

CRIPTOGRAFIA OFENSIVA 2

Atacando y defendiendo organizaciones

*Criptografía aplicada para programadores,
analistas, cripto-agilistas y hackers éticos*

Autor: Dr. Alfonso Muñoz

Prólogo Dr. María Isabel González Vasco

Primera edición

Madrid, España – julio 2024

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, almacenada o transmitida en forma alguna si viola la legislación vigente y el permiso del autor o gestores de copyright de la presenta obra.

Diseño de la portada: Alfonso Muñoz Muñoz

Título original: Criptografía ofensiva 2. Atacando y defendiendo organizaciones. Criptografía aplicada para programadores, analistas, cripto-agilistas y hackers éticos.

Copyright @2024 – Alfonso Muñoz Muñoz

Todos los derechos reservados

ISBN: 9798332214776

Imprenta/editorial: Independently published (Amazon KDP)

La primera versión de este libro fue escrita
de marzo a diciembre de 2020 en Madrid-España
durante una pandemia mundial (covid-19).

Este libro está dedicado a las almas que se fueron.
Su recuerdo y vida quedarán por siempre.

*La esperanza es el único bien común a
todos los hombres; los que todo lo han
perdido la poseen aún –*

Tales de Mileto (624 AC-546 AC)
Filósofo y matemático griego

"Harry, has pasado toda tu vida escuchando las conversaciones de los demás. Has justificado tu trabajo diciendo que no eres responsable de lo que la gente dice o hace.

Pero ¿no te das cuenta del poder que tienes?

La capacidad de invadir la privacidad de alguien es la capacidad de destruir su vida.

Cada palabra grabada, cada secreto revelado, es una parte de su humanidad arrancada.

La privacidad no es solo un lujo, es una parte fundamental de lo que nos hace humanos. Y tú, más que nadie, deberías entender el precio de violarla." – Stan

"The Conversation" (1974)

Índice de contenidos

Índice de ilustraciones.....	14
Prólogo – Dr. María Isabel González Vasco	23
Introducción - ¿Qué no es este libro?.....	26
2000 años de criptografía para profesionales perezosos.....	28
Capítulo 1. Criptografía práctica para usuarios. Protección de datos, privacidad y anonimato	36
Capítulo 2. Criptografía práctica para programadores, arquitectos software y responsables de datos. Algoritmos y usos.....	40
2.1 Conceptos básicos.....	40
2.2 Criptografía simétrica	41
2.2.1 Modos de operación en criptografía simétrica. Cifrado de bloques	43
2.2.2 Algoritmo criptográfico simétrico AES	47
2.2.2.1 Código Python - Cifrando y descifrando con AES-CBC y AES-GCM.....	49
2.2.2.2 Código Python - Cifrando y descifrando con AES-CTR	51
2.2.2.3 Usando AES con la librería OpenSSL. Línea de comandos	52
2.3 Criptografía asimétrica o pública.....	55
2.3.1 El algoritmo Diffie-Hellman. Protocolo de intercambio de claves	55
2.3.2 Algoritmo criptográfico RSA.....	58
2.3.2.1 ¿Cómo atacar el algoritmo RSA?	61
2.3.2.2 Programación de RSA en Python. Ejemplo educativo	62
2.3.2.3 Uso de OpenSSL para generar claves RSA y cifrar/descifrar información	63
2.3.3 ElGamal.....	64
2.3.4 Curvas Elípticas.....	66
2.3.4.1 ¿Cómo es una curva elíptica y cómo se trabaja con ella?	67
2.3.4.2 ¿Qué curva elegir? ¿Son seguras?	69
2.3.4.3 ¿Cómo cifrar y descifrar información con curvas elípticas?	70
2.3.4.3.1 Ejemplo de uso OpenSSL para intercambio de clave y cifrado/descifrado con curva P-256.....	70

