**PROCESO DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA PARA EL DESAFÍO 1**

*Adriana Camila Erazo Mora*

*María Angélica Osorio Rincón*

1. **Contexto general del desafío:**

El problema consiste en recuperar una imagen original IO de dimensiones m filas por n columnas, que ha sido sometida a una serie de transformaciones binarias y enmascaramientos parciales, a partir de una imagen máscara IM de dimensiones m filas y n columnas y una máscara de dimensiones i ≤ m filas y j ≤ n columnas, generando al final de cada transformación una imagen distorsionada ID y un archivo de texto correspondiente al enmascaramiento.

* Cada transformación se compone de una operación binaria entre una imagen (IO o alguna imagen intermedia ID) y la imagen máscara IM.
* El enmascaramiento parcial consiste en sumar una máscara M a una porción de la imagen transformada ID, desplazada mediante una **semilla** s. Esta suma se registra en un archivo .txt.

El objetivo final es **revertir todos los pasos** para recuperar la imagen original IO, usando únicamente la información proporcionada: los archivos de texto plano, la imagen máscara IM, la máscara M y la imagen transformada (imagen que resulta de todas las transformaciones y enmascaramientos aplicados).

1. **Comprensión y separación de procesos:**

Es fundamental distinguir entre los dos procesos que componen cada transformación:

1. *Transformación binaria:* es una operación a nivel de bits aplicada entre imágenes completas (dimensión de m filas y n columnas), que afecta a cada byte (componente R, G o B) de la imagen. Las transformaciones que se pueden aplicar son: operación XOR, OR, AND, rotaciones de bits y NOT. Esta operación modifica la imagen.
2. *Enmascaramiento:* no modifica la imagen, sino que permite ocultar información en una porción específica de ella. Además, se define por una máscara de dimensiones i ≤ m filas y j ≤ n columnas y una semilla s que indica el punto de inicio en la imagen transformada. Esta operación genera un archivo de texto que contiene la suma entre la máscara M y la imagen transformada ID.
3. **Interpretación del archivo .txt:**

Como se mencionó anteriormente, cada archivo de texto tiene dos elementos:

* Primera línea: la semilla s, usada para determinar desde qué posición se aplica el enmascaramiento.
* Líneas siguientes: valores enteros correspondientes a S(k) = ID (k + s) + M(k), donde ID representa la imagen transformada final o intermedia, M la máscara aplicada y k el índice que permite moverse entre cada byte de la máscara.

El archivo sirve para validar si las transformaciones que se realicen permiten obtener la imagen original IO.

1. **Modelo de reconstrucción inversa (hipótesis):**

Dado que las transformaciones fueron aplicadas de forma secuencial, la reconstrucción debe realizarse en *orden inverso:*

* Tomar la imagen final ID.
* Aplicarle la transformación (por medio de operaciones binarias) con la imagen máscara IM.
* Aplicar enmascaramiento a la imagen resultante, sumando la máscara M desde la posición s validando en el archivo .txt N-1.
* Validar si después de los pasos anteriores se obtiene exactamente el archivo .txt N-1. Si no es así, se debe volver a realizar la transformación de la imagen final ID con la imagen máscara IM, usando una operación binaria diferente, hasta que se obtenga el mismo archivo de texto.
* Si se obtiene el mismo archivo, entonces se repite el proceso: se hace la transformación de la imagen resultante con la imagen máscara IM, luego se enmascara, sumando la máscara M desde la posición s con base en el archivo .txt N-2 y se valida si el archivo generado es exactamente el archivo .txt N-2. El proceso continúa hasta llegar a la imagen original IO.

1. **Retos del problema:**

* Desconocimiento de la operación binaria específica usada en cada transformación: se debe probar con distintas operaciones hasta encontrar la correcta en cada etapa.
* Control de índices: como cada píxel tiene 3 bytes (R, G, B), los desplazamientos y posiciones deben estar cuidadosamente alineados con esta estructura.
* Validación exhaustiva: se requiere verificar que cada transformación y enmascaramiento coincidan perfectamente con los archivos .txt, lo cual implica reconstrucciones intermedias precisas.

