#CátedrasCiber

Módulo IV: Ingeniería inversa y Explotación de binarios

13/11/2024

Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA
SECRETARÍA DE ESTADO DE DIGITALIZACIÓN E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

Entidad colaboradora:
incibe_ INSTITUTO NACIONAL DE CIBERSEGURIDAD
UC Universidad de Cantabria

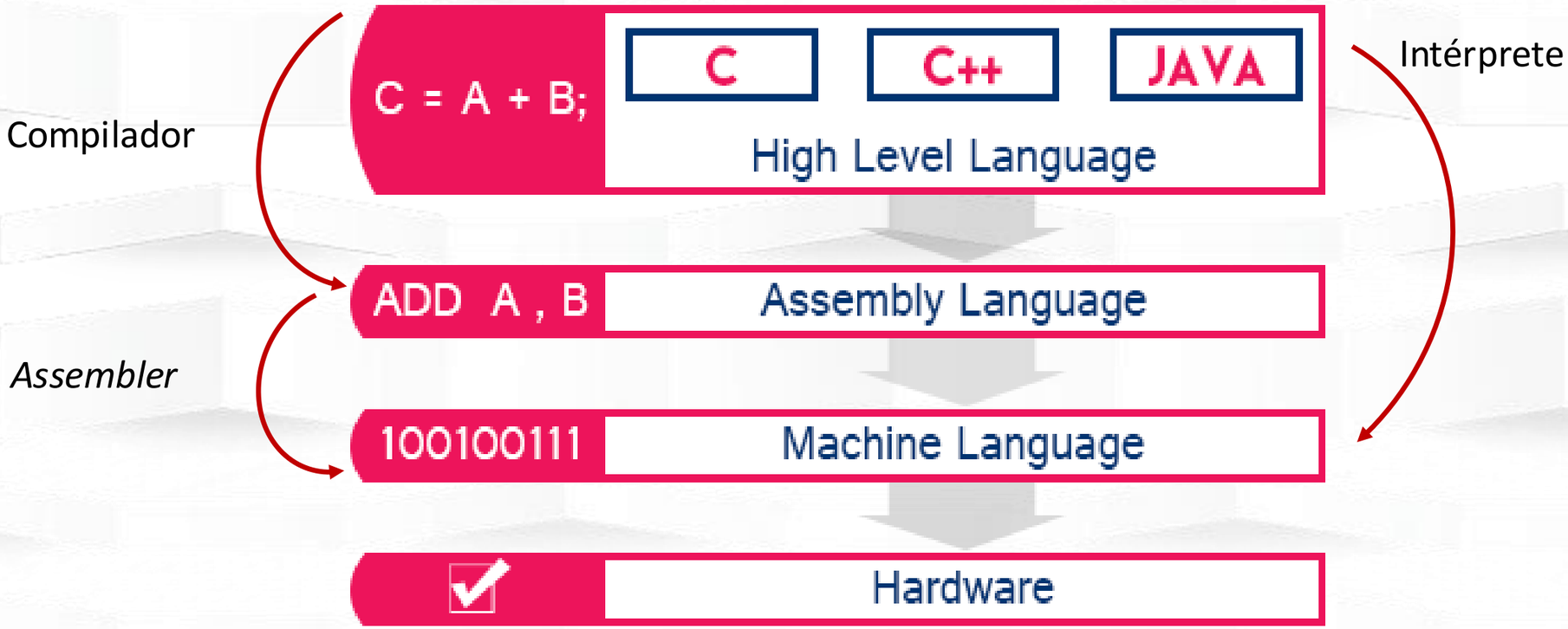
Ingeniería Inversa

¿Qué es la ingeniería inversa?

- La ingeniería inversa, *reverse engineering* o reversing implica seguir el procedimiento de fabricación de un producto **en el sentido inverso al habitual**.
- Trataremos de obtener información sobre el funcionamiento interno de un archivo sin tener datos reales sobre su estructura.
  - Por ejemplo, a partir de un .exe o ELF.