2.3.5 Distribución de claves	72
2.3.5.1 Distribución de claves criptográficas mediante curvas elípticas. El caso de ECDH	73
2.3.5.2 Ejemplo en Python de distribución de claves criptográficas mediante la curva Curve25519	76
2.4 Funciones hash criptográficas.....	78
2.4.1 Funciones XOF (Extendable-Output Function). Hash extensible.	81
2.4.2 Ejemplo programación Python de funciones hash criptográficas	82
2.4.3 Uso de OpenSSL para calcular el hash de un fichero	84
2.5 Firma digital	84
2.5.1 Firma digital con curvas elípticas ECDSA	85
2.6 MAC (Message Authentication Code)	88
2.6.1 Ejemplo de programación Python de HMAC-SHA256	90
2.6.2 Usando OpenSSL para calcular el HMAC-SHA256 de una información	91
2.7 Cifrado autenticado.....	92
2.7.1 Ejemplo de programación Python de AES256-GCM	93
2.7.2 Ejemplo de programación Python de ChaCha20-Poly1305	94
2.7.3 Ejemplo de uso de OpenSSL para cifrar/descifrar un fichero usando ChaCha20-Poly1305	95
2.8 Derivación de claves y password hashing	95
2.8.1 Ejemplo de derivación de clave basada en PBKDF2 con Python	98
2.8.2 Ejemplo en Python de derivación de clave Scrypt.....	101
2.8.3 Ejemplo en Python de derivación de clave basada en Argon2 .	103
2.9 Generación segura de números aleatorios y pseudoaleatorios	104
2.9.1 Ejemplo de creación de números aleatorios en Python.....	106
2.10 Certificados digitales y codificación X509v3	107
2.10.1 ¿Cómo se usan los certificados digitales en un navegador web? ¿Cómo dificultar la suplantación?.....	111
2.11 Rellenos y padding.....	112
2.12 Computación cuántica. Circuitos cuánticos y corrección de errores	

cuánticos	115
2.12.1 El algoritmo de Shor y de Grover	116
2.13 Criptografía cuántica y postcuántica	119
2.13.1 ¿Qué contramedidas existen frente a un ordenador cuántico?	121
2.14 Blockchain y criptomonedas.....	123
2.14.1 ¿Cuáles son los fundamentos criptográficos más interesantes?	124
2.14.2 ¿Es posible atacar blockchain o una criptomoneda? ¿Cómo audito su seguridad?	125
2.14.3 ¿Cómo puedo programar de forma segura esta tecnología? Formación y estudio	126
2.15 Machine Learning y criptografía	127
2.16 Privacy-Enhancing Technology (PET)	129
2.16.1 Criptografía homomórfica. Computación de datos cifrados... ..	129
2.16.2 Computación multiparte segura y PSI (Private Set Intersection)	133
2.16.2.1 Criptografía umbral. Secreto compartido	135
2.16.3 Cifrado de datos con preservación de formato.....	138
2.16.4 Prueba de conocimiento cero - ZKP	139
2.16.5 Privacidad diferencial.....	140
2.17 Protegiendo claves criptográficas cuando no se pueden proteger. Whitebox cryptography y MBA (Mixed Boolean-Arithmetic)	142
2.18 Criptografía ligera en Internet of Things (IoT). Lightweight Cryptography	146
2.18.1 Algoritmo de criptografía ligera ASCON	149
2.19 End-to-End (E2E) Encryption. Perfect Forward Secrecy.....	151
2.19.1 Telegram es inseguro. Cuando TLS no es suficiente	154
2.20 Criptografía y hardware. Almacenamiento seguro de claves	157
2.21 Criptografía en base de datos. Transparent Data Encryption	159
2.22 Librerías criptográficas para desarrolladores. ¿Qué algoritmo elegir? ¿Cuál es el mejor diseño criptográfico?	161
2.22.1 Cifrado múltiple y cifrado en cascada.....	163
2.22.2 Criptografía en lenguajes de programación y tecnologías RUST/WebAssembly (WASM).....	165