1. **Estrategia de solución gráfica:**
   1. **Representación visual de las transformaciones aplicadas a la imagen original IO:**

La siguiente imagen representa gráficamente las transformaciones que se realizan dependiendo el caso:

(Si hay más de dos procesos de transformación y enmascaramiento, se irían anexando en el mismo orden, hasta llegar a la imagen distorsionada final)

Imagen que contiene colorido, azul, grande, calle

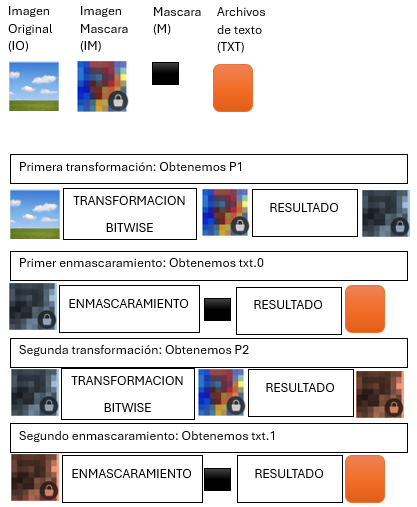
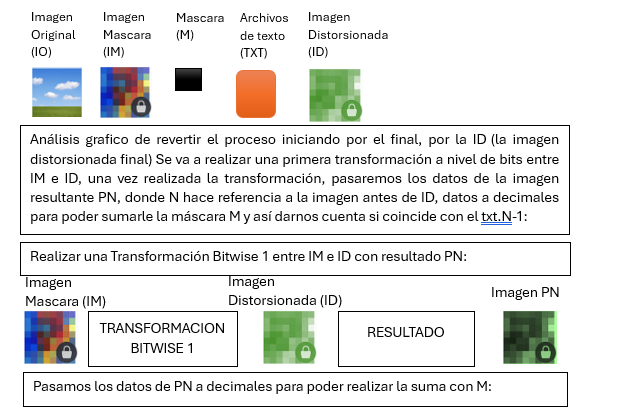
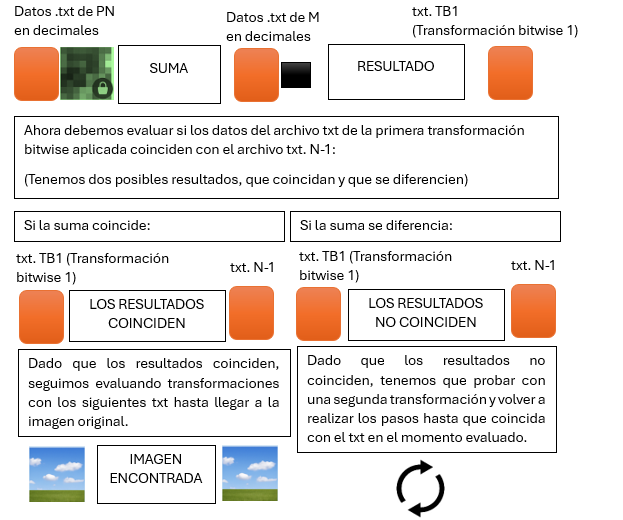
El contenido generado por IA puede ser incorrecto.

Imagen Distorsionada

(ID)

* 1. **Representación visual de la solución planteada para revertir el proceso:**



****

1. **Justificación de la solución planteada:**

La solución planteada es viable, ya que no se requiere ID para reconstruir a IO, pero se parte de ID porque es el último estado conocido. Además, la única manera de verificar si se ha deshecho correctamente una transformación es comparando el archivo .txt.

1. **Resultado esperado:**

Al finalizar el proceso, se habrá revertido toda la cadena de transformaciones y enmascaramientos, obteniendo la imagen original IO en formato BMP, la cual puede ser visualizada y verificada.

