1. Objetivo.

El objetivo de estas sesiones es comprender la importancia de analizar la eficiencia de los algoritmos y familiarizarse con las formas de llevarlo a cabo.

La práctica consiste en la programación de una aplicación que calcule el tiempo de ejecución de un algoritmo.

2. Introducción. Análisis de algoritmos.

Para analizar la eficiencia se mostrará cómo realizar un análisis del algoritmo mediante estudio teórico y empírico. Este estudio será requerido en el resto de prácticas de la asignatura.

El análisis del algoritmo conlleva:

Estudio teórico: En vista de la implementación, habrá que obtener la expresión de la función complejidad temporal (T(n)) correspondiente al algoritmo.

Estudio Empírico: estudiar experimentalmente el comportamiento del algoritmo. Para ello mediremos el tiempo para cada tamaño dado de las entradas, obteniendo los puntos de la función complejidad para los casos peor, mejor y medio (o único si no es por casos).

Conclusión: para finalizar el análisis habrá que realizar una gráfica para cada una de las tres funciones obtenidas en el estudio empírico, si el análisis es por casos (sino sólo una), y comentarlas, es decir, si son coherentes el resultado empírico con el teórico obtenido, justificando la respuesta.

3. Enunciado.

En esta práctica realizaremos el estudio teórico y práctico para el algoritmo de Búsqueda Lineal (secuencial) visto en clase.

4. Estudio práctico.

4.1. Cálculo del Tiempo Teórico

A partir de la expresión del algoritmo, se aplicarán las reglas conocidas para contar el número de operaciones que realiza un algoritmo. Este valor será expresado como una función de $T(n)$ que dará el número de operaciones requeridas para un caso concreto del problema caracterizado por tener un tamaño ***n***. El análisis lo realizaremos para los casos mejor, peor y medio.

ALGORITMO DE BÚSQUEDA SECUENCIAL. Para determinar el tiempo de ejecución, calculamos primero el número de operaciones elementales (OE) que se realizan (en seudocódigo o en código C++):

líneas		`int BusquedaSecuencial(int T[],int n,int valor)`	**nº OE**	
		`{`		
1)		`  int i=0;`	1	asignación
2)		`  while (T[i] != valor && i<n) {`	4	Condición del Bucle (2comp.,1 ac. vector, 1 lóg.)
3)		`    i=i+1;`	2	incremento y asignación
4)		`  }`		
5)		`  if (T[i]==valor)`	2	1 condición y 1 acc. al vector
6)		`    return i;`	1	si la condición se cumple
7)		`  else return -1;`	1	cuando condición es falsa.
		`}`		

El tiempo de ejecución del algoritmo será:

$$T_{BSecuencial}(n) = T_{Asig(1)} + T_{Bucle(2)} + T_{Si(5)}$$

Para calcularlo lo haremos por partes:

$T_{Asig(1)} = 1$

$T_{Si(5)} = T_{condSi} + T_{cuerpoSi} = 2+máx/mín/medio(T_{return(6ó7)}) = 2+1=3$

$T_{Bucle(2)} = T_{condB} + T_{saltoB} + \sum(i=1;?)\ T_{cicloBucle} = 4+1+\sum(i=1;?)\ T_{cicloBucle}$

$T_{cicloBucle} = T_{condB} + T_{cuerpoB(= 0 \text{ sólo instrucción de incremento del bucle})} + T_{incrementoB} + T_{saltoCicloB} = 4+2+1 = 7$

$T_{Bucle(2)} = 4+1+\sum(i=1;?)\ 7 = 5+7\sum(i=1;?)$

$\mathbf{T_{BSecuencial}(n) = T_{Asig(1)} + T_{Bucle(2)} + T_{Si(5)} = 1+5+7\sum(i=1;?)+3 = 9+7\sum(i=1;?)}$

$$\mathbf{T_{BSecuencial}(n) = 9+7\sum(i=1;?)}$$

4.1.1. Caso mejor.

En el caso mejor para el algoritmo, se efectuará la línea (1) y la línea (2) que supone 4 OE Tras ellas la función acaba ejecutando las líneas (5) a (7). En consecuencia, el ciclo del bucle no se ejecuta nunca:

$\sum(i=1;0) = \mathbf{0}$ y por tanto,

$$\mathbf{T_{BSecuencial}(n) =}\ 9+7\sum(i=1;0) = \mathbf{9}$$

4.1.2. Caso peor.

En el caso peor sucede cuando el valor no se encuentra en el vector. Se efectúa la línea (1), el bucle se repite n veces hasta que se cumple la segunda condición, después se efectúa la condición de la línea (5) y la función acaba al ejecutarse la línea (7). Cada iteración del bucle está compuesta por las líneas 2 (4OE) y 3(2OE), junto con una ejecución adicional de la línea (2) que es la que ocasiona la salida del bucle. En consecuencia, el ciclo del bucle se ejecuta n veces:

$\sum(i=1;n) = \mathbf{n}$ y por tanto,

$$T_{BSecuencial}(n) = 9+7\sum(i=1;n) = 7n+9$$

4.1.3. Caso medio.

En el caso medio el bucle se ejecutará un nº de veces entre 1 y n, y suponemos que cada una de ellas tiene la misma probabilidad de suceder. En consecuencia, el ciclo del bucle se ejecuta n/2 veces:

$\sum(i=1;n/2) = \mathbf{n/2}$ y por tanto,

$$\mathbf{T_{BSecuencial}(n) =}\ 9+7\sum(i=1;n/2) = 9+7(n/2) = \mathbf{(7/2)n+9}$$

4.1.4. Conclusión.

Su **caso mejor** se da cuando el elemento está en la primera posición del vector $\mathbf{O(1)}$.

El **caso peor** se produce cuando el elemento no está en el vector.

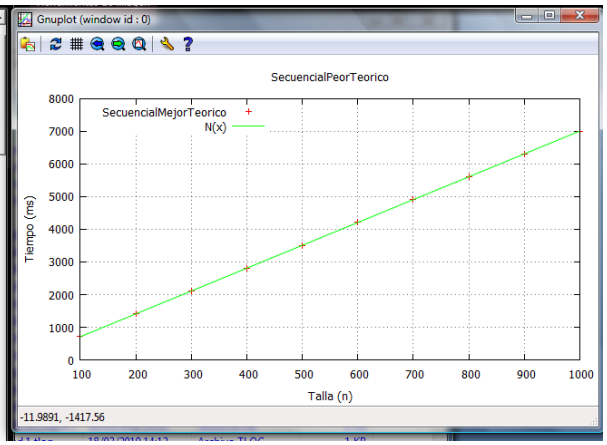
El **caso medio** ocurre cuando consideramos equiprobables cada una de las posiciones en las que puede encontrarse el elemento dentro del vector (incluyendo la posición especial -1, que indica que el elemento a buscar no se encuentra en el vector) pero ambos son de $\mathbf{O(n)}$.

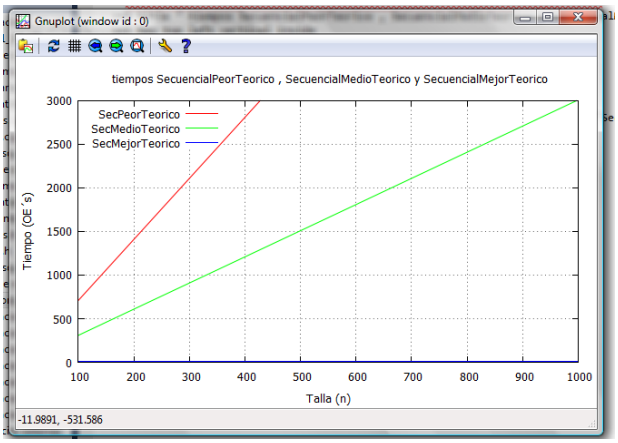
4.1.5. Cómo Mostrar los Datos

Para mostrar la eficiencia teórica haremos uso de los ficheros (tablas) que recojan el tiempo invertido para cada caso y para cada algoritmo.