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Proceso de compilado/interpretado



Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Requisitos para hacer reversing

Para hacer reversing a un código, necesitaremos varias herramientas:

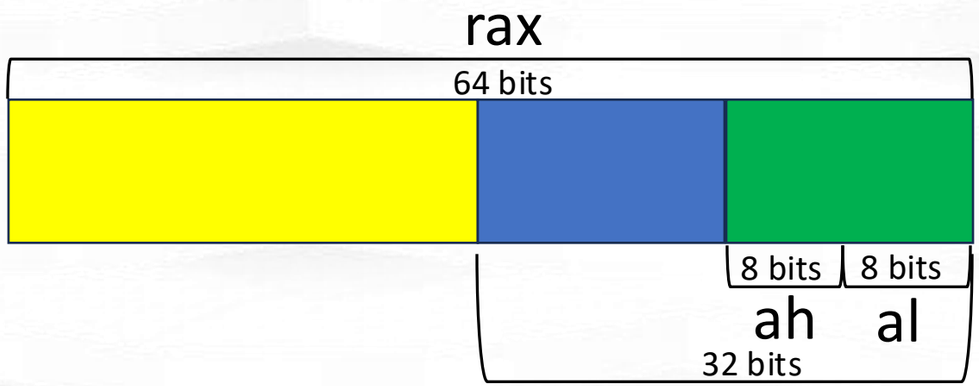
- Conocimientos a nivel de la arquitectura (bajo nivel) para la que se compiló el código (diseño del microprocesador, repertorio de instrucciones, etc.)
- Conocimientos de herramientas que nos ayuden en este proceso: desensambladores, decompiladores, analizadores de código (estáticos y dinámicos), depuradores (debuggers), etc.

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Requisitos para hacer reversing

Debéis conocer los siguientes registros del procesador:

- RAX, RBX, RCX, RDX: Son registros de propósito general del procesador, el acumulador, la base, el contador y el registro de datos, respectivamente. Pueden guardar tanto datos como direcciones.
- RBP, RSP: Son los registros de puntero de base y de pila.
- RIP: Es el contador del programa, que almacena la dirección de la siguiente instrucción a ejecutar.



Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Ingeniería inversa - *Debugging*

Asumiendo que no tenemos acceso directo al código fuente, tenemos dos formas principales de comenzar las tareas de reversing:

- Análisis estático: intentamos recuperar la máxima información posible del código fuente de la aplicación para conocer cómo funciona.
- Análisis dinámico: ejecutamos la aplicación (**SIEMPRE EN UNA VM**) y observamos su comportamiento ante diferentes entradas.

Como complemento al análisis dinámico, podemos utilizar *debuggers* o depuradores.

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Ingeniería inversa - *Debugging*

- Quizás el *debugger* más utilizado en el ámbito de la ciberseguridad sea GDB.
- Permite trabajar desde la línea de comandos o emplear alguna de sus interfaces.
  - Como GDB TUI (interfaz en modo texto) o Insight (interfaz gráfico).
  - También se puede utilizar alguno de sus front-ends, como gdbgui, Nemiver, WinGDB o el propio Emacs.
- Hoy en día existen complementos muy potentes y útiles para la línea de comandos.
  - Ejemplos de ello son gef, peda o pwndbg.
  - Puedes instalar todos con esta herramienta.

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Ingeniería inversa - *Debugging*

Con estas herramientas podemos observar el código ensamblador que se ejecuta cuando se lanza una aplicación, qué funciones se llaman, el contenido de la memoria y de los registros del procesador.

También se pueden introducir *breakpoints* para ir parando la ejecución cuando sea necesario.

Todo esto sin necesidad de tener disponible el código fuente de la aplicación analizada, basta con disponer del ejecutable.

