Teoría de Autómatas y Lenguajes Formales

Boletín de Autoevaluación 1: **¿Cómo se transforma un AFN en un AFD?**

1. Objetivos.

El objetivo de este boletín es ilustrar el método de transformación de un Autómata Finito No Determinista (AFN) en un Autómata Finito Determinista (AFD) mediante ejemplos y, además, proporcionar la solución a alguno de los problemas propuestos en el boletín para que podáis comprobar si habéis aplicado bien este método.

2. Explicación del método.

En un autómata determinista, AFD, las transiciones tienen la siguiente estructura:

Desde el estado j, leyendo el símbolo a, se debe transitar al estado k.

Un autómata no determinista, AFN, se caracteriza por transistar a más de un estado; es decir, la acción básica podría ser como esta:

Desde el estado j, leyendo el símbolo a, se puede transitar al estado k ó al estado p.

Formalmente, esta idea se expresa *redefiniendo* la función de transición; ya no es una función f tal que

$$f : Q \times \Sigma \longrightarrow Q$$

es decir, una función que dado un estado y un símbolo devuelve *el estado al que se transita*, sino que se expresa como

$$f : Q \times \Sigma \longrightarrow 2^Q$$

es decir, una función f tal que dado un estado y un símbolo devuelve *el conjunto de estados al que se puede transitar*[1].

Los AFN son útiles como herramienta teórica: facilitan el diseño y suelen ser más "económicos" (menor número de estados, menor número de transiciones) que los AFD. Pero, por desgracia, son *herramientas teóricas*: el mundo real es determinista... por lo tanto, para poder "verlos en funcionamiento" o bien se recurre a la simulación o bien se deben transformar previamente a AFD.

[1]No olvidéis que 2^Q (ó $P(Q)$) es el conjunto de todos los conjuntos que se pueden formar con elementos de Q; por lo tanto, esa definición de f indica que la imagen es un subconjunto de Q.

Para transformar un AFN en un AFD se sigue el siguiente método:

1. Se construye una tabla donde cada columna está etiquetada con un símbolo del alfabeto de entrada y cada fila se etiqueta con un conjunto de estados.
2. La primera fila se etiqueta con $\{q_0\}$, estado inicial, y en cada entrada de la tabla $[q_0, s_i]$ se almacena $f(q_0, s_i) = \{p_1, \ldots, p_n\} = P$.
3. Se etiqueta cada fila con cada uno de los conjuntos P que no tengan asociada una fila en la tabla (es decir, con cada uno de los conjuntos P que aparezcan por primera vez en la tabla) y se completa cada una de estas filas con el correspondiente $f(P, s_i)$.
4. Se realiza el paso (3) hasta que no haya en la tabla conjuntos P sin filas asociadas.
5. Se asocia a cada conjunto P que aparezca en la tabla un estado en el nuevo AFD y aquellos que tengan entre sus componentes algún estado final del AFN se considerarán estados finales en el AFD.

3. Ejemplo 1.

Calcular un AFD que reconozca el mismo lenguaje que el siguiente AFN,

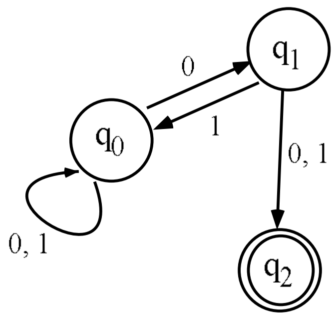


Figura 1: AFN a transformar en AFD.

La función de transición de este AFN es la siguiente:

f	0	1
q_0	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
q_1	$\{q_2\}$	$\{q_0, q_2\}$
q_2	$\emptyset$	$\emptyset$

Comenzamos a aplicar el método a partir de la imagen de $\{q_0\}$ con cada uno de los símbolos del alfabeto, de acuerdo a la tabla original:

f	0	1
$\{q_0\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
	...	

La imagen de $\{q_0\}$ con el símbolo 0 es el conjunto de estados $\{q_0, q_1\}$ ($f(q_0, 0) = \{q_0, q_1\}$) y su imagen con el símbolo 1 es el conjunto de estados $\{q_0\}$. Como el conjunto $\{q_0, q_1\}$ no tiene asociada ninguna fila en la tabla, se etiqueta una fila con él:

f	0	1
$\{q_0\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
$\{q_0, q_1\}$		
	...	

