

# Tarea 3

## Criptografía y Seguridad

### Curvas Elípticas

Castro Mejia Jonatan Alejandro  
314027687

June 23, 2020

1. Sea  $E: y^2 + 20x = x^3 + 21 \pmod{35}$  y sea  $Q = (15, -4) \in E$ .

a) Factoriza 35 tratando de calcular  $3Q$ .

Hay que obtener  $2Q$ , y esto es haciendo  $Q + Q$ , y como son iguales, entonces:  $\lambda = (3x_1^2 + a)(2y_1)^{-1}$   
Entonces  $\lambda = (3(15)^2 - 20)(2(-4))^{-1}(-8^{-1} \equiv 13 \pmod{35}) = (675-20)(13) \pmod{35} = 655(13) = 8515 \pmod{35}$

$$\lambda = 10$$

Ahora hay que calcular  $x_3 = \lambda^2 - x_1 - x_2$  y  $y_3 = \lambda(x_1 - x_3) - y_1$

$$x_3 = 10^2 - 15 - 15 \pmod{35}$$

$$= 100 - 30 \pmod{35} = 70 \pmod{35} = 0$$

$$y_3 = 10(15-0)+4 = 154 \pmod{35} = 14.$$

Entonces  $2Q = (0, 14)$ .

Ahora ya podemos obtener  $3Q$ , y para eso hay que sumar  $(15, -4)$  y  $(0, 14)$ .

Como son diferentes entonces  $\lambda = (y_2 - y_1)(x_2 - x_1)^{-1}$

$\lambda = (14 + 4)(15 - 0)^{-1} = 18(15)^{-1} (15^{-1} \equiv 1 \pmod{35})$  entonces esto nos indica que hay que sacar el **mcd(15, 35) = 5**. y este es un factor de factorización.

b) Factoriza 35 tratando de calcular  $4Q$  duplicándolo.

Del ejercicio anterior ya tenemos  $2Q$  y como son iguales, entonces hay que calcular

$$\lambda = (3x_1^2 + a)(2y_1)^{-1}$$

$$\lambda = (3(0)^2 - 20)(2(14))^{-1}$$

$\lambda = (-20)(28)^{-1} (28^{-1} \equiv 1 \pmod{35})$  entonces hay que sacar el **mcd(28, 35) = 7**, entonces este es una factor de factorización

c) Calcula  $3Q$  y  $4Q$  sobre  $E \pmod{5}$  y sobre  $E \pmod{7}$  explica por que el factor 5 se obtiene calculando  $3Q$  y por que el factor 7 se obtiene calculando  $4Q$ .

- Al calcular  $3Q$  llegamos a un problema, este problema es que no podemos sacar el inverso de 15 en el grupo 35. Esto ocurre ya que 15 y 35 no son primos, por lo que tenemos que sacar el **mcd(15, 35)** que nos da 5. por eso es que el factor 5 se obtiene calculando  $3Q$ .

- Al calcular  $4Q$  llegamos a un problema, este problema es que no podemos sacar el inverso de 28 en el grupo 35. Esto ocurre ya que 28 y 35 no son primos, por lo que tenemos que sacar el **mcd(28, 35)** que nos da 7, por eso es que el factor 7 se obtiene calculando  $4Q$ .

- Calculando  $3Q$  sobre  $E \pmod{5}$

Hay que obtener  $2Q$ , y esto es haciendo  $Q + Q$ , y como son iguales, entonces:

$$\lambda = (3x_1^2 + a)(2y_1)^{-1}$$

Entonces  $\lambda = (3(15)^2 - 20)(2(-4))^{-1}(-8^{-1} \equiv 2 \pmod{5}) = (675-20)(2) \pmod{5} = 655(2) = 1310 \pmod{5}$

$$\lambda = 0$$

Ahora hay que calcular  $x_3 = \lambda^2 - x_1 - x_2$  y  $y_3 = \lambda(x_1 - x_3) - y_1$

$$x_3 = 0^2 - 15 - 15 \pmod{5}$$

$$= -30 \pmod{5} = 70 \pmod{5} = 0$$

$$y_3 = 0(15-0)+4 = 4 \pmod{5} = 4.$$

Entonces  $2Q = (0, 4)$ .

