Instituto Tecnológico de Costa Rica

Curso: IC-3101 Arquitectura de Computadores
I Semestre 2015

Tarea Programada #3:
Máquina Enigma

Profesor
Erick Hernández Bonilla

Estudiantes:

- Melissa Molina Corrales 2013006074
- Liza Chaves Carranza 2013016573
- Gabriel Pizarro Picado 201216833
- Fabián Monge García 2014088148

Índice

Propósito y Descripción del proyecto

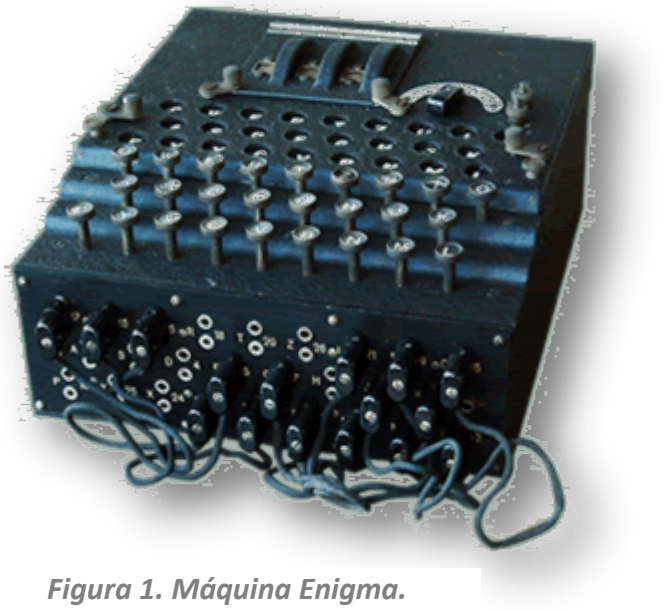


Figura 1. Máquina Enigma.

Enigma era el nombre de una máquina que disponía de un mecanismo de cifrado rotatorio, que permitía usarla tanto para cifrar como para descifrar mensajes.

Su fama se debe a haber sido adoptada por las fuerzas militares de Alemania desde 1930. Su facilidad de manejo y supuesta inviolabilidad fueron las principales razones para su amplio uso. Su sistema de cifrado fue finalmente descubierto y la lectura de la información que contenían los mensajes supuestamente protegidos es considerada, a veces, como la causa de haber podido concluir la Segunda Guerra Mundial.

El objetivo de este proyecto es implementar una máquina enigma, esta tendrá el mismo funcionamiento que en la Segunda Guerra Mundial.
La tarea será programada en YASM (Ensamblador) en la sintaxis de Intel de x64.

El funcionamiento será el siguiente:

La máquina estará compuesta por un plugboard, un reflector y 5 rotores con configuraciones distintas de los cuales se escogerán 3 para llevar a cabo el funcionamiento.

El plugboard intercambiará las letras ingresadas, así por ejemplo cuando se ingresa una X esta será cambiada por una F según la configuración del plugboard. Su configuración será la siguiente:

XF, PZ, SQ, GR, AJ, UO, CN, BV, TM, KI

Después la letra pasa por tres rotores que intercambian las letras y luego el reflector que intercambia la letra una vez más y regresa a través de los tres rotores, por el plugboard y finalmente se muestra la letra encriptada por la máquina. Su configuración será de la siguiente manera:

JPGVOUMFYQBENHZRDKASXLICTW

Funcionamiento de los rotores

Cada vez que se desea encriptar una letra el rotor de la derecha avanza una posición, cuando este de una vuelta (lo cual corresponde a recorrer las 26 letras del alfabeto), avanza el rotor del medio y cuando este complete una vuelta, avanza el rotor de la izquierda de esta manera se van intercambiando las letras.