Para calcular la imagen de $\{q_0, q_1\}$ con el símbolo 0, se debe calcular $f(q_0, 0) \cup f(q_1, 0)$. Si lo consultamos en la tabla de transición del AFN o en el grafo, se obtiene que es $\{q_0, q_1\} \cup \{q_2\} = \{q_0, q_1, q_2\}$. Este resultado se escribe en la tabla en la entrada $[\{q_0, q_1\}, 0]$:

f	0	1
$\{q_0\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	
	...	

De forma similar se calcula la imagen de $\{q_0, q_1\}$ con el símbolo 1: $f(q_0, 1) \cup f(q_1, 1) = \{q_0\} \cup \{q_0, q_2\} = \{q_0, q_2\}$,

f	0	1
$\{q_0\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_2\}$
	...	

Una vez completada la fila etiquetada como $\{q_0, q_1\}$ se observa que aparecen dos conjuntos de estados nuevos; por lo tanto, se procede a crear dos nuevas filas en la tabla, cada una etiquetada con cada uno de los nuevos conjuntos:

f	0	1
$\{q_0\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_2\}$
$\{q_0, q_1, q_2\}$		
$\{q_0, q_2\}$		
	...	

Se calcula la fila etiquetada como $\{q_0, q_1, q_2\}$:

$$f(\{q_0, q_1, q_2\}, 0) = f(q_0, 0) \cup f(q_1, 0) \cup f(q_2, 0) = \{q_0, q_1\} \cup \{q_2\} \cup \emptyset = \{q_0, q_1, q_2\}.$$

f	0	1
$\{q_0\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_2\}$
$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	
$\{q_0, q_2\}$		
	...	

$$f(\{q_0, q_1, q_2\}, 1) = f(q_0, 1) \cup f(q_1, 1) \cup f(q_2, 1) = \{q_0\} \cup \{q_0, q_2\} \cup \emptyset = \{q_0, q_2\}.$$

f	0	1
$\{q_0\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_2\}$
$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_2\}$
$\{q_0, q_2\}$		
	...	

Como se puede ver, al rellenar esta fila no ha aparecido ningún nuevo conjunto de estados; por lo tanto, pasamos a completar la fila etiquetada con $\{q_0, q_2\}$.

$$f(\{q_0, q_2\}, 0) = f(q_0, 0) \cup f(q_2, 0) = \{q_0, q_1\} \cup \emptyset = \{q_0, q_1\}.$$

f	0	1
$\{q_0\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_2\}$
$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_2\}$
$\{q_0, q_2\}$	$\{q_0, q_1\}$	
	...	

$$f(\{q_0, q_2\}, 1) = f(q_0, 1) \cup f(q_2, 1) = \{q_0\} \cup \emptyset = \{q_0\}.$$

f	0	1
$\{q_0\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_2\}$
$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_2\}$
$\{q_0, q_2\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
	...	

Tampoco ahora han aparecido nuevos conjuntos de estados, por lo que ya hemos finalizado: el AFD equivalente al AFN descrito en la figura 1 y en la tabla original tiene como función de transición la descrita en el cuadro 1.

f	0	1
$\{q_0\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_2\}$
$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_1, q_2\}$	$\{q_0, q_2\}$
$\{q_0, q_2\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$

Cuadro 1: Tabla del AFD equivalente, obtenida aplicando el método teórico.

El conjunto $\{q_0\}$ se renombra como q'_0, el $\{q_0, q_1\}$ como q'_1, el $\{q_0, q_1, q_2\}$ como q'_2 y el estado $\{q_0, q_2\}$ se renombra como q'_3. Como los conjuntos $\{q_0, q_1, q_2\}$ y $\{q_0, q_2\}$ contienen estados finales del AFN original, entonces los estados q'_2 y q'_3 serán estados finales en el AFD.

La representación del AFD como grafo dirigido se muestra en la figura 2.

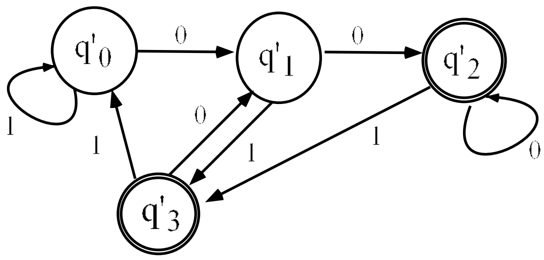


Figura 2: Grafo del AFD obtenido al transformar el AFN presentado en la figura 1.