También utilizaremos la representación gráfica realizada a partir de los datos almacenados en los ficheros.

```
        100             7.1e+002
        200             1.4e+003
        300             2.1e+003
        400             2.8e+003
        500             3.5e+003
        600             4.2e+003
        700             4.9e+003
        800             5.6e+003
        900             6.3e+003
        1000              7e+003

Datos guardados en el fichero SecuencialPeorTeorico.dat
Generar grafica de resultados? (s/n): s
```





4.2. Cálculo del Tiempo de la Eficiencia Empírica

Se trata de llevar a cabo un estudio puramente empírico, es decir, estudiar experimentalmente el comportamiento del algoritmo. Para ello mediremos los recursos empleados (tiempo) para cada tamaño dado de las entradas.

El estudio experimental de la eficiencia de un algoritmo conlleva la elaboración de conjuntos de prueba que reflejen condiciones diferentes de funcionamiento del mismo (caso en que el algoritmo se comporta mejor, en que se comporta peor, aleatorio, etc.) realizado para volúmenes de datos, o tallas, crecientes del problema. A medida que se generan los distintos casos de prueba, o bien posteriormente, se somete el, o los algoritmos, a dichos casos, determinándose para cada uno de ellos una medida del esfuerzo computacional necesario para su resolución (dicha medida suele ser el tiempo de ejecución).

En el caso de **estudios del tiempo promedio** será necesario generar, para cada posible talla, diferentes instancias aleatorias, de forma que la medida final sería un promedio de las efectuadas individualmente

Por último, los resultados se tabulan y se presentan adecuadamente en pantalla y se graban en **ficheros de datos** y **ficheros gráficos**.

En el caso del algoritmo de búsqueda el tamaño viene dado por el número de componentes del vector a ordenar (n).

4.2.1. Cálculo del tiempo.

Para obtener el tiempo empírico de una ejecución de un algoritmo lo que vamos a hacer es calcular el tiempo de CPU. El tiempo que toma una función es muy simple:

1. tomamos el valor del reloj antes de realizar la llamada (t_ini),
2. llamamos a la rutina en cuestión, y
3. tomamos nuevamente el valor del reloj (t_fin).
4. La diferencia entre **t_fin - t_ini** nos da el total de tiempo que tomó:
    1. hacer la llamada a la rutina,
    2. que esta haga su trabajo,
    3. que devuelva el resultado.

Ahora hay algunos pequeños detalles de implementación. Por ejemplo, ¿qué función usar para tomar el tiempo del reloj? Y más importante, ¿qué precisión obtenemos con dicha función?.

Para tomar el tiempo podemos usar la rutina clock(), que devuelve el tiempo aproximado de CPU que transcurrió desde que nuestro programa fue iniciado, dicho tiempo representado en un valor de tipo clock_t: un valor entero que indica una cantidad de "tics" de reloj.

La precisión que tenemos con dicha rutina es de CLOCKS_PER_SEC (tics de reloj por segundo), lo que significa que por cada segundo que pasa, la función clock() nos devolverá CLOCKS_PER_SEC unidades más que el valor anterior. Según la plataforma utilizada dicho valor CLOCKS_PER_SEC varía entre 1000 a 1000000.

Una vez dicho esto, el código de arriba en la mayoría de los casos no funciona. Así que tenemos que buscar una función con mayor precisión, y además, promediar varias muestras.

Esta alternativa en Windows no sirve y la razón es sencilla, en la misma MSDN explican que el temporizador del sistema corre aproximadamente a unos 10 milisegundos, por lo tanto, cualquier función que lo utilice nos estará dando la misma poca precisión (incluso al utilizar GetSystemTimeAsFileTime y FILETIME). Por lo tanto la solución es utilizar lo que se conoce en el mundo de Windows como el "contador de rendimiento de alta resolución" (high-resolution performance counter: que tendremos que utilizar así:

```
#ifndef _LIB_MTIME
#define _LIB_MTIME

#include <stdio.h>
#include <windows.h>

/* retorna "a - b" en segundos */
double performancecounter_diff(LARGE_INTEGER *a, LARGE_INTEGER *b)
{
LARGE_INTEGER freq;
QueryPerformanceFrequency(&freq);
return (double)(a->QuadPart - b->QuadPart) / (double)freq.QuadPart;
}

#endif

/* Uso
int main(int argc, char *argv[])
{
LARGE_INTEGER t_ini, t_fin;
double secs;

QueryPerformanceCounter(&t_ini);
/* ...hacer algo... */
/*
QueryPerformanceCounter(&t_fin);

secs = performancecounter_diff(&t_fin, &t_ini);
printf("%.16g milliseconds\n", secs * 1000.0);
return 0;
}
*/
```