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Ingeniería inversa - *Debugging*

Existen varias herramientas para realizar las tareas de decompilado/desensamblado:

- Ghidra
- Binary Ninja
- IDA (Free o pro)
- Olly Dbg
- x32debugger/x64debugger
- Radare2 (Cutter)

Alto Nivel → Bajo Nivel → Máquina
Compilación -- Ensamblado

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Ejemplos

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int varible=0;

    while(varible!=13)
    {
        printf("Sigue la secuencia: 1-1-2-3-5-8-...");
        scanf("%d",&varible);
    }
    printf("Correcto! URJC{Correctp}");

    return 0;
}
```

```
                        *************************************************************
                        *                          FUNCTION                         *
                        *************************************************************
                        int __fastcall __main(void)
          int             EAX:4          <RETURN>
                        __main                                  XREF[3]:    __tmainCRTStartup:004013b6(c),
                                                                            main:00401538(c), 00405108(*)
00402110 8b 05 2a       MOV         EAX,dword ptr [initialized]                 = ??
         52 00 00
00402116 85 c0          TEST        EAX,EAX
00402118 74 06          JZ          LAB_00402120
0040211a f3 c3          RET
0040211c 0f             ??          0Fh
0040211d 1f             ??          1Fh
0040211e 40             ??          40h    @
0040211f 00             ??          00h

                        LAB_00402120                            XREF[1]:    00402118(j)
00402120 c7 05 16       MOV         dword ptr [initialized],0x1             = ??
         52 00 00
         01 00 00 00
0040212a eb 84          JMP         __do_global_ctors

                        DAT_0040212c                            XREF[1]:    0040510c(*)
0040212c 90             ??          90h
0040212d 90             ??          90h
0040212e 90             ??          90h
0040212f 90             ??          90h

                        *************************************************************
                        *                          FUNCTION                         *
                        *************************************************************
                        void __fastcall __security_init_cookie(void)
```

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Ejemplos

```
1
2  int main(int _Argc,char **_Argv,char **_Env)
3
4  {
5    int local_c;
6
7    __main();
8    local_c = 0;
9    while (local_c != 0xd) {
10     printf("Sigue la secuencia: 1-1-2-3-5-8-...");
11     scanf("%d",&local_c);
12   }
13   printf("Correcto! URJC{Correctp}");
14   return 0;
15 }
16
```

```
1
2  #include <stdio.h>
3
4  int main()
5  {
6      int varible=0;
7
8      while(varible!=13)
9      {
10         printf("Sigue la secuencia: 1-1-2-3-5-8-...");
11         scanf("%d",&varible);
12     }
13     printf("Correcto! URJC{Correctp}");
14
15     return 0;
16 }
17
```

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

No siempre se trata de decompilar

- A veces, habrá retos dentro de la categoría de reversing que consistirán en análisis de código fuente o, dado un código ofuscado, tratar de recuperar el código original..
  - O, al menos, una versión más legible

```
var _0x2da72b=_0x23ae;function _0x23ae(_0x384bcb,_0x4d943a){var
_0x56dc43=_0x56dc();return
_0x23ae=function(_0x23ae43,_0x4d79f2){_0x23ae43=_0x23ae43-
0x143;var _0x157b9f=_0x56dc43[_0x23ae43];return
_0x157b9f;},_0x23ae(_0x384bcb,_0x4d943a);}function _0x56dc(){var
_0x2de2d7=['8101179LDLJdd','charAt','81306hLMcQW','65oKTNMq','
10CiIRRV','1431062rTFndF','5934680LMAxTh','URJC{Desofuscando}','7
09227QTsrkv','3969945atiJhi','1030616LcvUIK','9YcTpzQ'];_0x56dc=fun
ction(){return _0x2de2d7;};return
_0x56dc();}(function(_0x2820fc,_0x53eb87){var
_0x2064a7=_0x23ae,_0x37c6cf=_0x2820fc();while(!![]){try{var
_0x4c24c9=-parseInt(_0x2064a7(0x144))/0x1+-
parseInt(_0x2064a7(0x14d))/0x2+-parseInt(_0x2064a7(0x147))/0x3*(-
parseInt(_0x2064a7(0x146))/0x4)+parseInt(_0x2064a7(0x14b))/0x5*(
parseInt(_0x2064a7(0x14a))/0x6)+-
parseInt(_0x2064a7(0x145))/0x7+parseInt(_0x2064a7(0x14e))/0x8+pa
rseInt(_0x2064a7(0x148))/0x9*(parseInt(_0x2064a7(0x14c))/0xa);if(_0
x4c24c9===_0x53eb87)break;else
_0x37c6cf['push'](_0x37c6cf['shift']());}catch(_0x22350c){_0x37c6cf['p
ush'](_0x37c6cf['shift']());}}}(_0x56dc,0x9249e));var
numero=0x1,flag=_0x2da72b(0x143);while(numero>=0x0){numero=pr
ompt('introduce\x20un\x20número',''),secreta(flag,numero);}function
secreta(_0x18b49d,_0x34c2bb){var
_0x3bc3be=_0x2da72b;alert(_0x18b49d[_0x3bc3be(0x149)](_0x34c2
bb));}
```

https://deobfuscate.io/

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

No siempre se trata de decompilar

- A veces, habrá retos dentro de la categoría de reversing que consistirán en análisis de código fuente o, dado un código ofuscado, tratar de recuperar el código original..
  - O, al menos, una versión más legible