4. Ejemplo 2.

Calcular un AFD que reconozca el mismo lenguaje que el siguiente AFN,

$$A = \langle \{p, q, r, s\}, \{0, 1\}, f_1, p, \{s\} \rangle$$

siendo f_1 la siguiente función de transición:

f_1	0	1
p	$\{p, q\}$	$\{p\}$
q	$\{r\}$	$\{r\}$
r	$\{s\}$	$\emptyset$
s	$\{s\}$	$\{s\}$

Como en el ejemplo anterior, se comienza a partir de la imagen del conjunto formado por el estado inicial, $\{p\}$, con cada uno de los símbolos:

f	0	1
$\{p\}$	$\{p, q\}$	$\{p\}$
	...	

El conjunto de estados $\{p, q\}$ no tiene ninguna fila asociada, por lo que se etiqueta una fila con él:

f	0	1
$\{p\}$	$\{p, q\}$	$\{p\}$
$\{p, q\}$		
	...	

Como antes, empezaremos a calcular las imágenes del conjunto de estados con cada uno de los símbolos.

$$f(\{p,q\},0) = f_1(p,0) \cup f_1(q,0) = \{p,q\} \cup \{r\} = \{p,q,r\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	
	...	

$$f(\{p,q\},1) = f_1(p,1) \cup f_1(q,1) = \{p,\} \cup \{r\} = \{p,r\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
	...	

Una vez completada la fila, han aparecido dos nuevos conjuntos de estados nuevos; por lo tanto, hay que crear dos nuevas filas en la tabla:

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$		
$\{p,r\}$		
	...	

Vamos a calcular la fila de $\{p,q,r\}$:

$$f(\{p,q,r\},0) = f_1(p,0) \cup f_1(q,0) \cup f_1(r,0) = \{p,q\} \cup \{r\} \cup \{s\} = \{p,q,r,s\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$	$\{p,q,r,s\}$	
$\{p,r\}$		
	...	

$$f(\{p,q,r\},1) = f_1(p,1) \cup f_1(q,1) \cup f_1(r,1) = \{p\} \cup \{r\} \cup \emptyset = \{p,r\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r\}$
$\{p,r\}$		
	...	

Al rellenar esta fila ha aparecido un nuevo conjunto de estados, $\{p,q,r,s\}$. Esto quiere decir que se añade una nueva fila etiquetada con dicho conjunto.

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r\}$
$\{p,r\}$		
$\{p,q,r,s\}$		
	...	

Pasamos a calcular la fila del conjunto $\{p,r\}$:

$$f(\{p,r\},0) = f_1(p,0) \cup f_1(r,0) = \{p,q\} \cup \{s\} = \{p,q,s\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r\}$
$\{p,r\}$	$\{p,q,s\}$	
$\{p,q,r,s\}$		
	...	

$$f(\{p,r\},1) = f_1(p,1) \cup f_1(r,1) = \{p\} \cup \emptyset = \{p\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r\}$
$\{p,r\}$	$\{p,q,s\}$	$\{p\}$
$\{p,q,r,s\}$		
	...	

En el proceso de calcular esta fila ha aparecido un nuevo conjunto de estados, $\{p,q,s\}$, así que añadimos una nueva fila a la tabla,

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r\}$
$\{p,r\}$	$\{p,q,s\}$	$\{p\}$
$\{p,q,r,s\}$		
$\{p,q,s\}$		
	...	

Ahora toca la fila $\{p,q,r,s\}$:

$$f(\{p,q,r,s\},0) = f_1(p,0) \cup f_1(q,0) \cup f_1(r,0) \cup f_1(s,0) = \{p,q\} \cup \{r\} \cup \{s\} \cup \{s\} = \{p,q,r,s\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r\}$
$\{p,r\}$	$\{p,q,s\}$	$\{p\}$
$\{p,q,r,s\}$	$\{p,q,r,s\}$	
$\{p,q,s\}$		
	...	

$$f(\{p,q,r,s\},1) = f_1(p,1) \cup f_1(q,1) \cup f_1(r,1) \cup f_1(s,1) = \{p\} \cup \{r\} \cup \emptyset \cup \{s\} = \{p,r,s\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r\}$
$\{p,r\}$	$\{p,q,s\}$	$\{p\}$
$\{p,q,r,s\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r,s\}$
$\{p,q,s\}$		
	...	