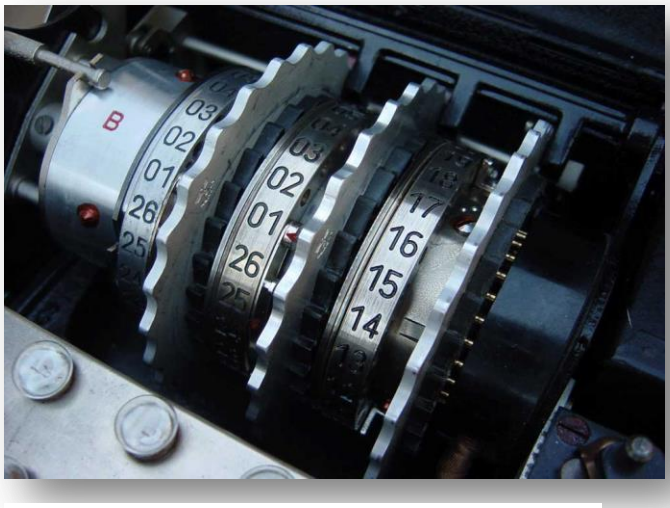


Figura 2. Rotores de una máquina enigma.

Estos rotores contarán con una posición inicial y su configuración será la siguiente:

Rotor 1	**EKMFLGDQVZNTOWYHXUSPAIBRCJ**
Rotor 2	**AJDKSIRUXBLHWTMCQGZNPYFVOE**
Rotor 3	**BDFHJLCPRTXVZNYEIWGAKMUSQO**
Rotor 4	**ESOVPZJAYQUIRHXLNFTGKDCMWB**
Rotor 5	**VZBRGITYUPSDNHLXAWMJQOFECK**

Leer y abrir archivos

Una parte importante del programa es abrir y leer los archivos con las configuraciones y el mensaje a encriptar para llevar a cabo está funcionalidad se implementó un programa que se encarga de leer los archivos que se le pasen y cuenta con varios procedimientos encargados de abrir y leer los archivos, quitar los espacios en blanco y las comas del archivo de configuraciones para efectos de facilitar la implementación de la máquina.