En este caso, QueryPerformanceCounter es como *clock()* y QueryPerformanceFrequency es como CLOCKS_PER_SEC. Es decir, la primera función nos da el valor del contador, y la segunda su frecuencia (en ciclos por segundo, hertz). Cabe aclarar que un LARGE_INTEGER es una forma de representar un entero de 64 bits por medio de una unión (*union*).

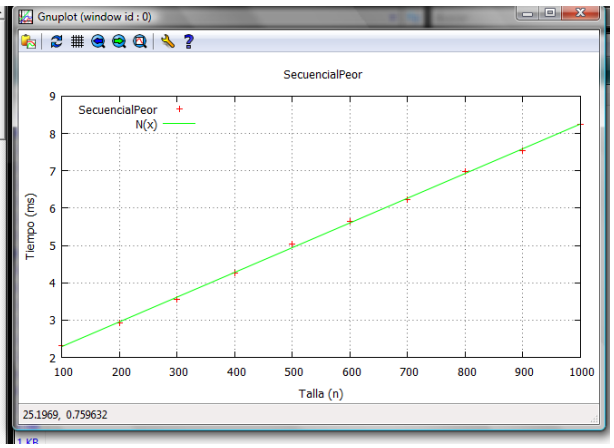
Para obtener la eficiencia empírica deberemos ejecutar el mismo algoritmo para diferentes ejemplos. Así para un algoritmo cómo el de búsqueda lo ejecutaremos para diferentes tamaños del vector y obtendremos los tiempos. Estos tiempos los almacenaremos en un fichero.

4.2.2. Cómo Mostrar los Datos

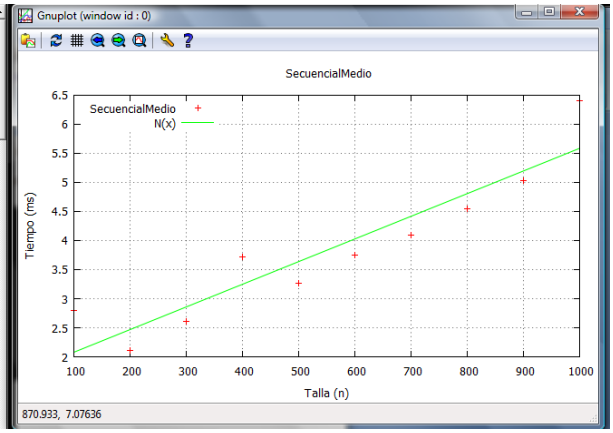
Para mostrar la eficiencia empírica haremos uso de los ficheros (tablas) que recojan el tiempo invertido para cada caso y para cada algoritmo.

También utilizaremos la representación gráfica realizada a partir de los datos almacenados en los ficheros.

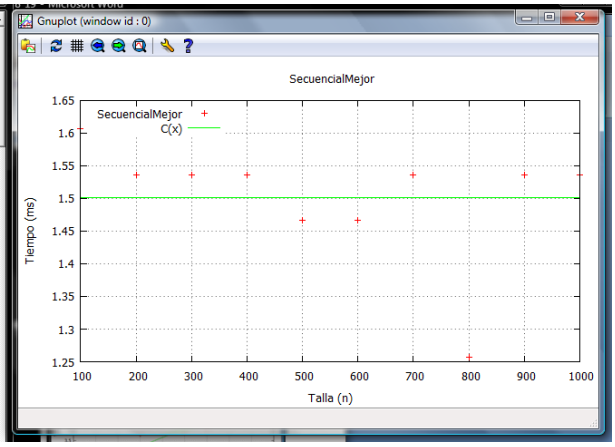
```
Busqueda SecuencialPeor. Tiempos de ejecucion promedio

        Talla           Tiempo (mseg)
        100                     2.3
        200                     2.9
        300                     3.6
        400                     4.3
        500                       5
        600                     5.7
        700                     6.2
        800                       7
        900                     7.5
        1000                    8.2

Datos guardados en el fichero SecuencialPeor.dat
Generar grafica de resultados? (s/n): s
```