```
var _0x2da72b=_0x23ae;function _0x23ae(_0x384bcb,_0x4d943a){var
_0x56dc43=_0x56dc();return
_0x23ae=function(_0x23ae43,_0x4d79f2){_0x23ae43=_0x23ae43-
0x143;var _0x157b9f=_0x56dc43[_0x23ae43];return
_0x157b9f;},_0x23ae(_0x384bcb,_0x4d943a);}function _0x56dc(){var
_0x2de2d7=['8101179LDLJdd','charAt','81306hLMcQW','65oKTNMq','
10CiIRRV','1431062rTFndF','5934680LMAxTh','URJC{Desofuscando}','7
09227QTsrkv','3969945atiJhi','1030616LcvUIK','9YcTpzQ'];_0x56dc=fun
ction(){return _0x2de2d7;};return
_0x56dc();}(function(_0x2820fc,_0x53eb87){var
_0x2064a7=_0x23ae,_0x37c6cf=_0x2820fc();while(!![]){try{var
_0x4c24c9=-parseInt(_0x2064a7(0x144))/0x1+-
parseInt(_0x2064a7(0x14d))/0x2+-parseInt(_0x2064a7(0x147))/0x3*(-
parseInt(_0x2064a7(0x146))/0x4)+parseInt(_0x2064a7(0x14b))/0x5*(
parseInt(_0x2064a7(0x14a))/0x6)+-
parseInt(_0x2064a7(0x145))/0x7+parseInt(_0x2064a7(0x14e))/0x8+pa
rseInt(_0x2064a7(0x148))/0x9*(parseInt(_0x2064a7(0x14c))/0xa);if(_0
x4c24c9===_0x53eb87)break;else
_0x37c6cf['push'](_0x37c6cf['shift']());}catch(_0x22350c){_0x37c6cf['p
ush'](_0x37c6cf['shift']());}}}(_0x56dc,0x9249e));var
numero=0x1,flag=_0x2da72b(0x143);while(numero>=0x0){numero=pr
ompt('introduce\x20un\x20número',''),secreta(flag,numero);}function
secreta(_0x18b49d,_0x34c2bb){var
_0x3bc3be=_0x2da72b;alert(_0x18b49d[_0x3bc3be(0x149)](_0x34c2
bb));}
```

https://deobfuscate.io/

```
var numero = 0x1;
while (numero >= 0x0) {
  numero = prompt("introduce un número", '');
  secreta("URJC{Desofuscando}", numero);
}
function secreta(_0x18b49d, _0x34c2bb) {
  alert(_0x18b49d.charAt(_0x34c2bb));
}
```

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Análisis dinámico: ltrace y strace

- Si es necesario pasar al análisis dinámico, hay ciertas herramientas que pueden ayudarnos a comprender cuál es el funcionamiento del binario.
- Dos de las más útiles son **ltrace** y **strace**

STRACE

Ejecuta el programa hasta que termina

Intercepta las llamadas **al sistema**

También intercepta las señales que recibe el programa

LTRACE

Ejecuta el programa hasta que termina

Intercepta las llamadas **dinámicas a librerías**

También intercepta las señales que recibe el programa

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Ejemplo strace y ltrace

- Programa sencillo en C (hello.c).
- Veamos las diferencias de comportamiento de strace y ltrace.

File: hello.c