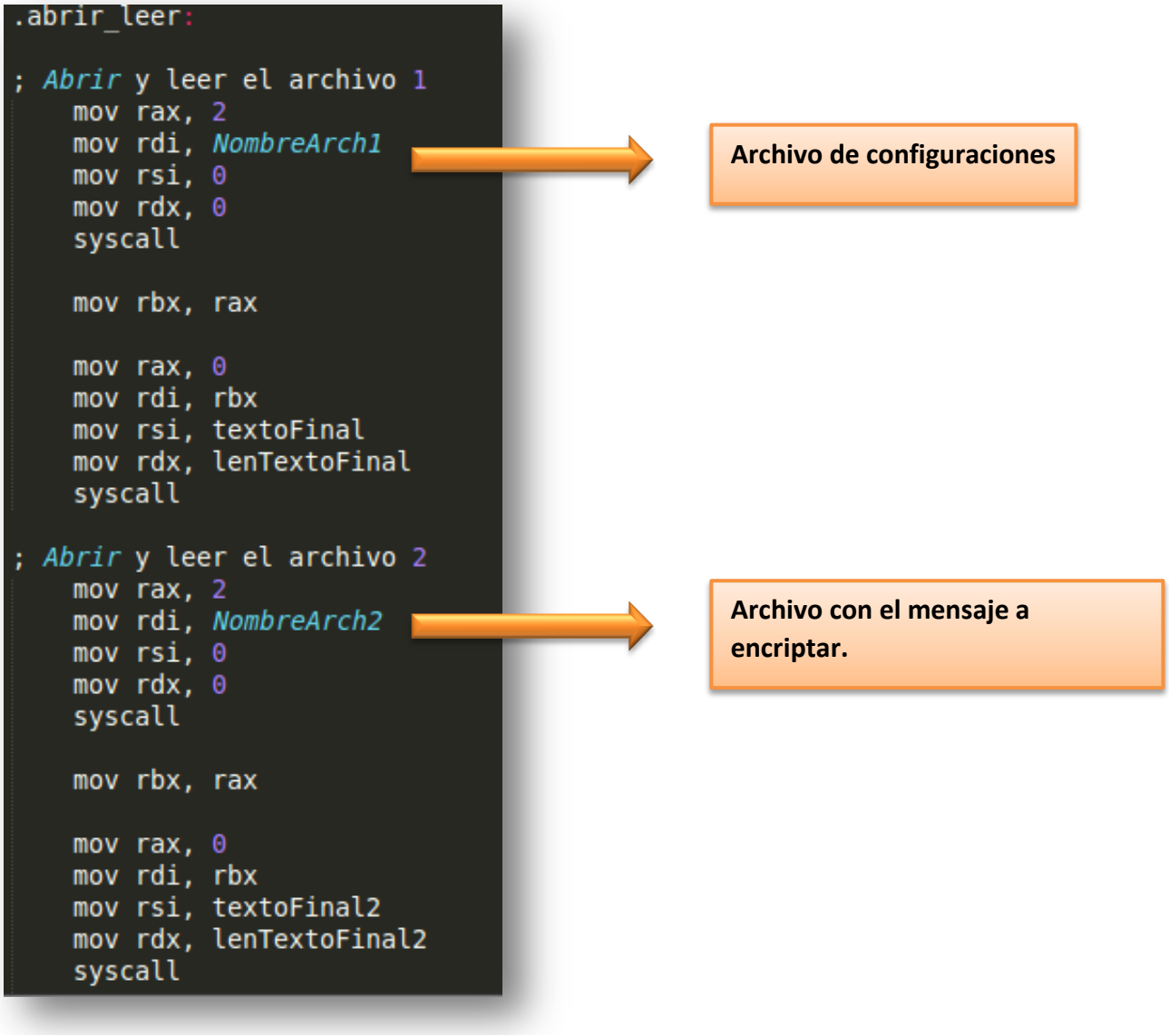


Figura 3. Procedimiento para abrir y leer un archivo

```
.limpiar_orden_rotores:

    inc r10
    cmp byte[textoFinal + r10], 10
    je .limpiar_comienzo_rotores_aux
    cmp byte[textoFinal + r10], ' '
    je .limpiar_orden_rotores

    mov al, byte[textoFinal + r10]
    mov byte[buffRotoresSeleccionados + r9], al
    inc r9
    jmp .limpiar_orden_rotores

.limpiar_comienzo_rotores_aux:
    xor r9, r9
    mov r9, 0

.limpiar_comienzo_rotores:

    inc r10
    cmp byte[textoFinal + r10], 10
    je .limpiar_plugboard_aux
    cmp byte[textoFinal + r10], ' '
    je .limpiar_comienzo_rotores

    mov al, byte[textoFinal + r10]
    mov byte[buffDesplazamientoRotores + r9], al
    inc r9
    jmp .limpiar_comienzo_rotores
```

```
.limpiar_plugboard_aux:
    xor r9, r9
    mov r9, 0

.limpiar_plugboard:

    inc r10
    cmp byte[textoFinal + r10], 0h
    je .imprimir
    cmp byte[textoFinal + r10], ' '
    je .limpiar_plugboard
    cmp byte[textoFinal + r10], ','
    je .limpiar_plugboard

    mov al, byte[textoFinal + r10]
    mov byte[plugboard + r9], al
    inc r9
    jmp .limpiar_plugboard
```

Figura 4. Procedimientos para quitar los espacios en blanco y las comas de los datos del archivo de configuraciones.

Carga de rotores seleccionados

Para el funcionamiento de la máquina se necesita escoger 3 de los 5 rotores, estos 3 rotores se le pasan en el archivo de configuraciones, una vez se conozcan los rotores a usar, se necesita saber sus configuraciones y sus posiciones iniciales para esto se crean procedimientos que cargan los rotores seleccionados en diferentes buffers.