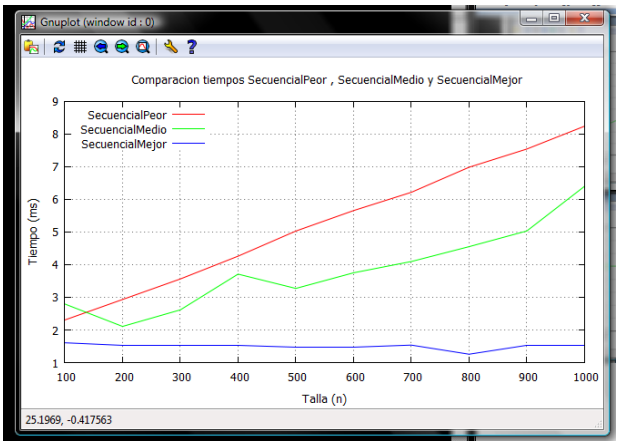



```
Busqueda SecuencialMedio. Tiempos de ejecucion promedio

        Talla           Tiempo (mseg)
        100                     2.8
        200                     2.1
        300                     2.6
        400                     3.7
        500                     3.3
        600                     3.8
        700                     4.1
        800                     4.6
        900                       5
        1000                    6.4

Datos guardados en el fichero SecuencialMedio.dat
Generar grafica de resultados? (s/n): s
```




```
Busqueda SecuencialMejor. Tiempos de ejecucion promedio

        Talla           Tiempo (mseg)
        100                     1.6
        200                     1.5
        300                     1.5
        400                     1.5
        500                     1.5
        600                     1.5
        700                     1.5
        800                     1.3
        900                     1.5
        1000                    1.5

Datos guardados en el fichero SecuencialMejor.dat
Generar grafica de resultados? (s/n): s
```





5. Descripción del problema

Este estudio de costes se va a realizar sobre *vectores* de enteros generados aleatoriamente.

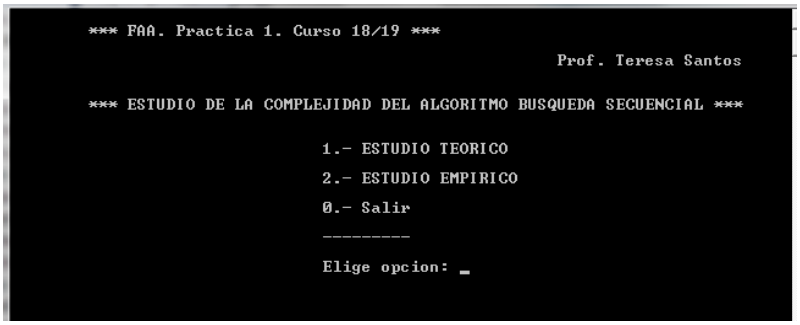
5.1. Definición de la clase base `ConjuntoInt`.

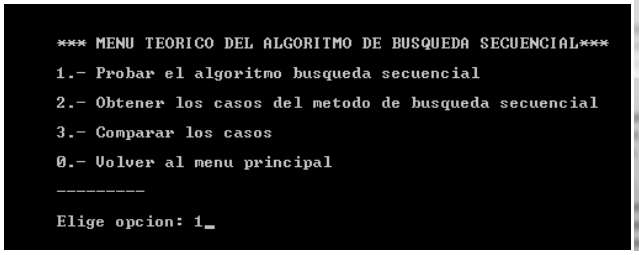
Definición de la clase `ConjuntoInt` para que se pueda especificar (y pueda variar) el tamaño máximo del vector.