Aún siguen saliendo nuevos estados: hay que añadir una fila por el conjunto $\{p,r,s\}$.

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r\}$
$\{p,r\}$	$\{p,q,s\}$	$\{p\}$
$\{p,q,r,s\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r,s\}$
$\{p,q,s\}$		
$\{p,r,s\}$		
	...	

Cálculo de la fila etiquetada con $\{p, q, s\}$:

$$f(\{p, q, s\}, 0) = f_1(p, 0) \cup f_1(q, 0) \cup f_1(s, 0) = \{p, q\} \cup \{r\} \cup \{s\} = \{p, q, r, s\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p, q\}$	$\{p\}$
$\{p, q\}$	$\{p, q, r\}$	$\{p, r\}$
$\{p, q, r\}$	$\{p, q, r, s\}$	$\{p, r\}$
$\{p, r\}$	$\{p, q, s\}$	$\{p\}$
$\{p, q, r, s\}$	$\{p, q, r, s\}$	$\{p, r, s\}$
$\{p, q, s\}$	$\{p, q, r, s\}$	
$\{p, r, s\}$		
	...	

$$f(\{p, q, s\}, 1) = f_1(p, 1) \cup f_1(q, 1) \cup f_1(s, 1) = \{p\} \cup \{r\} \cup \{s\} = \{p, r, s\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p, q\}$	$\{p\}$
$\{p, q\}$	$\{p, q, r\}$	$\{p, r\}$
$\{p, q, r\}$	$\{p, q, r, s\}$	$\{p, r\}$
$\{p, r\}$	$\{p, q, s\}$	$\{p\}$
$\{p, q, r, s\}$	$\{p, q, r, s\}$	$\{p, r, s\}$
$\{p, q, s\}$	$\{p, q, r, s\}$	$\{p, r, s\}$
$\{p, r, s\}$		
	...	

En esta ocasión no ha aparecido ningún nuevo conjunto de estados, por lo que pasamos al cálculo de la fila del conjunto $\{p, r, s\}$:

$$f(\{p, r, s\}, 0) = f_1(p, 0) \cup f_1(r, 0) \cup f_1(s, 0) = \{p, q\} \cup \{s\} \cup \{s\} = \{p, q, s\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p, q\}$	$\{p\}$
$\{p, q\}$	$\{p, q, r\}$	$\{p, r\}$
$\{p, q, r\}$	$\{p, q, r, s\}$	$\{p, r\}$
$\{p, r\}$	$\{p, q, s\}$	$\{p\}$
$\{p, q, r, s\}$	$\{p, q, r, s\}$	$\{p, r, s\}$
$\{p, q, s\}$	$\{p, q, r, s\}$	$\{p, r, s\}$
$\{p, r, s\}$	$\{p, q, s\}$	
	...	

$$f(\{p,r,s\},1) = f_1(p,1) \cup f_1(r,1) \cup f_1(s,1) = \{p\} \cup \emptyset \cup \{s\} = \{p,s\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r\}$
$\{p,r\}$	$\{p,q,s\}$	$\{p\}$
$\{p,q,r,s\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r,s\}$
$\{p,q,s\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r,s\}$
$\{p,r,s\}$	$\{p,q,s\}$	$\{p,s\}$
	...	

Bien, como resultado se tiene un nuevo conjunto de estados, así que aún no hemos acabado. Añadimos la nueva fila y la calculamos:

$$f(\{p,s\},0) = f_1(p,0) \cup f_1(s,0) = \{p,q\} \cup \{s\} = \{p,q,s\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r\}$
$\{p,r\}$	$\{p,q,s\}$	$\{p\}$
$\{p,q,r,s\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r,s\}$
$\{p,q,s\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r,s\}$
$\{p,r,s\}$	$\{p,q,s\}$	$\{p,s\}$
$\{p,s\}$	$\{p,q,s\}$	
	...	

$$f(\{p,s\},1) = f_1(p,1) \cup f_1(s,1) = \{p\} \cup \{s\} = \{p,s\}.$$

f	0	1
$\{p\}$	$\{p,q\}$	$\{p\}$
$\{p,q\}$	$\{p,q,r\}$	$\{p,r\}$
$\{p,q,r\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r\}$
$\{p,r\}$	$\{p,q,s\}$	$\{p\}$
$\{p,q,r,s\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r,s\}$
$\{p,q,s\}$	$\{p,q,r,s\}$	$\{p,r,s\}$
$\{p,r,s\}$	$\{p,q,s\}$	$\{p,s\}$
$\{p,s\}$	$\{p,q,s\}$	$\{p,s\}$

