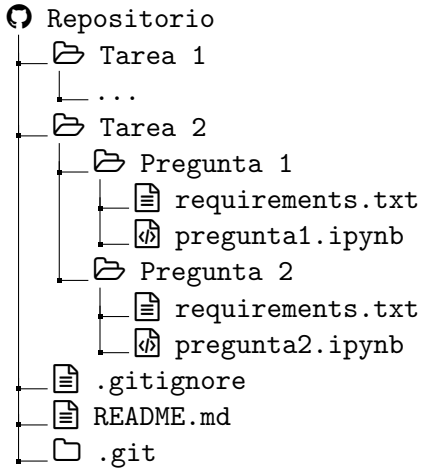
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA COMPUTACION

Criptografía y Seguridad Computacional - IIC3253
Tarea 2
Plazo de entrega: martes 7 de junio

Instrucciones

Cualquier duda sobre la tarea se deberá hacer en los *issues* del repositorio del curso. Si quiere usar alguna librería en sus soluciones debe preguntar primero si dicha librería está permitida. El foro es el canal de comunicación oficial para todas las tareas.

Entrega. Para entregar esta tarea deberá usar el mismo repositorio que utilizó para entregar la tarea 1. Al entregar esta tarea, su repositorio se deberá ver exactamente de la siguiente forma:



Deberá considerar lo siguiente:

- El archivo `requirements.txt` dentro de la carpeta de una pregunta deberá especificar todas las librerías que se necesitan instalar para ejecutar el código de su respuesta a dicha pregunta. Este archivo debe seguir la especificación de Pip, es decir se debe poder ejecutar el comando `pip install -r requirements.txt` suponiendo una versión de `Pip` mayor o igual a 20.0 que apunta a la versión 3.9 de Python. Si su respuesta no requiere librerías adicionales, este archivo debe estar vacío (pero debe estar en su repositorio).
- La solución de cada problema de programación debe ser entregada como un Jupyter Notebook (esto es, un archivo con extensión `ipynb`). Este archivo debe contener comentarios que

expliquen claramente el razonamiento tras la solución del problema, idealmente utilizando *markdown*. Más aun, su archivo deberá ser exportable a un módulo de python utilizando el comando de consola

```
jupyter nbconvert --to python preguntaX.ipynb
```

Este comando generará un archivo `preguntaX.py`, del cual se deben poder importar las funciones y clases que se piden en cada pregunta. Por ejemplo, para la Pregunta 2, luego de ejecutar este comando, se debe poder importar desde otro archivo python (ubicado en el mismo directorio) la clase `RSA` simplemente con `from pregunta2 import RSA`.

Preguntas

1. En esta pregunta deberá implementar la construcción de Merkle-Damgård de funciones de hash para mensajes de largo arbitrario, utilizando la construcción de Davies-Meyer para funciones de compresión. Concretamente, deberá escribir un Jupyter notebook de acuerdo a las instrucciones explicadas arriba que contenga las siguientes funciones:

```
def davies_meyer(encrypt: (bytearray, bytearray) -> bytearray,
                 l_key: int, l_message: int) -> (bytearray) -> bytearray:
    """
    Arguments:
      encrypt: an encryption function
      l_key: length in bytes of the keys for encrypt
      l_message: length in bytes of the messages for encrypt
    Returns:
      A compression function from messages of length l_key + l_message to
      messages of length l_message, defined by using the Davies-Meyer
      construction
    """
```

```
def pad(message: bytearray, l_block: int) -> bytearray:
    """
    Arguments:
      message: message to be padded
      l_block: length in bytes of the block
    Returns:
      extension of message that includes the length of message
      (in bytes) in its last block
    """
```

```
def merkle_damgard(IV: bytearray, comp: (bytearray) -> bytearray,
                   l_block: int) -> (bytearray) -> bytearray:
    """
    Arguments:
      IV: initialization vector for a hash function
      comp: compression function to be used in the Merkle-Damgard
      construction
      l_block: length in bytes of the blocks to be used in the Merkle-Damgard
      construction
    Returns:
      A hash function for messages of arbitrary length, defined by using
      the Merkle-Damgard construction
    """
```