Ahora ya podemos obtener  $3Q$ , y para eso hay que sumar  $(15, -4)$  y  $(0, 4)$ .

- Como son diferentes entonces  $\lambda = (y_2 - y_1)(x_2 - x_1)^{-1}$   
 $\lambda = (4 + 4)(15 - 0)^{-1} = 8(15)^{-1} \quad (15^{-1} \equiv 0 \pmod{5})$   
 15 no tiene inverso en 5 multiplicativo entonces terminamos aquí.
- Calculando 4Q mod 5  
 Ya tenemos 2Q para obtener 4Q hay que sumar 2Q + 2Q  
 Como son iguales  
 $\lambda = (3x_1^2 + a)(2y_1)^{-1}$   
 $\lambda = (3(0) - 20)(2(4))^{-1}$   
 $\lambda = (-20)(8)^{-1} \quad (8^{-1} \equiv 5 \pmod{5})$   
 $\lambda = (-20)(5) = -100 \equiv 0 \pmod{5}$   
 Entonces 4Q = (0,1)
  - Calculando 3Q sobre E(mod 7)  
 Hay que obtener 2Q, y esto es haciendo Q + Q, y como son iguales, entonces:  
 $\lambda = (3x_1^2 + a)(2y_1)^{-1}$   
 $\lambda = (3(15)^2 - 20)(2(-4))^{-1} \quad (-8^{-1} \equiv 6 \pmod{7}) = (675-20)(6) \pmod{7} = 655(6) \pmod{7} = 3930 \pmod{7} = 3$   
 $\lambda = 3$   
 $x_3 = 3^2 - 15 - 15 \pmod{7} = 0$   
 $y_3 = 3(15-0) + 4 \pmod{7} = 0$   
 Entonces 2Q = (0,0)  
 Ahora ya podemos obtener 3Q, y para esto hay que sumar (15,-4) y (0,0).  
 Como son diferentes entonces  $\lambda = (y_2 - y_1)(x_2 - x_1)^{-1}$   
 $\lambda = (0+4)(0-15)^{-1} = (4)(-15)^{-1} \quad ((-15)^{-1} \equiv 6 \pmod{7})$   
 $\lambda = 4(6) = 24 \pmod{7} = 3$   
 $\lambda = 3$   
 Ahora hay que calcular  $x_3 = \lambda^2 - x_1 - x_2$  y  $y_3 = \lambda(x_1 - x_3) - y_1$   
 $x_3 = 3^2 - 15 - 0 = 9 - 15 = -6 \equiv 1 \pmod{7}$   
 $y_3 = 3(15 - 1) + 4 = 46 \equiv 4 \pmod{7}$   
 Entonces 3Q = (1,4)
  - Calculando 4Q sobre E(mod 7)  
 Ya tenemos 2Q para obtener 4Q hay que sumar 2Q + 2Q  
 Como son iguales  
 $\lambda = (3x_1^2 + a)(2y_1)^{-1}$   
 $\lambda = (3(0) - 20)(2(0))^{-1} = (-20)(0)^{-1}$   
 Pero no podemos obtener el valor del inverso de 0, ya que no existe.

2. Sea E la curva elíptica  $y^2 = x^3 + x + 28$  definida sobre  $\mathbb{Z}_{71}$

a) Calcula y muestra el número de puntos de E.

O, (1,32), (1,39), (2,31), (2,40), (3,22), (3,49), (4,5), (4,66), (5,4), (5,67), (6,26), (6,45), (12,8), (12,63), (13,26), (13,45), (15,9), (15,62), (19,27), (19,44), (20,5), (20,66), (21,3), (21,68), (22,30), (22,41), (23,19), (23,52), (25,22), (25,49), (27,0), (31,32), (31,39), (33,1), (33,70), (34,23), (34,48), (35,14), (35,57), (36,12), (36,59), (37,33), (37,38), (39,32), (39,39), (41,7), (41,64), (43,22), (43,49), (47,5), (47,66), (48,11), (48,60), (49,24), (49,47), (52,26), (52,45), (53,0), (58,27), (58,44), (61,15), (61,56), (62,0), (63,17), (63,54), (65,27), (65,44), (66,18), (66,53), (69,35), (69,36).

b) Muestra que E no es un grupo cíclico.

c) ¿Cuál es el máximo orden de un elemento en E? Encuentra un elemento que tenga ese orden.