Bueno, ya está: no aparecen nuevos conjuntos y, por lo tanto, hemos finalizado. La anterior es la tabla del AFD equivalente al AFN inicial. En esta tabla hemos de tener en cuenta que los conjuntos que contienen al estado final del AFN, s, son finales; esto es, $\{p,q,r,s\}$, $\{p,q,s\}$, $\{p,r,s\}$ y $\{p,s\}$,

5. Autoevaluación.

Los ejemplos anteriores eran ejemplos de aplicación del método. Ahora, inténtadlo vosotros. Para poder comprobar si ya lo habéis pillado o no, os proponemos varios AFs y os damos la solución. Si coincide con la vuestra ¡enhorabuena! ;-)

- Calcular un AFD que reconozca el mismo lenguaje que el siguiente AFN,

$$A = \langle \{p, q, r, s\}, \{0, 1\}, f_2, p, \{q, s\} \rangle$$

siendo f_2 la siguiente función de transición:

f_2	0	1
p	$\{q, s\}$	$\{q\}$
q	$\{r\}$	$\{q, r\}$
r	$\{s\}$	$\{p\}$
s	$\emptyset$	$\{p\}$

Solución:

	f	0	1
	$\{p\}$	$\{q, s\}$	$\{q\}$
F	$\{q, s\}$	$\{r\}$	$\{p, q, r\}$
F	$\{q\}$	$\{r\}$	$\{q, r\}$
	$\{r\}$	$\{s\}$	$\{p\}$
F	$\{p, q, r\}$	$\{q, r, s\}$	$\{p, q, r\}$
F	$\{q, r\}$	$\{r, s\}$	$\{p, q, r\}$
F	$\{s\}$	$\emptyset$	$\{p\}$
F	$\{q, r, s\}$	$\{r, s\}$	$\{p, q, r\}$
F	$\{r, s\}$	$\{s\}$	$\{p\}$

Todos los conjuntos que contienen a q o a s son estados finales.

- Calcular el AFD asociado al AFN definido por la siguiente función de transición:

f	0	1
q_0	$\{q_1, q_2\}$	$\{q_3\}$
q_1	$\{q_1, q_4\}$	$\emptyset$
q_2	$\{q_3\}$	$\emptyset$
q_3	$\emptyset$	$\{q_1, q_2, q_4\}$
q_4	$\{q_3\}$	$\{q_4\}$

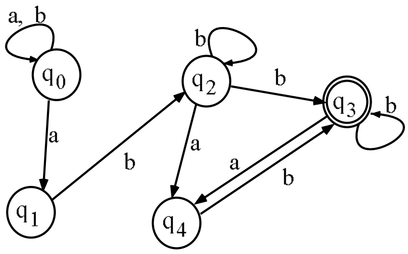
donde $F = \{q_4\}$.

Solución:

	f	0	1
	$\{q_0\}$	$\{q_1, q_2\}$	$\{q_3\}$
	$\{q_1, q_2\}$	$\{q_1, q_3, q_4\}$	$\emptyset$
	$\{q_3\}$	$\emptyset$	$\{q_1, q_2, q_4\}$
F	$\{q_1, q_3, q_4\}$	$\{q_1, q_3, q_4\}$	$\{q_1, q_2, q_4\}$
F	$\{q_1, q_2, q_4\}$	$\{q_1, q_3, q_4\}$	$\{q_4\}$
F	$\{q_4\}$	$\{q_3\}$	$\{q_4\}$

Todos los conjuntos que contienen a q_4 son estados finales.

- Calcular el AFD asociado al siguiente AF:



Solución:

	f	a	b
	$\{q_0\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0\}$
	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_2\}$
	$\{q_0, q_2\}$	$\{q_0, q_1, q_4\}$	$\{q_0, q_2, q_3\}$
	$\{q_0, q_1, q_4\}$	$\{q_0, q_1\}$	$\{q_0, q_2, q_3\}$
F	$\{q_0, q_2, q_3\}$	$\{q_0, q_1, q_4\}$	$\{q_0, q_2, q_3\}$

El conjunto $\{q_0, q_2, q_3\}$ es un estado final ya que contiene a q_3.