2.22.3 Criptografía y librerías en cloud	166
2.23 Auditoría de código criptográfico. Normativas y estándares	170
2.24 Gestor de contraseñas y herramientas de gestión de credenciales	174
2.25 Identidad digital y JSON Web Token (JWT).....	176
2.26 Criptoanálisis	183
2.26.1 Conceptos útiles para entender los ataques y la robustez criptográfica. IND-CPA, IND-CCA1 e IND-CCA2	183
2.26.2 La criptografía no se ataca, se esquiva.....	185
Capítulo 3. Criptoagilidad y criptografía postcuántica. Más allá de la amenaza cuántica.....	192
3.1 Criptoagilidad para profesionales perezosos. Gestión moderna de la criptografía, CBOM e inventariado criptográfico	192
3.2. Computación cuántica. Amenaza a la criptografía	195
3.2.1 ¿Qué es la computación cuántica? Principios y recursos de lectura	196
3.2.2 Atacando la criptografía con computación cuántica. El algoritmo de Shor y el algoritmo de Grover.....	202
3.2.2.1 El algoritmo de Shor. Atacando el problema de la factorización y el logaritmo discreto	208
3.2.2.2 El algoritmo de Grover. Algoritmo cuántico de búsqueda.....	213
3.2.3 Soluciones frente a la computación cuántica. Migración a la criptografía postcuántica	216
3.2.3.1 Proceso de estandarización. Algoritmos seleccionados por el NIST norteamericano.....	218
3.3 Algoritmos postcuánticos. Atacando y defendiendo organizaciones	222
3.3.1 Algoritmo Crystal-Kyber (ML-KEM).....	222
3.3.1.1 Funcionamiento intuitivo del algoritmo Crystal-Kyber (ML-KEM). Algunas matemáticas básicas	224
3.3.2 Firma digital postcuántica (ML-DSA y SLH-DSA). Dilithium, Sphincs+ y Falcon	234
3.3.2.1 El algoritmo Sphincs+	236
3.3.3 Estrategias de cifrado y firmado postcuántico. Modos híbridos	244
3.3.3.1 Intercambiando claves criptográficas. Modo híbrido KEM y	

curvas elípticas.....	245
3.3.3.2 Encadenamiento de firmas digitales. ¿Cómo mezclarlas? .	247
3.3.4 Jugando con librerías de criptografía postcuántica	249
3.3.4.1 Ejemplo de programación de Python y librería liboqs	250
3.3.5 Generación de números aleatorios en criptografía postcuántica	252
3.3.6 Ataques a la criptografía postcuántica.....	257
3.4 Formación continua. Conocer los nuevos avances en criptografía postcuántica.....	258
Capítulo 4. Criptografía aplicada para pentesters y hackers éticos	260
4.1 Seguridad criptográfica en las comunicaciones web. SSL/TLS y certificados digitales	261
4.1.1 Ataques criptográficos a los protocolos SSL/TLS	263
4.1.1.1 Ataques basados en compresión y tamaño de petición/respuesta.....	265
4.1.1.2 Ataques basados en implementaciones incorrectas y mal uso de algoritmo	267
4.1.1.3 Ataques basados en downgrade y flujo del protocolo	274
4.1.1.4 Ataques basados en relleno/padding.....	275
4.1.1.4.1 ¿Cómo proteger el padding de una comunicación? El caso de Lucky13	279
4.1.1.5 Ataques a TLS 1.3	281
4.1.1.6 Lecciones aprendidas en ataques criptográficos a TLS/SSL	287
4.1.2 Certificados digitales. Fuga de información y fingerprinting...	289
4.1.3 Evasión de SSL/TLS. Bypass SSL/TLS Pinning.....	294
4.2 Cracking de contraseñas y suplantación de autenticación.....	296
4.2.1 <i>Basics</i> y recomendaciones.....	296
4.2.1.1 Atacando e identificando. Fuerza bruta, colisiones y codificación.....	297
4.2.1.2 Aplicaciones de cracking. John The Ripper y Hashcat	299
4.2.2 Creación y expansión de diccionarios de cracking de contraseñas	300
4.2.3 Credenciales en sistemas operativos. Cracking y evasión de	

autenticación.....	304
4.2.3.1 Sistema operativo Microsoft Windows	304
4.2.3.2 Sistema operativo Linux y MAC.....	309
4.2.4 Evasión de autenticación online y autenticación basada en contraseña.....	310
4.2.4.1 Ataque a la autenticación en protocolos basada en contraseña	310
4.2.4.2 Client-side attacks. Captchas, tokens JWT y TOTPs	314
4.2.4.3 Burp suite y extensiones. Atacando la criptografía y bypass autenticación	316
4.2.5 Cracking de credenciales de software de cifrado y secure password storage.....	318
4.2.6 Cracking de credenciales en documentos ofimáticos y certificados digitales.....	320
4.2.7 Cracking de credenciales en comunicaciones inalámbrica	323
4.3 Fuzzing en criptografía y tecnologías blockchain. Detectando implementaciones incorrectas y vulnerabilidades	329
4.4 Herramientas para CTF (Capture the flag). Criptoanálisis y estegoanálisis	332
Capítulo 5. Criptografía y esteganografía para analistas	334
5.1 Criptografía y malware. Ransomware y cryptojacking.....	335
5.2 Forense criptográfico. Extrayendo credenciales.....	340
5.3 Esteganografía y canales encubiertos. Pentester, analistas y forenses	345
5.3.1 Esteganografía en la actualidad. Definición de conceptos.....	346
5.3.2 Clasificación de sistemas esteganográficos modernos. Portadores	347
5.3.3 Técnicas esteganográficas en la actualidad.....	350
5.3.3.1 Ocultación de información en imágenes digitales.....	351
5.3.3.1.1 Ocultando con Digital Invisible Ink Toolkit	352
5.3.3.1.2 Ocultación en imágenes JPEG con F5	355
5.3.3.1.3 Ocultación en imágenes PNG. El caso de Invoke-PSImage	357
5.3.3.1.4 Stegosploit, polyglots y APT-Modernos. Estegomalware	

