PI2 Juan Orellana Carretero

Ejercicio 1

```
import java.math.BigInteger;

public class Ejercicio1 {

	/*
	 * PI2 EJERCICIO 1
	 *
	 * Analizar los tiempos de ejecucion de las versiones recursivas
	 * e iterativa para el cálculo del factorial. Comparar segun los resultados sean
	 * de tipo Double o BigInteger
	 *
	 */

	public static Double factorialDouble(Integer n) {
		Double r;
		if (n == 0) {
			r = 1.;
		} else {
			r = factorialDouble(n - 1) * n;
		}
		return r;
	}

	public static Double factorialDoubleIt(Integer n) {

		Double r = 1.;
		Integer i = 1;
		while (i<=n) {
			r = r * i;
			i = i+1;
		}
		return r;
	}

	public static BigInteger factorialBigInteger(Integer n) {
		BigInteger r;
		if (n == 0) {
			r = BigInteger.valueOf(1);
		} else {
			r = BigInteger.valueOf(n).multiply(factorialBigInteger(n-1));
		}
		return r;
	}

public static BigInteger factorialBigIntegerIt(Integer n) {

		BigInteger r = BigInteger.valueOf(1);
		Integer i = 1;
		while (i<=n) {
			r = r.multiply(BigInteger.valueOf(i));
			i = i+1;
		}
		return r;
```

```
	}
}
```

Ejercicio 2

```
import java.util.Comparator;
import java.util.List;
import us.lsi.common.IntPair;
import us.lsi.common.List2;
import us.lsi.common.Preconditions;
import us.lsi.math.Math2;

public class Ejercicio2 {

	public static <E extends Comparable<? super E>> void sort(List<E> lista, Integer umbral){
		Comparator<? super E> ord = Comparator.naturalOrder();
		quickSort(lista,0,lista.size(),ord, umbral);
	}

	private static <E> void quickSort(List<E> lista, int i, int j, Comparator<? super E> ord, Integer
umbral){
		Preconditions.checkArgument(j>=i);
		if(j-i <= umbral){
			ordenaBase(lista, i, j, ord);
		}else{
			E pivote = escogePivote(lista, i, j);
			IntPair p = banderaHolandesa(lista, pivote, i, j, ord);
			quickSort(lista,i,p.first(),ord, umbral);
			quickSort(lista,p.second(),j,ord, umbral);
		}
	}
	private static <E> E escogePivote(List<E> lista, int i, int j) {
		E pivote = lista.get(Math2.getEnteroAleatorio(i, j));
		return pivote;
	}
	private static <E> IntPair banderaHolandesa(List<E> ls, E pivote, Integer i, Integer j,
Comparator<? super E> cmp){
		Integer a=i, b=i, c=j;
		while (c-b>0) {
		  E elem =  ls.get(b);
		  if (cmp.compare(elem, pivote)<0) {
			List2.intercambia(ls,a,b);
				a++;
				b++;
		  } else if (cmp.compare(elem, pivote)>0) {
			List2.intercambia(ls,b,c-1);
				c--;
		  } else {
			b++;
		  }
		}
		return IntPair.of(a, b);
	}

	public static <T> void ordenaBase(List<T> lista, Integer inf, Integer sup, Comparator<? super T>
ord) {
		for (int i = inf; i < sup; i++) {
```

```
                    for(int j = i+1; j < sup; j++){
                        if(ord.compare(lista.get(i),lista.get(j))>0){
                            List2.intercambia(lista, i, j);
                        }
                    }
                }
        }

}
```

Ejercicio 3

```
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
import us.lsi.tiposrecursivos.BinaryTree;
import us.lsi.tiposrecursivos.BinaryTree.BEmpty;
import us.lsi.tiposrecursivos.BinaryTree.BLeaf;
import us.lsi.tiposrecursivos.BinaryTree.BTree;
import us.lsi.tiposrecursivos.Tree;
import us.lsi.tiposrecursivos.Tree.TEmpty;
import us.lsi.tiposrecursivos.Tree.TLeaf;
import us.lsi.tiposrecursivos.Tree.TNary;

public class Ejercicio3 {

        public static List<String> solucion_recursivaBinario(BinaryTree<Character> tree,
                        Character c) {
                return recursivoBinario(tree, c, new ArrayList<>(), "");
        }
        public static List<String> recursivoBinario(BinaryTree<Character> tree, Character c, List<String>
res, String cadena){

                return switch(tree) {
                case BEmpty<Character> t -> res;

                case BLeaf<Character> t ->{

                        String s = cadena + t.label();

                        if(!s.contains(String.valueOf(c))) {
                                res.add(s);
                        }
                        yield res;
                        }
                case BTree<Character> t -> {

                        String s = cadena + t.label();

                        if(!s.contains(String.valueOf(c))) {
                                res = recursivoBinario(t.left(), c, res, s);
                                res = recursivoBinario(t.right(), c, res, s);
                        }
                        yield res;
                        }