Se utilizarán buffers para guardar los 3 rotores seleccionados y variables para guardar las configuraciones de los rotores y la configuración del reflector.

```
buffRotorUno resb buffRotorLen
buffRotorDos resb buffRotorLen
buffRotorTres resb buffRotorLen
```

Figura 5. Buffers en donde se guardaran los rotores seleccionados.

```
rotor1: db "EKMFLGDQVZNTOWYHXUSPAIBRCJ"
rotor2: db "AJDKSIRUXBLHWTMCQGZNPYFVOE"
rotor3: db "BDFHJLCPRTXVZNYEIWGAKMUSQO"
rotor4: db "ESOVPZJAYQUIRHXLNFTGKDCMWB"
rotor5: db "VZBRGITYUPSDNHLXAWMJQOFECK"
reflector: db "JPGVOUMFYQBENHZRDKASXLICTW"
```

Figura 6. Variables que guardan las configuraciones de cada uno de los rotores y la configuración del reflector.

Como se mencionó anteriormente se crea un procedimiento que carga los rotores en diferentes buffers para ser usados más adelante para poder encriptar el mensaje.

```
CargarRotoresSeleccionados:
    push rcx
    push rax
    push rsi
    push rdi
    push r8
    push r9
    xor rsi, rsi
    mov rcx, 1

    .begin:
        cmp byte[buffRotoresSeleccionados + rsi], 00h
        je .exit

        mov r8, buffRotoresSeleccionados
        mov r9, buffNumRomano
        call CargarNumeroABuffer

        mov rax, buffNumRomano
        call CambiarRomanoADecimal
        mov rax, buffNumRomano
        call LimpiarBuff
        push rsi
        call AsignarRotorSeleccionado
        call AsignarBufferDeRotorSeleccionado
        call CargarRotorABuffer
        pop rsi

        inc rcx
        jmp .begin
```

Figura 7. Procedimiento principal para cargar los rotores.

Como complemento a este procedimiento se utiliza un procedimiento que cambia los números romanos con los que vienen identificados los rotores en el archivo de configuraciones a números decimales esto con el fin de facilitar la carga de estos a los diferentes buffers.

```
CargarNumeroABuffer:
    push rax
    push rcx
    xor rcx, rcx

    .begin:
        cmp byte[r8 + rsi], 00h
        je .exit

        cmp byte[r8 + rsi], ','
        je .nextNum

        mov al, byte[r8 + rsi]
        mov byte[r9 + rcx], al

        inc rcx
        inc rsi
        jmp .begin

    .nextNum:
        inc rsi

    .exit:
        pop rcx
        pop rax
        ret
```

Figura 8. Procedimiento que carga los números romanos de los rotores al buffer de rotores seleccionados.

```
CambiarRomanoADecimal:
    xor rdx, rdx

    cmp byte[rax], 'V'
    je .cinco

    cmp byte[rax + 1], 'V'
    je .cuatro

    cmp byte[rax + 2], 'I'
    je .tres

    cmp byte[rax + 1], 'I'
    je .dos

    mov rdx, 1
    jmp .exit

    .dos:
        mov rdx, 2
        jmp .exit

    .tres:
        mov rdx, 3
        jmp .exit

    .cuatro:
        mov rdx, 4
        jmp .exit
```

Figura 9. Procedimiento que cambia los números romanos de los rotores a números decimales.

Una vez se haya pasado los números romanos de los rotores a números en decimal se utilizan procedimientos para asignarle las configuraciones de los rotores seleccionados a cada uno de los buffers mostrados anteriormente.

```
AsignarRotorSeleccionado:
    cmp rdx, 1
    je .SeleccionarRotorUno

    cmp rdx, 2
    je .SeleccionarRotorDos

    cmp rdx, 3
    je .SeleccionarRotorTres

    cmp rdx, 4
    je .SeleccionarRotorCuatro

    cmp rdx, 5
    je .SeleccionarRotorCinco

    .SeleccionarRotorUno:
        mov rsi, rotor1
        jmp .exit

    .SeleccionarRotorDos:
        mov rsi, rotor2
        jmp .exit

    .SeleccionarRotorTres:
        mov rsi, rotor3
        jmp .exit

    .SeleccionarRotorCuatro:
        mov rsi, rotor4
        jmp .exit

    .SeleccionarRotorCinco:
        mov rsi, rotor5
        jmp .exit
```

