{0}	{1}
1	{1}	-	{2,3}
2	{3}	{3}	-
3+	-	{3}	-



# Licencia

*Esta obra, © de Eduardo Zúñiga, está protegida legalmente bajo una licencia Creative Commons, **Atribución-CompartirDerivadasIgual 4.0 Internacional**.*

*<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>*

***Se permite: copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra; hacer obras derivadas y hacer un uso comercial de la misma.  
Siempre que se cite al autor y se herede la licencia.***