        };
```

```
 }

	public static List<String> solucion_recursivaNario(Tree<Character> tree,
			Character c) {
		return recursivoNario(tree, c,"", new ArrayList<>());
	}

	public static List<String> recursivoNario(Tree<Character> tree, Character c,String cadena,
List<String> res){
		return switch(tree) {
		case TEmpty<Character> t-> res;
		case TLeaf<Character> t->{
			String ac = cadena + t.label();
			if(!ac.contains(String.valueOf(c))) {
				res.add(ac);
			}
			yield res;
		}
		case TNary<Character> t->{
			String ac = cadena + t.label();
			if(!ac.contains(String.valueOf(c))) {
				for(Tree<Character> child:t.elements()) {
					res = recursivoNario(child, c, ac, res);
				}
			}
			yield res;
		}
		};
	}

}
```

EJERCICIO 4

```
import java.util.List;
import us.lsi.tiposrecursivos.BinaryTree;
import us.lsi.tiposrecursivos.BinaryTree.BEmpty;
import us.lsi.tiposrecursivos.BinaryTree.BLeaf;
import us.lsi.tiposrecursivos.BinaryTree.BTree;
import us.lsi.tiposrecursivos.Tree;
import us.lsi.tiposrecursivos.Tree.TEmpty;
import us.lsi.tiposrecursivos.Tree.TLeaf;
import us.lsi.tiposrecursivos.Tree.TNary;

public class Ejercicio4 {


	public static record Tupla(Boolean b, Integer n) {
		public static Tupla of(Boolean b, Integer n) {
			return new Tupla(b,n);
		}
	}


	public static Boolean solucion_recursivaBinaria(BinaryTree<String> tree) {
		return recursivoBinario(tree).b();
	}
```

```
	private static Boolean esVocal(Character letra) {
	   return "aeiou".contains(String.valueOf(letra).toLowerCase());
	}

	private static Integer cuentaVocales(String s) {
		int vocales = 0;
		for (int i=0; i < s.length(); i++) {
		   char letraActual = s.charAt(i);
		   if (esVocal(letraActual)) vocales++;
		}
		return vocales;
	}

	private static Tupla recursivoBinario(BinaryTree<String> tree) {

		return switch(tree) {

		case BEmpty<String> t -> Tupla.of(true, 0);

		case BLeaf<String> t -> {
			Boolean res = true;
			Integer sumaP = cuentaVocales(t.label());
			yield Tupla.of(res, sumaP);
		}
		case BTree<String> t->{
			Boolean res;
			Tupla l = recursivoBinario(t.left());
			Tupla r = recursivoBinario(t.right());
			Integer sumaL = l.n();
			Integer sumaR = r.n();
			Integer sumaP = cuentaVocales(t.label());
			Integer sumaTotal = sumaL + sumaR + sumaP;
			if(sumaL==sumaR && l.b()==true && r.b()==true) {
				res = true;
			}else {
				res = false;
			}
			yield Tupla.of(res, sumaTotal);
		}
	};
}

	/*
	 *
	 * Guardar en una lista de tuplas el resultado de todas las llamadas recursivas
	 *
	 * comprobar si los primeros elementos son true y sumar los segundos
	 *
	 */

	public static Boolean solucion_recursivaNaria(Tree<String> tree) {
		return recursivoNario(tree).b();
	}

	public static Tupla recursivoNario(Tree<String> tree) {
```

```
		return switch(tree) {

		case TEmpty<String> t -> Tupla.of(true, 0);

		case TLeaf<String> t -> {
			Boolean res = true;
			Integer sP = cuentaVocales(t.label());
			yield Tupla.of(res, sP);
		}

		case TNary<String> t -> {
			Boolean res = true;
			List<Tupla> ls = t.elements().stream().map(x->recursivoNario(x)).toList();
			Integer s = cuentaVocales(t.label());
			Integer numeroVocales  = ls.get(0).n();
			for (int i = 0; i<ls.size(); i++) {
				s = ls.get(i).n() + s;
				if(ls.get(i).b() == true && numeroVocales.equals(ls.get(i).n())) {
					res = true;
				}else {
					res = false;
				}
			}
			yield Tupla.of(res, s);
		}

		};
	}
```

TESTS de los ejercicios

TEST EJERCICIO 1

```
import java.math.BigInteger;
import java.util.ArrayList;
import java.util.HashMap;
import java.util.List;
import java.util.Map;
import java.util.function.Function;
import ejercicios.Ejercicio1;
import us.lsi.common.Pair;
import us.lsi.common.Trio;
import us.lsi.curvefitting.DataCurveFitting;
//import us.lsi.math.Math2;
import utils.GraficosAjuste;
import utils.Resultados;
import utils.TipoAjuste;

public class TestEjercicio1 {

	public static void main(String[] args) {
		generaFicherosTiempoEjecucion();
		muestraGraficas();
	}
```

```
	private static Integer nMin = 2; // n mínimo
	private static Integer nMax = 10000; //
	private static Integer numSizes = 30; // número de problemas
	private static Integer numMediciones = 3; //10; // número de mediciones de tiempo de cada caso (número de experimentos)

	// para exponencial se puede reducir
	private static Integer numIter = 50; //50; // número de iteraciones para cada medición de tiempo !!