en imágenes digitales.....	358
5.3.3.2 Ocultación de información en audio digital	363
5.3.3.3 Ocultación en sistemas de ficheros y formatos	366
5.3.3.4 Esteganografía en código interpretado. Lenguaje HTML y XML.....	372
5.3.3.5. Canales encubiertos en protocolos de comunicación. Network steganography	374
5.3.3.5.1. Canal encubierto en TCP mediante número inicial de secuencia. Ejemplo con Covert-tcp.....	377
5.3.3.5.2. Canal encubierto en DNS. Mística – La navaja suiza.	379
5.3.3.6. Herramientas de estegoanálisis. Detección práctica de información oculta con esteganografía.....	380
Capítulo 6. Formación continua en criptografía. Libros y recursos	385
Otros libros publicados por el autor.....	392
Glosario	398

Prólogo – Dr. María Isabel González Vasco

Criptografía Ofensiva parece un título agresivo; criptografía para atacar, adelantarse y acorralar al oponente, salir victorioso por utilizar las armas adecuadas, en la medida justa y el momento preciso. Nada más lejos desde las páginas de este libro que invitar a la agresión; más al contrario, su autor, Alfonso Muñoz, parte de la máxima (indiscutible en muchos ámbitos) de que la mejor defensa es un buen ataque. Con esa premisa nos invita a hacer acopio de un arsenal equipado con una gran variedad de herramientas criptográficas, modernas y “antiguas”¹ para hacer frente a los enormes retos que presenta el desarrollo de distintas tecnologías y su vertiginosa implantación en la sociedad actual.

No es sencillo dominar todos los aspectos que llevan a la correcta selección e implantación de una solución en criptografía; a menudo, el profesional se enfrenta a retos que parecen inalcanzables desde su experiencia y formación. Entender la base teórica que subyace a un diseño criptográfico con frecuencia exige amplios conocimientos de Matemáticas e Informática Teórica (Álgebra, Geometría, Teoría de Complejidad, Teoría de la Información), mientras que diseñar o evaluar una implementación criptográfica requiere experiencia en Diseño de Software/Hardware seguro, Arquitectura de Computadores o Redes de Comunicación. En uno u otro ámbito, todos los profesionales de la criptografía nos sentimos desorientados (típicamente, en varios), lo que a menudo se traduce en la ejecución fragmentada de proyectos en este entorno; organizando las tareas de manera disociada para que cada profesional se centre en su ámbito de especialización. Mantenerse cómodamente atrincherado en la zona de confort es, sin embargo, una receta infalible para el desastre en este contexto.

Este libro nos invita a perseguir una visión global de la criptografía de cara a situarnos en un suelo sólido desde el que entender las consecuencias de cada decisión tomada en el proceso de diseño e implantación de soluciones criptográficas. El primer capítulo del libro presenta la visión del usuario, eslabón final que, muchas veces, es el más débil de la cadena. El segundo capítulo se centra en los profesionales más próximos al desarrollo y uso de software criptográfico, invitándoles a adentrarse en los principios teóricos de la criptografía simétrica y asimétrica, con un lenguaje asequible salpicado de ejemplos para apoyar la comprensión del texto. Además de explicar

¹ En este contexto, antiguo es un término ambiguo; se aplica tanto a esquemas diseñados hace siglos como a aquellos que apenas han alcanzado la mayoría de edad

herramientas muy establecidas como AES, RSA o ECDSA, en este capítulo se realiza una introducción a diferentes temas menos habituales en este tipo de textos, como la criptografía cuántica y postcuántica, el blockchain o las tecnologías PET (*Privacy-Enhancing Technologies*). Otros temas de gran utilidad relacionados con cuestiones eminentemente prácticas (gestores de credenciales, librerías criptográficas, auditoría de código criptográfico) se entrelazan con conceptos más teóricos (seguridad demostrable, criptoagilidad) para dotar al lector de un abanico de nociones elementales muy completo, salpicado de referencias útiles para profundizar en cada una de las cuestiones tratadas en el texto.