3. Sea E :  $y^2 - 2 = x^3 + 333x$  sobre  $\mathbb{F}_{347}$  y sea P = (110,136).

a) ¿Es Q=(81,-176) un punto de E?

Para verificar esto hay que sustituir en E Q,  
 $(-176)^2 - 2 = (81)^3 + 333(81)$   
 $30976 - 2 = 531441 + 26973$   
 $30974 = 558414 \pmod{347}$

Entonces  $347|558414 - 30974 = 1520$ ,  $P \in F_{347}$

- b) si sabemos que  $|E| = 358$  ¿Podemos decir E es criptográficamente útil? ¿Cuál es el orden de P?  
¿Entre que valores se puede escoger la clave privada?

El orden de  $P = 179$ . E no es criptográficamente útil, ya que no es capaz de dividir a un número primo grande, este número se determina por  $172 \cdot 2$ , siendo 2 nuestro primo.

- c) si tu clave privada es  $k=101$  y algún conocido te ha enviado el mensaje cifrado ( $M_1=(232,278)$  y  $M_2=(135,214)$ ) ¿Cuál era el mensaje original?

$$\begin{aligned} M &= M_2 - kM_1 \\ M &= (135, 214) - 101(232, 278) \\ &\text{aplicando sumas consecutivas } -101(232, 278) = (275, 176) \\ M &= (135, 214) - (275, 176) \\ M &= (135, 214) + (275, -176) \\ M &= (74, 87) \text{ mensaje original} \end{aligned}$$

4. Sea  $\mathbb{E} : F(x,y)=y^2 - x^3 - 2x - 7$  sobre  $\mathbb{Z}_{31}$  con  $\neq \mathbb{E} = 39$  y  $P = (2,9)$  es un punto de orden 39 sobre  $\mathbb{E}$ , el ECIES simplificado definido sobre  $\mathbb{E}$  tiene  $\mathbb{Z}_{31}^*$  como espacio de texto plano, supongamos que la clave privada es  $m = 8$ .

- a) Calcula  $Q=mP$   
Hay que calcular  $Q = 8P$   
 $= 4P + 4P = (2P+2P) + (2P+2P)$

Como son los mismos puntos tenemos  $\lambda = (3x_1^2 + A) (2y_1)^{-1} = (3(2)^2 + 2)(2(9))^{-1}$  hay que encontrar el inverso de 9 mod 31 usando el algoritmo extendido de euclides,  $2(9)^{-1} \equiv 18^{-1} \equiv 19 \pmod{31}$ .

Entonces  $\lambda = (12+2) \times 19 = 266$ .

Queda calcular  $x_3 = \lambda^2 - x_1 - x_2$ ,  $y_3 = \lambda(x_1 - x_3) - y_1$ .

$$x_3 = (266)^2 - 2 - 2 = 70,756 - 4 = 70,752 \equiv 10 \pmod{31}.$$

$$y_3 = 266(2 - 70,752) - 9 = -18,819,509 \equiv 2 \pmod{31}.$$

Entonces  $2P = (10,2)$ .

$$4P = 2P + 2P = (10,2) + (10,2).$$

$$\text{Entonces } \lambda = (3(10^2) + 2)(2(2))^{-1} = 2,416.$$

$$x_3 = (2,416)^2 - 10 - 10 = 5,837,036 \equiv 15 \pmod{31}.$$

$$y_3 = 2,416(10 - 5,837,036) - 2 = -14,102,254,818 \equiv 8 \pmod{31}.$$

Por lo que  $4P = (15,8)$ , solo falta calcular  $8P = 4P + 4P = (15,8) + (15,8)$ .