	                                                                                    // para exponencial se puede reducir
	private static Integer numIterWarmup = 100; // número de iteraciones para warmup

	// Trios de métodos a probar con su tipo de ajuste y etiqueta para el nombre de los ficheros
	private static List<Trio<Function<Integer, Number>, TipoAjuste, String>> metodosBigInteger =
			List.of(
					Trio.of(Ejercicio1::factorialBigInteger, TipoAjuste.POWERANB, "FactorialRecursivo_BigInteger"),
					Trio.of(Ejercicio1::factorialBigIntegerIt, TipoAjuste.POWERANB, "FactorialIterativo_BigInteger")
			);

	private static List<Trio<Function<Integer, Number>, TipoAjuste, String>> metodosDouble =
			List.of(
					Trio.of(Ejercicio1::factorialDouble, TipoAjuste.POWERANB, "FactorialRecursivoDouble"),
					Trio.of(Ejercicio1::factorialDoubleIt, TipoAjuste.POWERANB, "FactorialIterativoDouble")

			);


private static <E> void generaFicherosTiempoEjecucionMetodos(List<Trio<Function<E, Number>, TipoAjuste, String>> metodos) {

		for (int i=0; i<metodos.size(); i++) {
			int numMax = nMax ;
			Boolean flagExp = false;

			String ficheroSalida = String.format("ficheros/Tiempos%s.csv",
					metodos.get(i).third());

			testTiemposEjecucion(nMin, numMax,
						metodos.get(i).first(),
						ficheroSalida,
						flagExp);
			}

	}

	public static void generaFicherosTiempoEjecucion() {

		generaFicherosTiempoEjecucionMetodos(metodosBigInteger);
		generaFicherosTiempoEjecucionMetodos(metodosDouble);
	}
```

```
	public static <E> void muestraGraficasMetodos(List<Trio<Function<E, Number>, TipoAjuste,
String>> metodos, List<String> ficherosSalida, List<String> labels) {
		for (int i=0; i<metodos.size(); i++) {

			String ficheroSalida = String.format("ficheros/Tiempos%s.csv",
					metodos.get(i).third());
			ficherosSalida.add(ficheroSalida);
			String label = metodos.get(i).third();
			System.out.println(label);

			TipoAjuste tipoAjuste = metodos.get(i).second();
			GraficosAjuste.show(ficheroSalida, tipoAjuste, label);

			// Obtener ajusteString para mostrarlo en gráfica combinada
			Pair<Function<Double, Double>, String> parCurve = GraficosAjuste.fitCurve(
					DataCurveFitting.points(ficheroSalida), tipoAjuste);
			String ajusteString = parCurve.second();
			labels.add(String.format("%s     %s", label, ajusteString));
		}
	}

	public static void muestraGraficas() {
		List<String> ficherosSalida = new ArrayList<>();
		List<String> labels = new ArrayList<>();

		muestraGraficasMetodos(metodosBigInteger, ficherosSalida, labels);
		muestraGraficasMetodos(metodosDouble, ficherosSalida, labels);

		GraficosAjuste.showCombined("Factorial", ficherosSalida, labels);
	}

	@SuppressWarnings("unchecked")
	public static <E> void testTiemposEjecucion(Integer nMin, Integer nMax,