El desarrollo de tecnologías cuánticas ha supuesto una enorme revolución en distintos ámbitos, siendo la criptografía quizá el más destacado. Sin duda, los profesionales que trabajan en Ciberseguridad se han visto en los últimos años sobrepasados ante la perspectiva de entender construcciones y contrarrestar ataques que se apoyan en los fundamentos de la Mecánica Cuántica. Este nuevo paradigma computacional exige una revisión profunda de nuestra concepción de la seguridad, y abre a la vez una infinidad de posibilidades para la implementación de herramientas criptográficas con propiedades de seguridad impensables en el pasado, derivadas del hecho de que *observar* o medir información cuántica tenga un impacto detectable sobre la misma. El tercer capítulo del libro nos invita a entender los peligros reales del desarrollo de herramientas cuánticas para el criptoanálisis, así como los pasos que la comunidad criptográfica está dando para enfrentarse a esta amenaza. A través de una breve introducción a la computación cuántica, que incluye una descripción didáctica del algoritmo de Shor y su uso para factorizar enteros, se presenta al lector de manera sencilla alguna de las soluciones exploradas hacia diseños criptográficos no basados en factorización de enteros ni en logaritmo discreto. En particular, se explican propuestas como el encapsulado de clave Crystals-Kyber o la firma Sphinx+, ambos esquemas a la cabeza en la carrera por convertirse en el estándar (oficial y, de facto) de la Criptografía postcuántica.

Los capítulos cuatro y cinco del libro recopilan y amplían el material que se expuso (en parte) en la anterior edición de este libro. Dicho material se ha actualizado y enriquecido siempre desde la perspectiva de uno de los mejores expertos nacionales en esteganografía y hacking ético. Por último, el libro concluye con un capítulo dedicado a la formación continua, que contiene una guía breve y completa para invitar al lector a profundizar y actualizar sus conocimientos.

Alfonso Muñoz ha conseguido recopilar, en apenas 400 páginas, punteros a la mayoría de las áreas de interés para los profesionales de la Ciberseguridad

que quieren adentrarse en el fascinante mundo de la Criptografía. Su obra es una puerta abierta a un mundo de ideas y construcciones en el que podemos deslizarnos sin demasiados conocimientos previos, y del que volver con importantes lecciones aprendidas. Aún más importante, traspasamos la puerta de vuelta con energías renovadas y menos reticencia para profundizar en la teoría y práctica de esta fascinante disciplina.



María Isabel González Vasco es licenciada en Matemáticas y doctora por la Universidad de Oviedo (obteniendo en ambos casos el Premio Extraordinario). Desarrolla su labor investigadora en el campo de la **Criptografía Matemática** desde el año 1999, en el que disfrutó de una estancia de investigación (Programa Leonardo da Vinci) en la empresa Philips Crypto B.V. (Eindhoven, Holanda). En los años siguientes su interés se centró en dos áreas de trabajo; funciones **Hard-Core** y **Criptografía basada en Teoría de**

Grupos. En el primer campo, alcanzó importantes resultados (en colaboración con investigadores de la talla de Igor E. Spharliniski y M. Näslund) con implicaciones prácticas relativas a la seguridad del esquema de intercambio de clave de Diffie-Hellman. En cuanto a Criptografía basada en Teoría de Grupos, tema que centró su tesis doctoral, criptoanalizó numerosas propuestas para aplicar esta teoría al cifrado de mensajes y al intercambio seguro de claves criptográficas. Desde 2007 se interesa además por la seguridad demostrable de esquemas de **intercambio de clave multiusuario**, en concreto por la búsqueda de diseños que permitan a un conjunto de usuarios acordar una clave criptográfica segura común comunicándose exclusivamente a través de una red vulnerable. En ese marco, actualmente trabaja en desarrollos y modelos matemáticos para **criptografía postcuántica**, ámbito en el que codirige un proyecto del programa SPS de la OTAN.