$$\text{Ahora } \lambda = (3(15)^2 + 2)(2(8)^{-1}); 2(8)^{-1} \equiv 2 \pmod{31}.$$

$$\text{entonces } \lambda = 677 \times 2 = 1354.$$

$$x_3 = 1,354^2 - 15 - 15 = 1,833,286 \equiv 8 \pmod{31}.$$

$$y_3 = 1354(15 - 1,833,286) - 8 = -24,82,248,942 \equiv 15 \pmod{31}.$$

Entonces  $8P = (8,15)$ .

- b) Descifra la siguiente cadena de texto cifrado:

$$((18,1),21),((3,1),18),((17,0),19),((28,0),8)$$

$$E : y^2 = x^3 + 2x + 7 \pmod{31}$$

- 1)  $((18,1),21)$

Evaluamos 18 en E:

$$\text{Entonces } 18^3 + 2(18) + 7 = 5875 \equiv 16 \pmod{31}.$$

$y = \pm 4$ , ahora hay que fijarnos en la segunda entrada la cual nos dice que  $y \equiv 1 \pmod{2}$ , entonces  $y = 27$ .

El punto de descompresión es  $(18,27)$ , entonces  $8(18,27) = (15,8)$

Ahora hay que encontrar  $15^{-1} \equiv 29 \pmod{31}$ , y con esto hay que calcular  $29(21) \pmod{31}$  que nos da: 20.

- 2)  $((3,1),18)$

Evaluamos 3 en E :

$$\text{Entonces } 3^3 + 2(3) + 7 = 40 \equiv 9 \pmod{31}$$

$y = \pm 3$ , ahora hay que fijarnos en la segunda entrada la cual nos dice que  $y \equiv 1 \pmod{2}$ , entonces

- $y = 28$   
 El punto de descompresión es  $(3,28)$ , entonces  $8(3,28) = (2,22)$   
 Ahora hay que encontrar  $2^{-1} \equiv 16 \pmod{31}$ , y con esto hay que calcular  $16(18) \pmod{31}$  que nos da: 9.
- 3)  $((17,0),19)$   
 Evaluamos 17 en E:  
 Entonces  $17^3 + 2(17) + 7 = 4954 \equiv 25 \pmod{31}$   
 $y = \pm 5$ , ahora hay que fijarnos en la segunda entrada la cual nos dice que  $y \equiv 0 \pmod{2}$ , entonces  $y = 26$   
 El Punto de descompresión es  $(17,26)$ , entonces  $8(17,26) = (30,29)$   
 Ahora hay que encontrar  $30^{-1} \equiv 30 \pmod{31}$ , y con esto hay que calcular  $30(19) \pmod{31}$  que nos da: 12
- 4)  $((28,0),8)$   
 Evaluamos 28 en E:  
 Entonces  $28^3 + 2(28) + 7 = 22015 \equiv 5 \pmod{31}$  Hay que sumarle a 5, 31 tantas veces como sea necesario para que nos genere un cuadrado perfecto. En este caso  $5 + 31 = 36$ .  
 Entonces  $y = \pm 6$ , ahora nos fijamos en la segunda entrada la cual nos dice que  $y \equiv 0 \pmod{2}$ , entonces  $y = 25$   
 El punto de descompresión es  $(28,26)$ , entonces  $8(28,25) = (14,12)$   
 Ahora hay que encontrar  $14^{-1} \equiv 20 \pmod{31}$ , y con esto hay que calcular  $20(8) \pmod{31}$  que nos da: 5.
- c) Supongamos que cada texto plano representa un caracter alfabético, convierte el texto plano en una palabra en ingles, usa la asociación  $(A \rightarrow 1, \dots, Z \rightarrow 26)$  en este caso 0 no es considerado como un texto plano o par ordenado.  
 Del ejercicio anterior obtuvimos los valores  $\{20, 9, 12, 5\}$

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

Y con los valores obtenemos: **TILE** como mensaje descifrado.