			Function<E, Number> funcionFac,
			String ficheroTiempos,
			Boolean flagExp) {
		Map<Problema, Double> tiempos = new HashMap<Problema,Double>();
		Integer nMed = flagExp ? 1 : numMediciones;
		for (int iter=0; iter<nMed; iter++) {
			for (int i=0; i<numSizes; i++) {
				Double r = Double.valueOf(nMax-nMin)/(numSizes-1);
				Integer tam = (Integer.MAX_VALUE/nMax > i)
						? nMin + i*(nMax-nMin)/(numSizes-1)
						: nMin + (int) (r*i) ;
				Problema p = Problema.of(tam);
				System.out.println(tam);
				warmup(funcionFac, 10);
				Integer nIter = flagExp ? 3 : numIter;
				Number[] res = new Number[nIter];
				Long t0 = System.nanoTime();
				for (int z=0; z<nIter; z++) {
					res[z] = funcionFac.apply((E) tam);
				}
				Long t1 = System.nanoTime();
				actualizaTiempos(tiempos, p, Double.valueOf(t1-t0)/nIter);
			}
```

```
                }


                Resultados.toFile(tiempos.entrySet().stream()
                                .map(x->TResultD.of(x.getKey().tam(),
                                                                                x.getValue()))
                                .map(TResultD::toString),
                        ficheroTiempos, true);

        }

        private static void actualizaTiempos(Map<Problema, Double> tiempos, Problema p, double d) {
                if (!tiempos.containsKey(p)) {
                        tiempos.put(p, d);
                } else if (tiempos.get(p) > d) {
                                tiempos.put(p, d);
                }
        }


        private static <E> BigInteger warmup(Function<E, Number> fac, Integer n) {
                BigInteger res=BigInteger.ZERO;
                BigInteger z = BigInteger.ZERO;
                for (int i=0; i<numIterWarmup; i++) {
                        if (fac.apply((E) n).equals(z)) z.add(BigInteger.ONE);
                }
                res = z.equals(BigInteger.ONE)? z.add(BigInteger.ONE):z;
                return res;
        }


        record TResultD(Integer tam, Double t) {
                public static TResultD of(Integer tam, Double t){
                        return new TResultD(tam, t);
                }

                public String toString() {
                        return String.format("%d,%.0f", tam, t);
                }
        }


        record Problema(Integer tam) {
                public static Problema of(Integer tam){
                        return new Problema(tam);
                }
        }
}
```

TEST EJERCICIO 2

```
import java.util.ArrayList;
import java.util.HashMap;
import java.util.List;
import java.util.Map;
import java.util.Random;
```

```
import java.util.function.BiConsumer;
import java.util.function.Function;
import ejercicios.Ejercicio2;
import us.lsi.common.Files2;
import us.lsi.common.List2;
import us.lsi.common.Pair;