Figura 10. Procedimiento que asigna al rsi el rotor que se debe pasar.

```
AsignarBufferDeRotorSeleccionado:
    cmp rcx, 1
    je .bufferRotorUno

    cmp rcx, 2
    je .bufferRotorDos

    cmp rcx, 3
    je .bufferRotorTres

    .bufferRotorUno:
        mov rdi, buffRotorUno
        jmp .exit

    .bufferRotorDos:
        mov rdi, buffRotorDos
        jmp .exit

    .bufferRotorTres:
        mov rdi, buffRotorTres
        jmp .exit

    .exit:
        ret
```

Figura 11. Procedimiento que asigna al rdi el buffer para guardar el rotor asignado.

Finalmente se utiliza un procedimiento que se encarga de cargar los rotores a los buffers, copia lo que tenga el rsi (Las configuraciones de los rotores seleccionados) en el rdi (buffers para los rotores) 26 veces que es el tamaño de cada uno de los rotores.

```
CargarRotorABuffer:
    push rcx

    xor rcx, rcx
    mov rcx, 26
    rep movsb

    pop rcx
    ret
```

Figura 12. Procedimiento que carga un rotor a un buffer.

Desplazamientos de los rotores

Para poder encriptar el mensaje que se le pase a la máquina se necesita que los rotores hagan rotaciones para intercambiar las letras cada vez que se quiera encriptar una letra, para esto se implementan algunos procedimientos que permitan mover de alguna manera la posición de los rotores para que estos vayan cambiando las letras.

Este procedimiento va a recorrer el buffer en donde están las posiciones iniciales de los rotores y dependiendo del número que haya en el registro rbx ese será el rotor que hay que rotar y seleccionará el rotor correspondiente , guardado en cada uno de los diferentes buffers y lo rotará la cantidad de veces que haya en el registro rcx.

```
RotarRotores:
  push rcx
  push rsi
  push r8
  push r9
  push rbx
  xor rsi, rsi
  mov rbx, 1

  .begin:
    cmp byte[buffDesplazamientoRotores + rsi], 00h
    je .exit

    mov r8, buffDesplazamientoRotores
    mov r9, despTemp
    call CargarNumeroABuffer

    mov r8, despTemp
    call Atoi

    mov rax, despTemp
    call LimpiarBuff

    push rsi
    mov rcx, rdx

    cmp rbx, 1
    je .selectRotorUno

    cmp rbx, 2
    je .selectRotorDos

    cmp rbx, 3
    je .selectRotorTres
```

```
    .selectRotorUno:
      mov rsi, buffRotorUno
      jmp .rotar

    .selectRotorDos:
      mov rsi, buffRotorDos
      jmp .rotar

    .selectRotorTres:
      mov rsi, buffRotorTres
      jmp .rotar

    .rotar:
      call RotateLeftRotor

    pop rsi
    inc rbx
    jmp .begin

  .exit:
    pop rbx
    pop r9
    pop r8
    pop rsi
    pop rcx
    ret
```

Figura 13. Procedimiento que desplaza los rotores n veces.

Como parte de este procedimiento para poder realizar las rotaciones a los rotores, se implementa un procedimiento para hacer las rotaciones correspondientes, importante mencionar que a los rotores se les aplicará una rotación a la izquierda.

```
RotateLeftRotor:
  push rax
  push rbx
  push rdx
  xor rax, rax
  xor rbx, rbx

  .begin:
      cmp rcx, 0
      je .exit
      mov al, byte[rsi]

  .ciclo:
      cmp byte[rsi + rbx + 1], 00h
      je .agregarDigito

      mov dl, byte[rsi + rbx + 1]
      mov byte[rsi + rbx], dl
      inc rbx
      jmp .ciclo

   .agregarDigito:
      mov byte[rsi + rbx], al
      dec rcx
      mov rbx, 0
      jmp .begin

  .exit:
      pop rdx
      pop rbx
      pop rax
      ret
```

Figura 14. Procedimiento que aplica una rotación a la izquierda a un buffer.