1. **Docstrings de funciones para cada transformación (operaciones a nivel de bits):**
   1. **Función AND (Operación &&):**

@brief Aplica la operación AND bit a bit entre los bytes de dos imágenes RGB. Esta función realiza una operación binaria AND (‘&’) entre cada byte correspondiente de dos imágenes de igual tamaño: la imagen distorsionada (ID) y la imagen máscara (IM). Cada byte representa un canal de color (R, G o B) y está almacenado en un arreglo lineal de tipo ‘unsigned char\*’ en formato RGB secuencial (R, G, B, R, G, B, ...). La operación AND se realiza byte a byte, es decir, por cada canal de cada píxel: resultado[i] = ID[i] | IM[i]. El resultado de esta transformación se almacena en un nuevo arreglo dinámico con el mismo formato RGB lineal.

@param ID Arreglo de bytes de la imagen distorsionada.

@param IM Arreglo de bytes de la imagen máscara.

@param dataSize Cantidad total de bytes (ancho × alto × 3 canales).

@return Puntero a un arreglo dinámico de tipo ‘unsigned char\*’ que contiene los resultados de la operación AND por byte.

*Ejemplo de la función AND:*

ID = 11001100 (204 en entero)

IM = 10101010 (170 en entero)

Resultado = 10001000 (136 en entero)

* 1. **Función OR (Operación ||):**

@brief Aplica la operación OR bit a bit entre los bytes de dos imágenes RGB. Esta función realiza una operación binaria OR (‘|’) entre cada byte correspondiente de dos imágenes de igual tamaño: la imagen distorsionada (ID) y la imagen máscara (IM). Cada byte representa un canal de color (R, G o B) y está almacenado en un arreglo lineal de tipo ‘unsigned char\*’ en formato RGB secuencial (R, G, B, R, G, B, ...). La operación OR se realiza byte a byte, es decir, por cada canal de cada píxel: resultado[i] = ID[i] | IM[i]. El resultado de esta transformación se almacena en un nuevo arreglo dinámico con el mismo formato RGB lineal.

@param ID Arreglo de bytes de la imagen distorsionada.

@param IM Arreglo de bytes de la imagen máscara.

@param dataSize Cantidad total de bytes (ancho × alto × 3 canales).

@return Puntero a un arreglo dinámico de tipo ‘unsigned char\*’ que contiene los resultados de la operación OR por byte.

*Ejemplo de la función OR:*

ID = 11001100 (204 en entero)

IM = 10101010 (170 en entero)

Resultado = 10001000 (238 en entero)

* 1. **Función NOT (Operación ~):**

@brief Aplica la operación NOT bit a bit a los bytes de una imagen RGB.

Esta función realiza una operación binaria NOT (‘~’) sobre cada byte de una imagen: la imagen distorsionada (ID).

Cada byte representa un canal de color (R, G o B) y está almacenado en un arreglo lineal de tipo ‘unsigned char\*’ en formato RGB secuencial (R, G, B, R, G, B, ...). La operación NOT invierte todos los bits de cada byte:

resultado[i] = ~ID [i].

El resultado de esta transformación se almacena en un nuevo arreglo dinámico con el mismo formato RGB lineal.

@param ID Arreglo de bytes de la imagen distorsionada.

@param dataSize Cantidad total de bytes (ancho × alto × 3 canales).

@return Puntero a un arreglo dinámico de tipo ‘unsigned char\*’ que contiene los resultados de la operación NOT por byte.

*Ejemplo de la función NOT:*

ID = 11001100 (204 en entero)

Resultado = 00110011 (51 en entero)

* 1. **Función XOR (Operación ^):**

@brief Aplica la operación XOR bit a bit entre los bytes de dos imágenes RGB.

Esta función realiza una operación binaria XOR (‘^’) entre cada byte correspondiente de dos imágenes de igual tamaño: la imagen distorsionada (ID) y la imagen máscara (IM).