import us.lsi.common.Trio;
import us.lsi.curvefitting.DataCurveFitting;
import utils.FicherosListas;
import utils.GraficosAjuste;
import utils.Resultados;
import utils.TipoAjuste;
import utils.FicherosListas.PropiedadesListas;

public class TestEjercicio2 {
	// Parámetros de generación de las listas
		private static Integer sizeMin = 100; // tamaño mínimo de lista
		private static Integer sizeMax = 10000; // tamaño máximo de lista
		private static Integer numSizes = 50; // número de tamaños de listas
		private static Integer minValue = 0;
		private static Integer maxValue = 1000000;
		private static Integer numListPerSize = 1; // número de listas por cada tamaño
(UTIL???)
		private static Integer numCasesPerList = 30; // número de casos (elementos a buscar)
por cada lista
		private static Random rr = new Random(System.nanoTime()); // para inicializarlo una
sola vez y compartirlo con los métodos que lo requieran

		// Parámetros de medición
		private static Integer numMediciones = 5; // número de mediciones de tiempo de cada
caso (número de experimentos)
		private static Integer numIter = 50; // número de iteraciones para cada medición de
tiempo
		private static Integer numIterWarmup = 100000; // número de iteraciones para
warmup

		public static void main(String[] args) {
			// Generación de Listas
			PropiedadesListas props = PropiedadesListas.of(sizeMin, sizeMax, numSizes,
minValue, maxValue,numListPerSize, numCasesPerList, rr);
			generaFicherosDatos(props);

			generaFicherosTiempoEjecucion(metodos);
			muestraGraficas();
		}

		private static List<Trio<BiConsumer<List<Integer>, Integer>, TipoAjuste, String>>
metodos =
				List.of(
						Trio.of(Ejercicio2::sort, TipoAjuste.NLOGN, "Sort")

				);


		public static void muestraGraficas() {
			System.out.println("a*n^b*(ln n)^c + d");
			List<Integer> umbrales = List.of(4, 20, 100, 500);
```

```
                List<String> ficherosSalida = new ArrayList<>();
                List<String> labels = new ArrayList<>();
                for (int i=0; i<umbrales.size(); i++) {

                        String ficheroSalida = String.format("ficheros/Tiempos%s_%d.csv",
                                        metodos.get(0).third(),umbrales.get(i));
                        ficherosSalida.add(ficheroSalida);
                        String label = metodos.get(0).third() + umbrales.get(i);
                        System.out.println(label);

                        TipoAjuste tipoAjuste = metodos.get(0).second();
                        GraficosAjuste.show(ficheroSalida, tipoAjuste, label);

                        // Obtener ajusteString para mostrarlo en gráfica combinada
                        Pair<Function<Double, Double>, String> parCurve =
GraficosAjuste.fitCurve(