Para convertir el desplazamiento de string a integer se usará el procedimiento Atoi.

```
Atoi:
    push rax
    push rbx
    push rsi
    push rdi

    xor rsi, rsi
    xor rax,rax
    xor rbx, rbx
    xor rdx, rdx
    xor rdi, rdi

    .begin:
        mov al, byte[r8 + rsi]
        cmp al, 00h
        je .exit

        cmp al, 30h
        jb .exit

        cmp al, 39h
        ja .exit

        sub al, 30h

        mov rdi, rax
        inc rsi
        jmp .seguir

    .seguir:
        mov al, byte[r8 + rsi]
        cmp al, 00h
        je .exit
        mov rbx, 10
        mul rbx
        mov rdx, rax
        add rdx, rdi
        jmp .begin

.exit:

    mov rax, rdx
    mov rbx, 10
    mul rbx
    mov rdx, rax
    add rdx, rdi

    pop rdi
    pop rsi
    pop rbx
    pop rax
    ret
```

Figura 15. Procedimiento ATOI convierte de string a integer.

Funcionamiento del programa

Para el funcionamiento de la máquina enigma se cargarán las configuraciones en 2 archivos, el primer archivo tendrá los rotores a utilizar, las posiciones iniciales de cada uno de ellos y la configuración del plugboard y en el segundo archivo se pasará el mensaje que se desea encriptar o desencriptar.

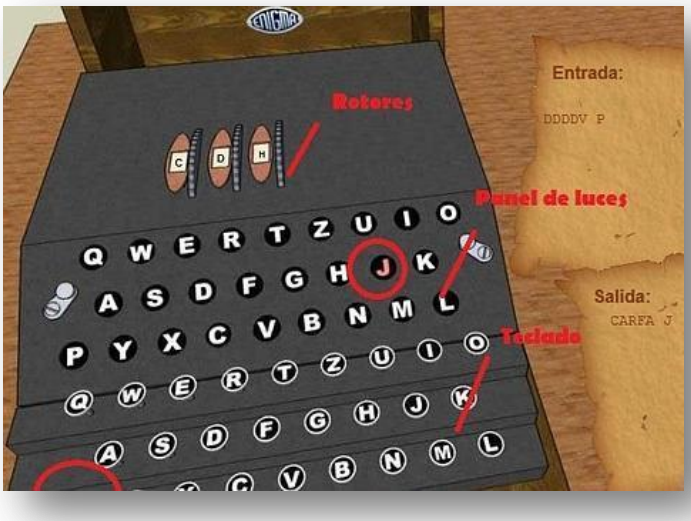
Ejemplo del formato del archivo con las configuraciones:

IV, V, I = Rotores
23, 09, 20 = Posiciones iniciales de cada rotor
XF, PZ, SQ, GR, AJ, UO, CN, BV, TM, KI = Configuración del Plugboard

Luego de cargar los archivos, el programa procederá a encriptar el mensaje que se haya ingresado en el segundo archivo y mostrará en pantalla una animación de todo el proceso de encriptación, y finalmente mostrará la palabra encriptada.

Para la implementación del programa se utilizaran varios archivos: **enigma.asm, cifrado.mac, main.asm, lib.asm y string.mac.**

enigma.asm es el archivo principal el cual utilizará las macros implementadas en el archivo **cifrado.mac** *(Se encuentran las macros usadas para la funcionalidad de encriptar de la máquina)* y **string.mac** *(Donde están las macros de escritura y lectura)* el archivo **main.asm** usara el archivo **lib.asm** *(Donde están los procedimientos para leer el archivo de configuraciones y el archivo con el mensaje a encriptar y procedimientos para cargar los rotores en diferentes buffers y procedimientos para las rotaciones de estos).*



Encriptar con Enigma

Una vez cargados los rotores, el plugboard, el reflector y las posiciones iniciales de los rotores del archivo de texto plano, se inicia el proceso descrito a continuación.