Introducción - ¿Qué no es este libro?

WILL - Lo más triste de todo es que dentro de 50 años
empezarás a pensar por ti mismo, y te darás
cuenta de que solo hay dos verdades en la vida:
uno, que los pedantes sobran, y dos,
que has tirado 150.000 dólares en una educación
que te habría costado un dólar cincuenta por los retrasos
en la biblioteca pública.

CLARK - Sí, pero yo tendré un título, y tú servirás patatas fritas
a mis hijos

WILL - Es posible, pero yo seré una persona de verdad

*Matt Damon –
El indomable Will Hunting*

Cuando era un estudiante a tiempo completo disfrutaba enormemente de la estancia en bibliotecas públicas. A veces se nos olvida el poder de lo público y lo gratuito. Esa sensación de conocimiento concentrado y esa libertad de descubrir lo que ningún motor de inteligencia artificial podría, descubrir aquel libro que nunca nadie podría recomendarme simplemente porque “no me iba a gustar”.

En esa etapa, descubrí un libro que me llamó poderosamente la atención “*La cultura. Todo lo que hay que saber*” de *Dietrich Schwanitz*, una especie de libro sagrado que resumía en un volumen los aspectos más significativos de disciplinas tan variadas como la filosofía, la historia del arte, la música, la historia de Europa, los griegos, la Ilíada, la antigüedad clásica, el renacimiento, la literatura contemporánea. Un libro que, al menos, te permitiría mantener *conversaciones de bar* pareciendo una persona leída y cultivada, y quizás, te permitiera aprender más rápido eliminando información, a priori, ornamental.

Nadie se convierte en un experto en ninguna materia por leer un libro. Pero la capacidad de síntesis de ese libro me pareció significativa y me permitió descubrir aspectos que desconocía y que, en principio, me parecían tremendamente aburridos, y poner foco en otros de manera intensiva.

La primera versión de este libro nació con este objetivo. Un libro de criptografía práctica que sirviera de referencia a la mayor cantidad de personas posibles independientemente de su conocimiento criptográfico y que le facilitara profundizar en cada área específica. Con ese planteamiento, el libro se configuró en diferentes capítulos que de manera breve y concisa reflejan múltiples aristas del uso de la criptografía en el mundo real, en su

uso práctico. Con una idea clara en la mente, la bibliografía proporcionada debería ser lo suficientemente amplia para permitir al lector profundizar en todo el detalle necesario, sin añadir nada que estuviera mejor escrito en otras obras. Referencias de diferente naturaleza, en español y en inglés, priorizando siempre aquellas de fácil acceso y sin coste. El lector debería sentir el mundo que se me abrió después de leer el libro de Dietrich hace unas décadas.

Desde la primera edición de este libro han pasado casi 4 años. Sigo convencido de la importancia de esta obra y era necesario su actualización. La estructura esencial del libro se mantiene pero con nuevos apartados, actualización de referencias, corrección de errores y nuevos capítulos cubriendo las nuevas tendencias alrededor de esta apasionante disciplina.

Siempre he creído que la criptografía y la esteganografía ayudan a construir una sociedad más libre y justa. Espero que una vez más este libro ayude en esa dirección.



Dr. Alfonso Muñoz es experto en ciberseguridad, área en la que trabaja profesionalmente desde hace 22 años. Su principal actividad se centra en proyectos/tecnologías técnicas avanzadas en seguridad defensiva y ofensiva (Global 500) y su colaboración con organismos públicos. Su especialización se centra en la seguridad ofensiva, la protección de comunicaciones (criptografía y esteganografía) y la investigación avanzada en ciberseguridad.

Su actividad profesional ha sido reconocida con múltiples reconocimientos académicos e industriales, entre ellos por reportar vulnerabilidades en productos de gran uso (Google, Microsoft, etc.). Destaca su perfil divulgador, entre otras áreas, en el área de la criptología. Es coautor de la red temática Criptored que difunde desde hace más de 22 años millones de documentos y formación online gratuita a toda la comunidad hispanohablante.

Contacto
Twitter: @mindcrypt
Telegram: t.me/criptored
Correo: alfonso@criptored.com