                                        DataCurveFitting.points(ficheroSalida), tipoAjuste);
                        String ajusteString = parCurve.second();
                        labels.add(String.format("%s     %s", label, ajusteString));


                }

                GraficosAjuste.showCombined("QuickSort", ficherosSalida, labels);
        }


        public static void generaFicherosDatos(PropiedadesListas p) {
                Resultados.cleanFiles(List.of("ficheros/Listas.txt",
                                "ficheros/ListasOrdenadas.txt",
                                "ficheros/ElementosSI.txt",
                                "ficheros/ElementosNO.txt",
                                "ficheros/ElementosProb_0.txt"));

                FicherosListas.generaFicherosDatos(p,"ficheros/Listas.txt",
                                "ficheros/ListasOrdenadas.txt",
                                "ficheros/ElementosSI.txt",
                                "ficheros/ElementosNO.txt",
                                "ficheros/ElementosProb.txt",
                                0.5
                );
        }


        private static <E> void
generaFicherosTiempoEjecucion(List<Trio<BiConsumer<List<Integer>, Integer>, TipoAjuste, String>>
metodos) {
                List<Integer> umbrales = List.of(4, 20, 100, 500);
                for (int i=0; i<umbrales.size(); i++) {
                        String ficheroSalida = String.format("ficheros/Tiempos%s_%d.csv",
                                        metodos.get(0).third(),umbrales.get(i));

                        testTiemposEjecucionBusqueda("ficheros/Listas.txt",
                                                metodos.get(0).first(),
                                                ficheroSalida,
                                                umbrales.get(i));
                        }
```

```
	}

	private static void testTiemposEjecucionBusqueda(String ficheroListas,

			BiConsumer<List<Integer>, Integer> busca,
			String ficheroTiempos,
			Integer umbral) {
		Map<Problema, Double> tiempos = new HashMap<Problema,Double>();
		List<String> lineasListas = Files2.linesFromFile(ficheroListas);

		for (int iter=0; iter<numMediciones; iter++) {
			System.out.println(iter);
			for (int i=0; i<lineasListas.size(); i++) { // numSizes*numListPerSize
				String lineaLista = lineasListas.get(i);
				List<String> ls = List2.parse(lineaLista, "#",
Function.identity());
				Integer tam = Integer.parseInt(ls.get(0));
				List<Integer> le = List2.parse(ls.get(1), ",", Integer::parseInt);
					Problema p = Problema.of(tam);
					warmup(busca, lineasListas.get(0));
					Integer[] res = new Integer[numIter];
					Long t0 = System.nanoTime();
					for (int z=0; z<numIter; z++) {
						busca.accept(le, umbral);
					}
					Long t1 = System.nanoTime();