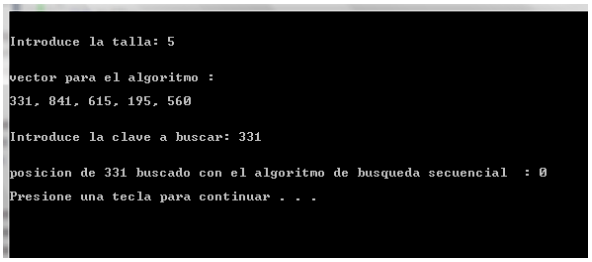
La declaración e implementación está en la carpeta Ficheros_Practica_1_FAA_18_19

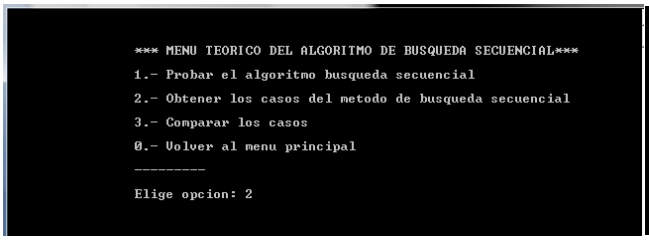
5.1.1. Programa Principal

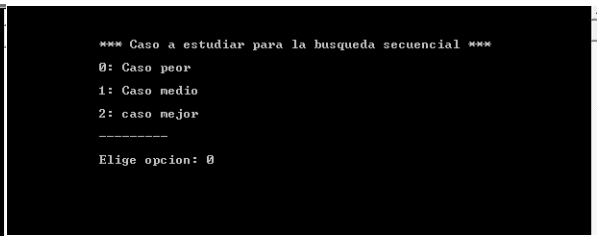
El programa principal está compuesto por un menú cuya estructura y descripción es la siguiente:

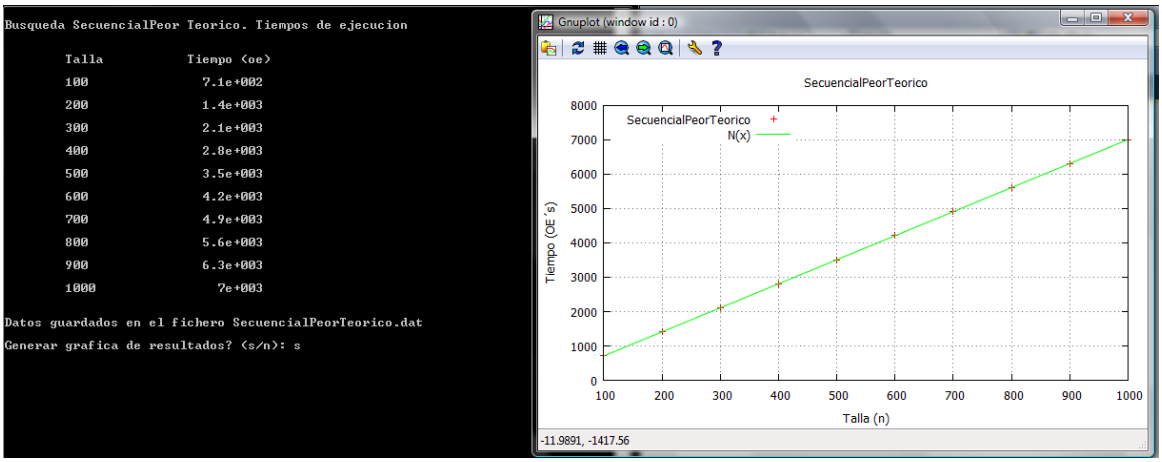


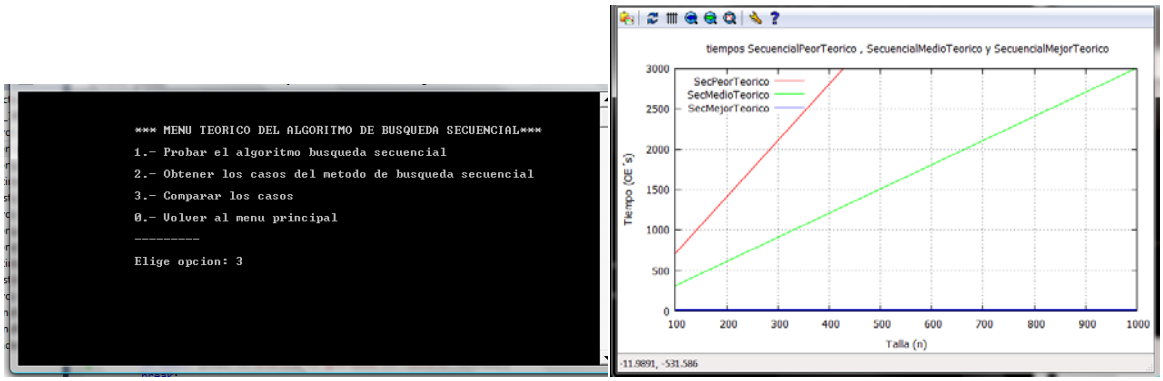


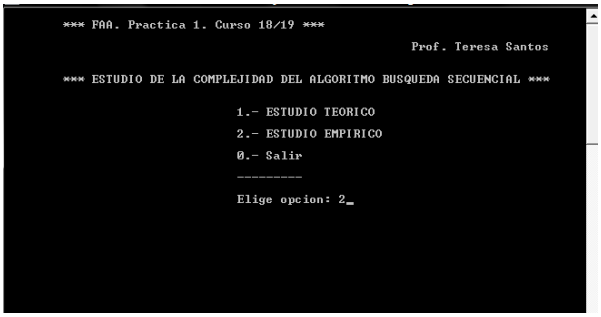


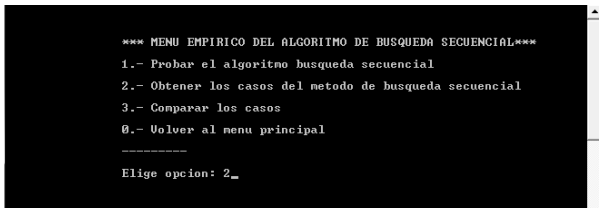




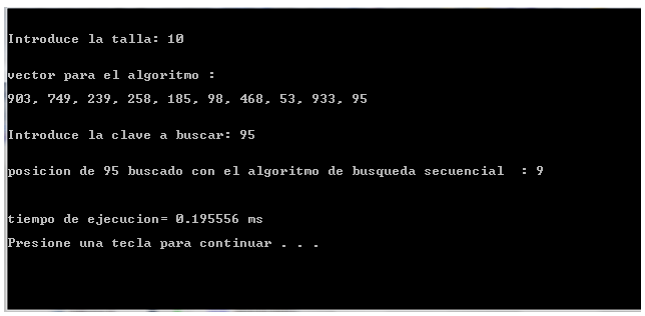


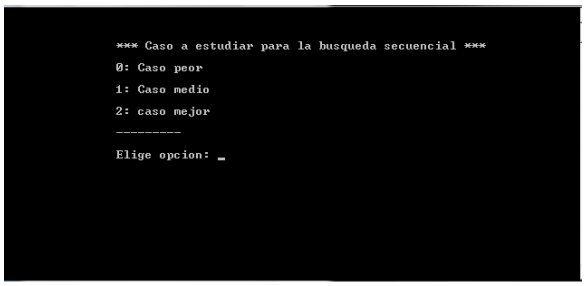




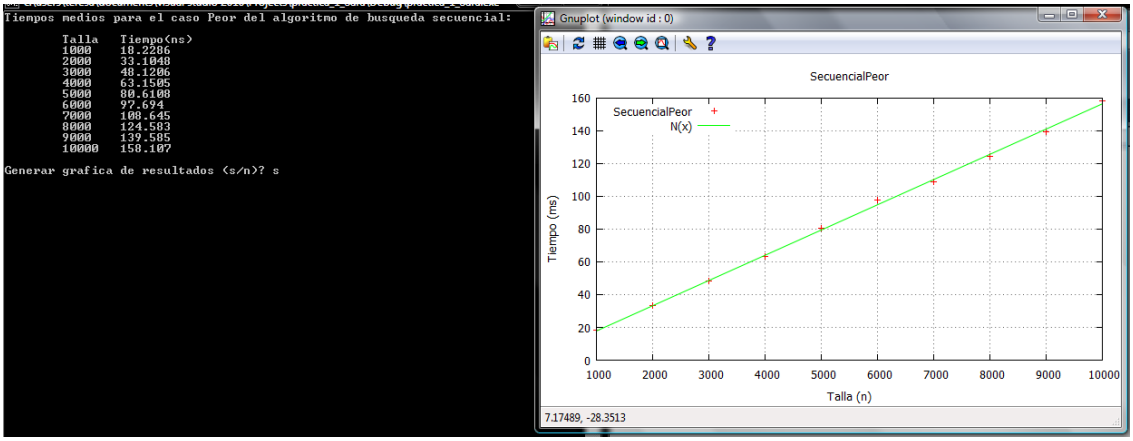


- Para el estudio experimental los menús son equivalentes:
  - Como resultado de la opción 1 dará:





- Como resultado de las opciones de cálculo dará:



5.2. Conclusiones.

Para el algoritmo habrá que realizar una gráfica para cada una de las tres curvas obtenidas y del orden de complejidad y comentarlas tal y como se mostró anteriormente. ¿Son coherentes con el resultado teórico obtenido? Justificar la respuesta.

Para mostrar los datos en gráfica pondremos en el eje X (abscisa) el tamaño de los casos y en el eje Y (ordenada) el tiempo, medido en milisegundos(o microsegundos), requerido por la implementación del algoritmo.

Esto formará parte de la memoria de la práctica.

6. Entrega de la práctica

La fecha de entrega es el domingo **7 de abril**.

La entrega de la práctica se realizará por Moodle en la tarea puesta al efecto y tendrá el siguiente formato:

Crear y subir la carpeta ***Apellido1Apellido2.rar*** la cual debe contener:

Una subcarpeta con los fuentes del programa (.cpp y .h)

Una subcarpeta con el ejecutable y los datos.

La memoria, de **7 páginas como máximo**, en formato pdf. con el esquema especificado a continuación.

6.1. Esquema para la memoria.

1. Portada (todos los autores)
2. Índice
3. Introducción. Algoritmo Búsqueda secuencial.