```c
#include <stdio.h>

int main(){
    printf("%s\n","Hello world!");
}
```

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Ejemplo strace y ltrace

```
execve("./hello", ["./hello"], 0x7fff33825ad0 /* 40 vars */) = 0
brk(NULL)                               = 0x5571c4413000
access("/etc/ld.so.preload", R_OK)      = -1 ENOENT (No such file or directory)
openat(AT_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3
fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=44313, ...}) = 0
mmap(NULL, 44313, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0x7eff26fe3000
close(3)                                = 0
openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3
read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\200\177\2\0\0\0\0\0"..., 832) = 832
fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=1839168, ...}) = 0
mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7eff26fe1000
mmap(NULL, 1852480, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7eff26e1c000
mprotect(0x7eff26e42000, 1658880, PROT_NONE) = 0
mmap(0x7eff26e42000, 1347584, PROT_READ|PROT_EXEC, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x26000) = 0x7eff26e42000
mmap(0x7eff26f8b000, 307200, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x16f000) = 0x7eff26f8b000
mmap(0x7eff26fd7000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x1ba000) = 0x7eff26fd7000
mmap(0x7eff26fdd000, 13376, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7eff26fdd000
close(3)                                = 0
mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7eff26e1a000
arch_prctl(ARCH_SET_FS, 0x7eff26fe2540) = 0
mprotect(0x7eff26fd7000, 12288, PROT_READ) = 0
mprotect(0x5571c2d08000, 4096, PROT_READ) = 0
mprotect(0x7eff27018000, 4096, PROT_READ) = 0
munmap(0x7eff26fe3000, 44313)           = 0
fstat(1, {st_mode=S_IFCHR|0620, st_rdev=makedev(0x88, 0x2), ...}) = 0
brk(NULL)                               = 0x5571c4413000
brk(0x5571c4434000)                     = 0x5571c4434000
write(1, "Hello world!\n", 13Hello world!
)          = 13
exit_group(0)                           = ?
+++ exited with 0 +++
```

STRACE

LTRACE

```
puts("Hello world!"Hello world!
)                                                                = 13
+++ exited (status 0) +++
```

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Ejemplo strace y ltrace

```c
#include <stdio.h>

int main() {
        char frase[50];

        printf("%s","Introduce la password: ");
        scanf("%s", &frase);

        if (strcmp(frase, "impossible_password") == 0){
                printf("%s\n", "Enhorabuena campeon");
        } else {
                printf("%s\n", "Oh! que pena... no era esa");
        }
}
```

```
❯ ltrace ./pass
printf("%s", "Introduce la password: ")                                    = 23
__isoc99_scanf(0x558199c6701c, 0x7fffb7c64e10, 0, 0Introduce la password: medaigual
)                                 = 1
strcmp("medaigual", "impossible_password")                                 = 4
puts("Oh! que pena... no era esa"Oh! que pena... no era esa
)                                                 = 27
+++ exited (status 0) +++
```

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Ejemplo strace y ltrace

- Programa sencillo en C (hello.c).
- Veamos las diferencias de comportamiento de strace y ltrace.

File: hello.c

```c
#include <stdio.h>

int main(){
    printf("%s\n","Hello world!");
}
```

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Ejemplo strace y ltrace

- El argumento "-e" sirve para especificar el nombre de una llamada a librería/sistema. De esta manera solo se recogería el output de dicha llamada.