					actualizaTiempos(tiempos, p, Double.valueOf(t1-
t0)/numIter);
				}
			}


		Resultados.toFile(tiempos.entrySet().stream()
				.map(x->TResultD.of(x.getKey().tam(),
								x.getValue()))
				.map(TResultD::toString),
			ficheroTiempos, true);
		}

	private static void actualizaTiempos(Map<Problema, Double> tiempos, Problema p,
double d) {
		if (!tiempos.containsKey(p)) {
			tiempos.put(p, d);
		} else if (tiempos.get(p) > d) {
				tiempos.put(p, d);
		}
	}


	private static int warmup(BiConsumer<List<Integer>, Integer> busca, String lineaLista)
{
		int res=0;
		List<String> ls = List2.parse(lineaLista, "#", Function.identity());
		Integer tam = Integer.parseInt(ls.get(0));
		List<Integer> le = List2.parse(ls.get(1), ",", Integer::parseInt);
```

```
                Integer umbral = 4;
                Integer z = 0;
                for (int i=0; i<numIterWarmup; i++) {
                        busca.accept(le, umbral);
                }
                res = z>0?z+tam:tam;
                return res;
        }



        record TResult(Integer tam, Integer numList, Integer numCase, Long t) {
                public static TResult of(Integer tam, Integer numList, Integer numCase, Long
t){
                        return new TResult(tam, numList, numCase, t);
                }

                public String toString() {
                        return String.format("%d,%d,%d,%d", tam, numList, numCase, t);
                }
        }

        record TResultD(Integer tam, Double t) {
                public static TResultD of(Integer tam, Double t){
                        return new TResultD(tam, t);
                }

                public String toString() {
                        return String.format("%d,%.0f", tam, t);
                }
        }

        record TResultMedD(Integer tam, Double t) {
                public static TResultMedD of(Integer tam, Double t){
                        return new TResultMedD(tam, t);
                }

                public String toString() {
                        return String.format("%d,%.0f", tam, t);
                }
        }


        record Problema(Integer tam) {
                public static Problema of(Integer tam){
                        return new Problema(tam);
                }
        }
}
```

TEST EJERCICIO 3

```
import java.util.List;
import ejercicios.Ejercicio3;
import us.lsi.common.Files2;
import us.lsi.common.Pair;
import us.lsi.tiposrecursivos.BinaryTree;
import us.lsi.tiposrecursivos.Tree;

public class TestEjercicio3 {

	public static void main(String[] args) {
		//testEjericio3Binario();
		testEjericio3Nario();

	}

	public static void testEjericio3Binario() {
		String file = "ficheros/Ejercicio3DatosEntradaBinario.txt";

		List<Pair<BinaryTree<Character>, Character>> inputsBinario =