1. **Remplazar la letra en el Plugboard. Usando el algoritmo/macro "plugboardM" escrito en el archivo cifrado.mac**
2. **Remplazar la letra en el rotor III. Usando en macro rotoresM, el cual "recibe" el rotor actual**
3. **Repite el paso 2 para el rotor II, I y el reflector.**
4. **Se devuelve por lo rotores.**
   - 4.1. **Pasa por el rotor I. Usando en macro rotoresOutM, el cual "recibe" el rotor actual.**
5. **Repite el paso 4.1 para los rotores II y III.**
6. **Por ultimo repite el paso 1**
7. **Repite del paso 1 al 6 por cada letra a cifrar.**

```
%macro plugboardM 2
        push rax
        push rcx
        push rbx
        push rdx

        xor rcx, rcx
%%loopBuf:
        xor rbx, rbx
        xor rax, rax
        ;div rbx, divide el rax entre el rbx,
        ;deja el resultado en el rax y el residuo en el rdx
        mov al, [textoCifrado+ rcx]

%%loopPb:
        mov ah, [%2+ rbx]
        cmp al, ah
        je %%swap

        inc rbx
        cmp rbx, 29
        jne %%loopPb
        je %%continueLoop
%%swap:
        cmp rbx, 0
        je %%masUno
        cmp rbx, 1
        je %%menosUno
        cmp rbx, 28
        je %%menosUno
        cmp byte [%2+ rbx - 1], ','
```

```
%%masUno:                ;no dec rdi
        mov ah, [%2 + rbx + 1 ]
        mov [textoCifrado + rcx], ah
        jmp %%continueLoop

%%menosUno:
        mov ah, [%2 + rbx - 1]
        mov byte[textoCifrado + rcx], ah

%%continueLoop:
        inc rcx
        cmp rcx, %1
        jne %%loopBuf
%%endPB
        pop rdx
        pop rbx
        pop rcx
        pop rax
%endmacro
```

Figura 16. Procedimiento plugboardM

```
%macro rotoresM 2
        push rbx
        push rcx;
    push rax
    push r8
    push r9
    xor r9, r9
;   mov rcx, %2
    xor rbx, rbx
%%loop:
    xor rax, rax
    mov al, byte [textoCifrado]; + rbx ]
        sub al, 'A'
    mov ah, byte [%1+ rax]
    mov al, ah
        stosb
;   rotarM %2
        inc rbx
;        cmp rbx, r8
 ;       jne %%loop

    pop r9
    pop r8
    pop rax
        pop rcx
        pop rbx
%endmacro
```

Figura 17. Procedimiento rotoresM

```
%macro rotoresOutM 3
        push rbx
        push rcx;
    push rax
    push r8
    push r9
    xor r9, r9

;;;;;;;;;;;;;;;;;;      rotarDer %1
;   mov rcx, %2
    xor rbx, rbx
%%loop:
    xor rcx, rcx
    xor rax, rax
    mov al, byte [textoCifrado]; + rbx ]
    dec rcx
%%find:
    inc rcx
    cmp al, byte[%1 + rcx]
    jne %%find
    %%continue:

    xor rax, rax
    mov rax, rcx
    add al, 'A'
        stosb
    rotarM %2, %3
        inc rbx
;        cmp rbx, r8
```

Figura 18. Procedimiento rotoresOutM

Bibliografía

ASCII-Table. (2015). *ANSI Escape sequences* . Obtenido de http://ascii-table.com/ansi-escape-sequences.php

Dade, L. (2006-2015). *Enigma Emulator*. Obtenido de http://enigma.louisedade.co.uk/index.html

Enigma rotor details. (10 de Mayo de 2015). Obtenido de Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Enigma_rotor_details

Rijmenants, D. (14 de Febrero de 2015). *Cipher Machines and Cryptology*. Obtenido de http://users.telenet.be/d.rijmenants/index.htm

Simon, P. R. (31 de mayo de 2014). *Crypto Museum*. Obtenido de http://www.cryptomuseum.com/crypto/enigma/working.htm

UCDavis. (1 de Febrero de 2010). *The Enigma Code*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=ncL2Fl6prH8