Como un ejemplo de cómo pueden ser utilizadas estas funciones considere el siguiente código, donde `AES_128` es una función que implementa el algoritmo de cifrado AES con llaves y mensajes de 16 bytes (128 bits).

```
if __name__ == "__main__":
    compresion = davies_meyer(AES_128, 16, 16)
    hash = merkle_damgard(b'0123456789012345', compresion, 16)
    h1 = hash(b'Este es un mensaje de prueba para la tarea 2')
    h2 = hash(b'Este es un segundo mensaje de prueba para la tarea 2')
    print(h1)
    print(h2)
```

2. **Disclaimer.** Los algorítmos que deberá implementar en esta pregunta tienen fines exclusivamente académicos y **no deben ser utilizados en la práctica**. No es recomendado encriptar repetidas veces utilizando la misma llave cuando se utiliza criptografía asimétrica. La criptografía asimétrica se usa en la práctica para intercambiar llaves simétricas y producir firmas digitales. Al encriptar un mensaje usando criptografía asimétrica (por ejemplo, para intercambiar una llave simétrica) se recomienda siempre utilizar versiones aleatorizadas y estandarizadas como lo propuesto en PKCS #1.

   Enunciado. En esta pregunta deberá programar dos clases que interactúan entre ellas para comunicarse utilizando el protocolo RSA visto en clases. Concretamente, deberá escribir un Jupyter notebook de acuerdo a las instrucciones explicadas arriba que contenga:

   - Una clase que represente a quien recibe los mensajes. Esta clase debe permitir generar un par de llaves, entregar la llave pública, y decriptar mensajes.
   - Una clase que represente a quien envía los mensajes. Para inicializar un objeto de esta clase se debe entregar como parámetro una llave pública con la que luego se debe poder encriptar mensajes.

   Las firmas de estas clases se deben ver de la siguiente forma:

```python
class RSAReceiver:

  def __init__(self, bit_len: int) -> None:
  """
  Arguments:
    bit_len: A lower bound for the number of bits of N,
             the second argument of the public and secret key.
  """

  def get_public_key(self) -> bytearray:
  """
  Returns:
    public_key: Public key expressed as a Python 'bytearray' using the
                PEM format. This means the public key is divided in:
                (1) The number of bytes of e (4 bytes)
                (2) the number e (as many bytes as indicated in (1))
                (3) The number of bytes of N (4 bytes)
                (4) the number N (as many bytes as indicated in (3))
  """

  def decrypt(self, ciphertext: bytearray) -> str:
  """
  Arguments:
    ciphertext: The ciphertext to decrypt
  Returns:
    message: The original message
  """
```

```python
class RSASender:

  def __init__(self, public_key: bytearray) -> None:
```

```
    """
    Arguments:
      public_key: The public key that will be used to encrypt messages
    """

    def encrypt(self, message: str) -> bytearray:
    """
    Arguments:
      message: The plaintext message to encrypt
    Returns:
      ciphertext: The encrypted message
    """
```

Puede definir funciones adicionales antes de definir las clases. También puede definir otros métodos dentro de estas clases. El nombre de todos los métodos y todas las funciones adicionales debe comenzar con un guión bajo (_).

Detalles de implementación

- Para encriptar un mensaje lo separaremos en bloques de n bytes, donde n es el mayor múltiplo de 8 tal que $8 \cdot n$ es menor que el número de bits de N. Por ejemplo, si para representar N se necesitan 2056 bits, entonces n será 256, dado que $256 \cdot 8 = 2048$ y 2048 es el mayor múltiplo de 8 estrictamente menor que 2056.
- La cantidad de bytes del mensaje no tiene por qué dividir al número n. En caso de que no lo divida simplemente utilizaremos un último bloque más corto. Si el mensaje tiene ℓ bytes entonces el último bloque tendrá $\ell \mod n$ bytes.
- Para pasar un mensaje a bytes necesitamos usar alguna codificación particular. Utilizaremos la codificación UTF-8, lo que significa que para pasar un string `s` a un objeto de tipo `bytearray` podemos usar `bytearray(s, 'utf-8')`.
- Para pasar un conjunto de bytes a un número utilizaremos big-endian, lo que significa que si `b` es un objeto de tipo `bytearray`, el número representado por `b` se puede obtener usando `int.from_bytes(b, 'big')`.