```
❯ ltrace -e strcmp ./pass
Introduce la password: prueba
pass->strcmp("prueba", "impossible_password")                    = 7
Oh! que pena... no era esa
+++ exited (status 0) +++
```

- El argumento –i imprime a su vez la dirección de la instrucción que se está ejecutando

```
❯ ltrace -i -e strcmp ./pass
Introduce la password: prueba
[0x55bc9cd071b0] pass->strcmp("prueba", "impossible_password")     = 7
Oh! que pena... no era esa
[0xffffffffffffffff] +++ exited (status 0) +++
```

- El argumento "--output=<fichero>" sirve para especificar la ruta de output en caso de que queramos que se guarde.

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Ejemplo strace y ltrace

- El argumento "--output=<fichero>" sirve para especificar la ruta del output en caso de que queramos que se guarde.

```
❯ ltrace -i -e strcmp --output=mi_output ./pass
Introduce la password: prueba
Oh! que pena... no era esa
❯ cat mi_output
```

```
       File: mi_output
   1   [0x560369fbf1b0] pass->strcmp("prueba", "impossible_password")     = 7
   2   [0xffffffffffffffff] +++ exited (status 0) +++
```

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Explotación de binarios

Introducción al *exploiting* (pwn)

- La explotación de binarios está estrechamente relacionada con la ingeniería inversa.
  - Para tener éxito en la explotación, hay que analizar y entender el código fuente de la aplicación, de manera que encontremos puntos vulnerables en el mismo.
- Es requisito indispensable entender cómo funciona la pila del sistema, los registros del procesador y tener conocimientos de la arquitectura.

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Introducción al *exploiting* (pwn)

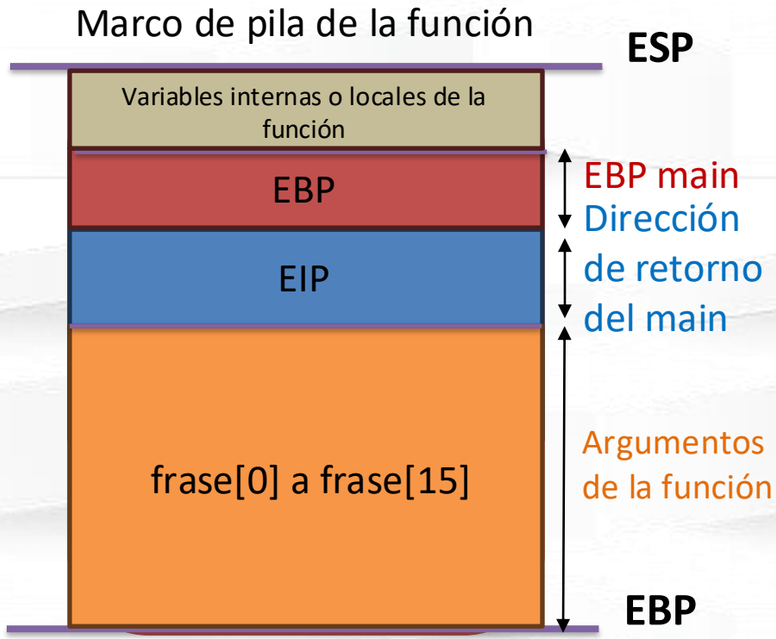
- Es un campo demasiado amplio como para entrar en detalle.
- Daremos nociones básicas para realizar explotaciones simples.
- La explotación más básica, lo cual no implica que sea sencilla de explotar en determinados contextos, es *buffer overflow*.

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Buffer Overflow

```
void copia_cadena(char *cadena) {
    char buffer[16];
    strcpy(buffer, cadena);
}