Cada byte representa un canal de color (R, G o B) y está almacenado en un arreglo lineal de tipo ‘unsigned char\*’ en formato RGB secuencial (R, G, B, R, G, B, ...). La operación XOR se realiza byte a byte, es decir, por cada canal de cada píxel:

resultado[i] = ID[i] ^ IM[i].

El resultado de esta transformación se almacena en un nuevo arreglo dinámico con el mismo formato RGB lineal.

@param ID Arreglo de bytes de la imagen distorsionada.

@param IM Arreglo de bytes de la imagen máscara.

@param dataSize Cantidad total de bytes (ancho × alto × 3 canales).

@return Puntero a un arreglo dinámico de tipo ‘unsigned char\*’ que contiene los resultados de la operación XOR por byte.

*Ejemplo de la función XOR:*

ID = 11001100 (204 en entero)

Resultado = 01100110 (102 en entero)

* 1. **Función rotación izquierda:**

@brief Aplica una rotación a la izquierda de n (1 ≥ n ≤ 8) bits sobre cada byte de una imagen RGB. Esta función realiza una operación binaria de rotación a la izquierda sobre n bits de cada byte de la imagen distorsionada (ID). Cada byte representa un canal de color (R, G o B) y está almacenado en un arreglo lineal de tipo ‘unsigned char\*’ en formato RGB secuencial (R, G, B, R, G, B, ...). La operación se realiza byte a byte, es decir, por cada canal de cada píxel:

resultado[i] = (ID[i] << n) | (ID[i] >> (8 - n)).

El resultado de esta transformación se almacena en un nuevo arreglo dinámico con el mismo formato RGB lineal.

@param ID Arreglo de bytes de la imagen distorsionada.

@param dataSize Cantidad total de bytes (ancho × alto × 3 canales).

@param n Número de bits a rotar a la izquierda.

@return Puntero a un arreglo dinámico de tipo ‘unsigned char\*’ que contiene los resultados de la rotación.

*Ejemplo de la función rotación izquierda (3 bits):*

ID = 11001100 (204 en entero)

n = 3

Resultado = 10011001 (153 en entero)

* 1. **Función rotación derecha:**

**NOTA:** En la solución planteada no se tendrá en cuenta la operación binaria desplazamiento hacia la izquierda (<<) y desplazamiento hacia la derecha (>>), dado que son operaciones parcialmente irreversibles (al aplicarlas se puede “perder” información sobre la imagen BMP).

1. **Docstrings de funciones para procesar la información:**
   1. **Función de conversión unsigned char\* 🡪 int\***

@brief Convierte un arreglo dinámico de bytes (unsigned char\*) a enteros (int\*) manteniendo el orden RGB. Esta función toma un puntero a un arreglo de tipo ‘unsigned char\*’, que contiene los valores RGB de una imagen en formato lineal (R, G, B, R, G, B, ...), y lo convierte en un nuevo arreglo dinámico de tipo ‘int\*’. Esta conversión permite realizar operaciones posteriores (como enmascaramiento. Cada byte del arreglo original se convierte explícitamente a un entero utilizando ‘static\_cast<int>’, manteniendo la misma secuencia de datos RGB.

Ejemplo: salida[i] = static\_cast<int>(entrada[i]);

@param entrada Puntero a un arreglo dinámico de tipo ‘unsigned char\*’ que representa los datos RGB de una imagen.

@param dataSize Tamaño total del arreglo (en bytes), equivalente a ancho × alto × 3 canales.

@return Puntero a un nuevo arreglo dinámico de tipo ‘int\*’ con los mismos valores convertidos a enteros, ordenados en formato RGB secuencial (R, G, B, R, G, B, ...).

1. **Consideraciones importantes para la eficiencia**

* Cuando se esté realizando el proceso de enmascaramiento entre la imagen transformada y la máscara M, basta con revisar si al menos un valor S(k) es diferente con respecto al archivo de texto N-1 para determinar si la transformación aplicada fue correcta o no.