4. Cálculo del tiempo teórico:
   4.1. Pseudócódigo (código) y análisis de coste
   4.2. Tablas y Gráficas de coste
   4.3. Conclusiones
5. Cálculo del tiempo experimental:
   5.1. Tablas y Gráficas de coste
   5.2. Conclusiones
6. Comparación de los resultados teórico y experimental.
7. Diseño de la aplicación.

(Mostrar un esquema gráfico global de la estructura de tipos de datos existentes. Detallar la descomposición modular del programa, qué módulos existen, cuál es la responsabilidad de cada uno y la relación de uso. Documentar cualquier otra decisión de diseño que pueda resultar de interés. Funcionamiento y explicación de los métodos implementados en la práctica.)

8. Conclusiones y valoraciones personales de la práctica.

7. Consideraciones para la implementación:

La clase ConjuntoInt permite crear vectores de tamaño variable, para cada uno es tamaño fijo pues no hacemos inserciones ya que generamos el vector de forma aleatoria para ese tamaño.

Para generar los vectores con los diferentes tamaños podéis utilizar el siguiente esquema:

```
for (int i= 100; i<1000; i+=100)  // para vectores de 100 a 900 elementos
{
  ConjuntoInt *c= new ConjuntoInt(i); /* crea un nuevo objeto usando el constructor
  por defecto. i= numero de elementos del vector, Tamaño.*/
  …
  …
  delete c; //Borra el objeto dinámico, usando el destructor.
};
```

Para la invocación de un método sobre el objeto dinámico se utiliza el operador flecha '->':

a->b equivale a (*a).b

Ejemplo:

```
   c-> generaVector (100);
   c->escribe();
cout << c->busquedaSecuencial(88);
```