void main() {
    char frase[16];
    int i;
    for(i = 0; i < 15; i++) {
        frase[i] = 'M';
    }
    copia_cadena(frase);
}
```

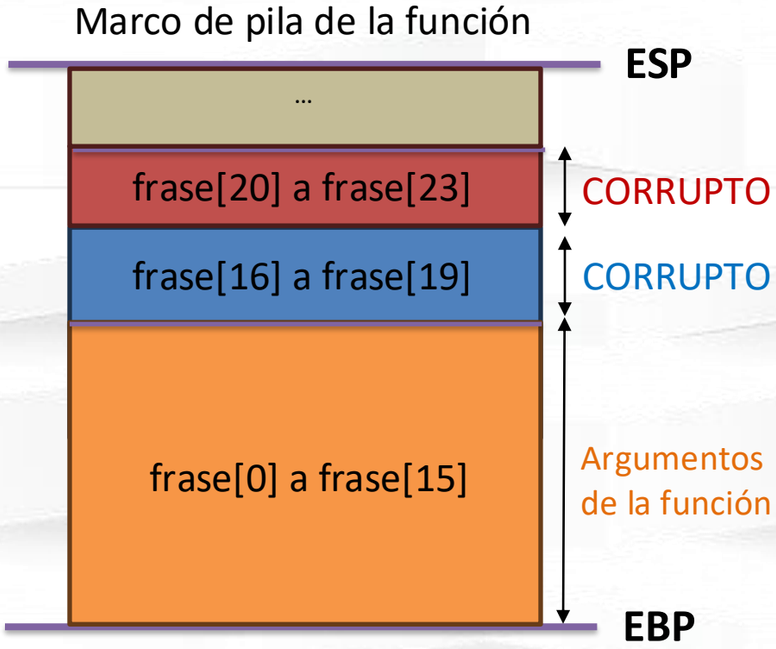


Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Buffer Overflow

```
void copia_cadena(char *cadena) {
    char buffer[16];
    strcpy(buffer, cadena);
}

void main() {
    char frase[256];
    int i;
    for(i = 0; i < 255; i++) {
        frase[i] = 'M';
    }
    copia_cadena(frase);
}
```

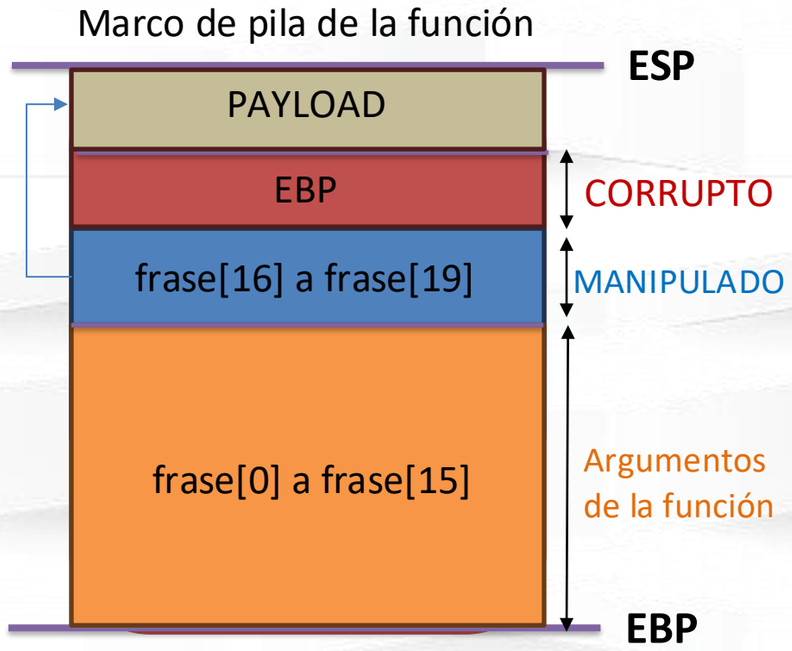


Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Buffer Overflow

```
void copia_cadena(char *cadena) {
    char buffer[16];
    strcpy(buffer, cadena);
}

void main() {
    char frase[16];
    printf("Introduzca una frase");
    scanf("%s", &frase);
    copia_cadena(frase);
}
```



Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

Buffer overflow

- Partiendo de una vulnerabilidad de buffer overflow se puede llegar a aplicar técnicas interesantes:
  - ROP
    - ret2win
    - ret2libc
- Veamos algunos ejemplos

Raúl Martín Santamaría
Isaac Lozano Osorio
Sergio Pérez Peló

#CátedrasCiber

Módulo IV: Ingeniería inversa y Explotación de binarios

Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA
SECRETARÍA DE ESTADO DE DIGITALIZACIÓN E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

Entidad colaboradora:
incibe_ INSTITUTO NACIONAL DE CIBERSEGURIDAD
UC Universidad de Cantabria