				Files2.streamFromFile(file)
				.map(linea ->{
					String[] aux = linea.split("#");
					BinaryTree<Character> t =
						BinaryTree.parse(aux[0], s->s.charAt(0));
					Character c = aux[1].charAt(0);
					return Pair.of(t, c);
				}
		).toList();


		for(Pair<BinaryTree<Character>, Character> par:inputsBinario) {
			BinaryTree<Character> t = par.first();
			Character c = par.second();
			System.out.println("Arbol:" + t + "\tCaracter:" + c +
					"\tResultado: " + Ejercicio3.solucion_recursivaBinario(t, c));
		}
	}

	public static void testEjericio3Nario() {
		String file = "ficheros/Ejercicio3DatosEntradaNario.txt";

		List<Pair<Tree<Character>, Character>> inputsNario =
				Files2.streamFromFile(file)
				.map(linea ->{
					String[] aux = linea.split("#");
					Tree<Character> t =
						Tree.parse(aux[0], s->s.charAt(0));
					Character c = aux[1].charAt(0);
					return Pair.of(t, c);
				}
		).toList();


		for(Pair<Tree<Character>, Character> par:inputsNario) {
```

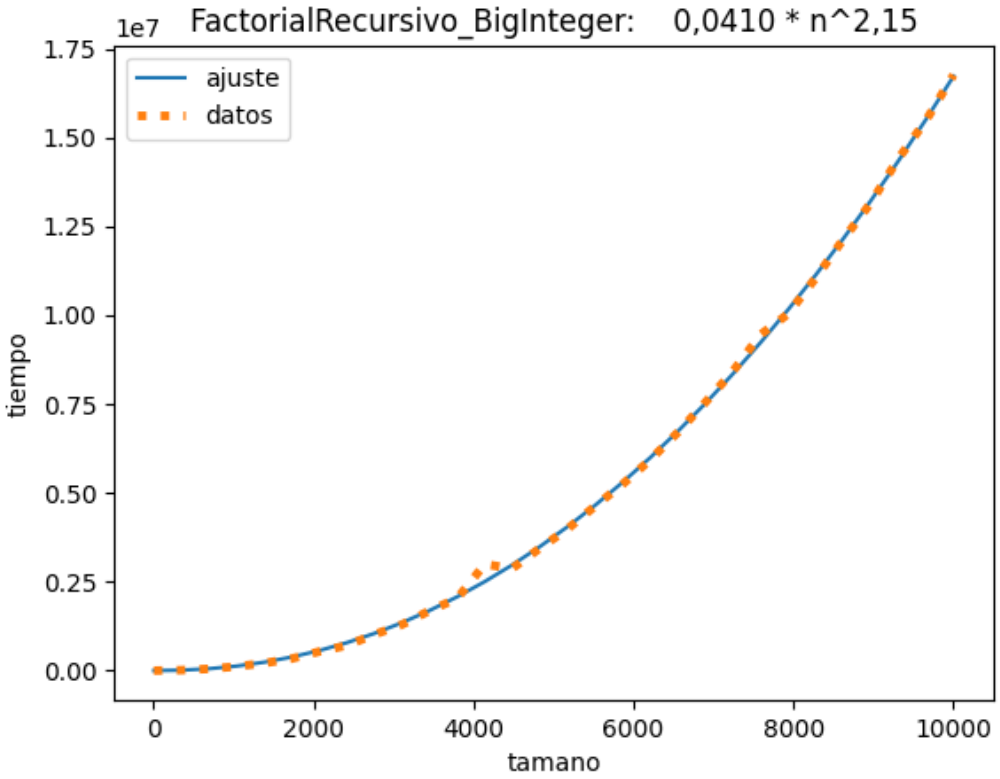
```
                Tree<Character> t = par.first();
                Character c = par.second();
                System.out.println("Arbol:" + t + "\tCaracter:" + c +
                        "\tResultado: " + Ejercicio3.solucion_recursivaNario(t, c));
            }
        }

}
```

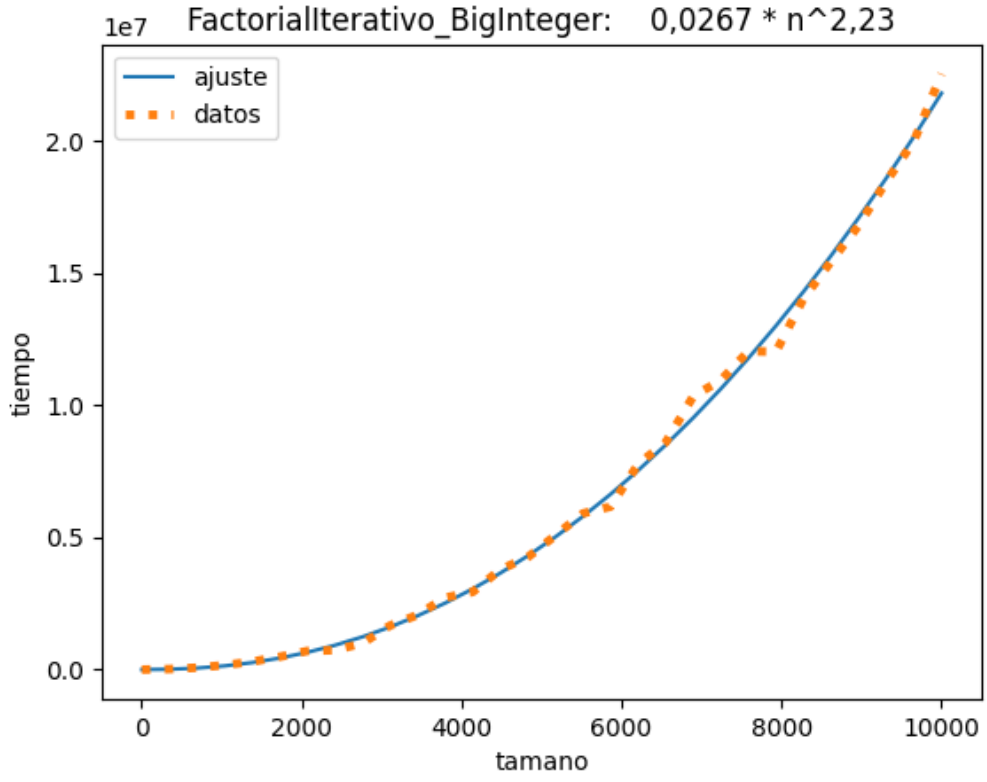
TEST EJERCICIO 4

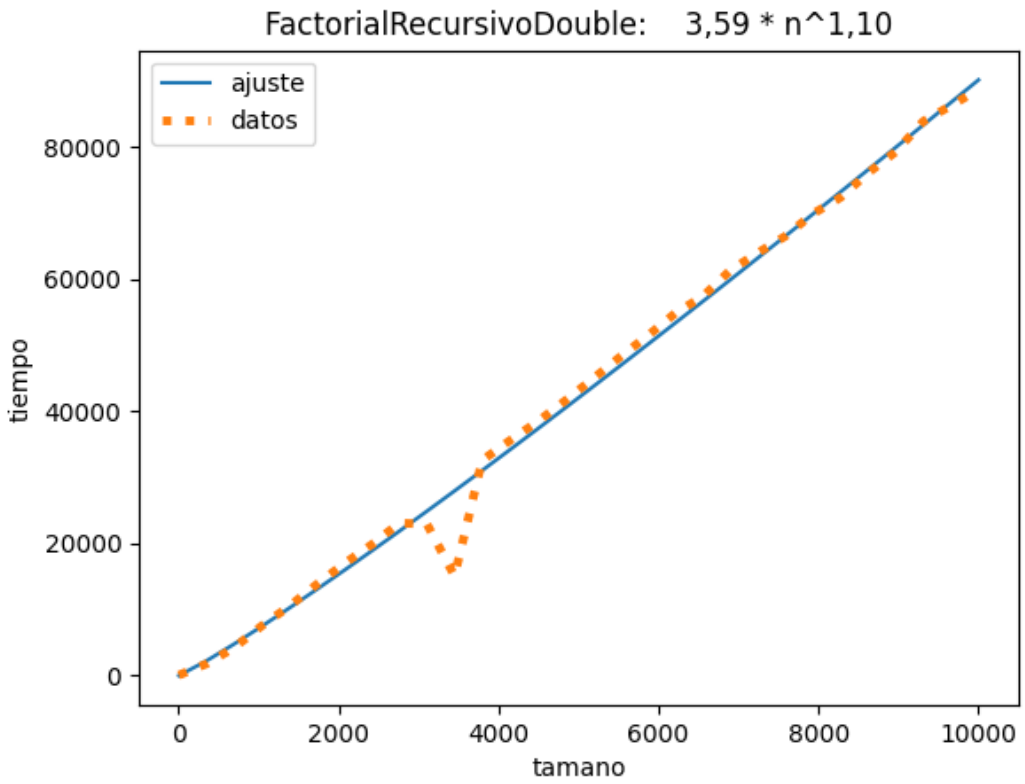
```
import java.util.List;
import ejercicios.Ejercicio4;
import us.lsi.common.Files2;
import us.lsi.tiposrecursivos.BinaryTree;
import us.lsi.tiposrecursivos.Tree;


public class TestEjercicio4 {

    public static void main(String[] args) {
        //testEjercicio4Binario();
        testEjercicio4Nario();
    }

    /*
     * TEST EJERCICIO 4 BINARIO
     */

    public static void testEjercicio4Binario() {
        String file = "ficheros/Ejercicio4DatosEntradaBinario.txt";
        List<BinaryTree<String>> inputs = Files2.streamFromFile(file)
            .map(linea -> BinaryTree.parse(linea))
            .toList();

        for(BinaryTree<String> tree:inputs) {
            System.out.println("Arbol:" + tree +
                    "\tResultado: " + Ejercicio4.solucion_recursivaBinaria(tree));
        }
    }

    /*
     * TEST EJERCICIO 4 NARIO
     */

    public static void testEjercicio4Nario() {
        String file = "ficheros/Ejercicio4DatosEntradaNario.txt";
        List<Tree<String>> inputs = Files2.streamFromFile(file)
            .map(linea -> Tree.parse(linea))
            .toList();

        for(Tree<String> tree:inputs) {
            System.out.println("Arbol:" + tree +
                    "\tResultado: " + Ejercicio4.solucion_recursivaNaria(tree));
```

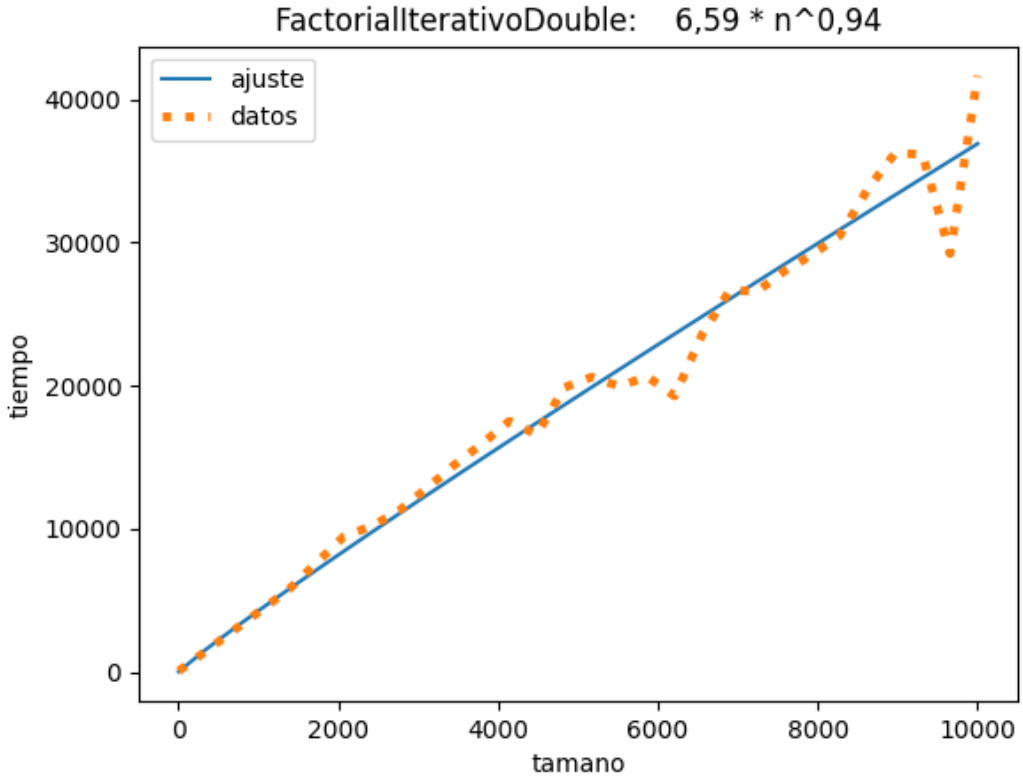
Volcados de pantalla

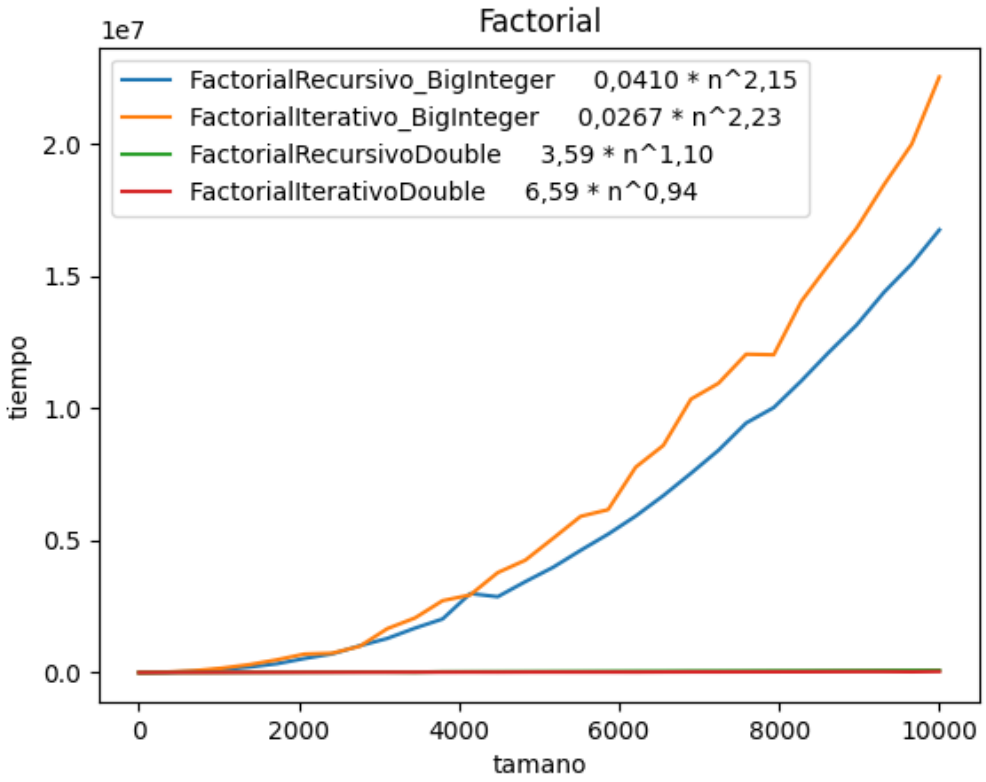
Ejercicio 1



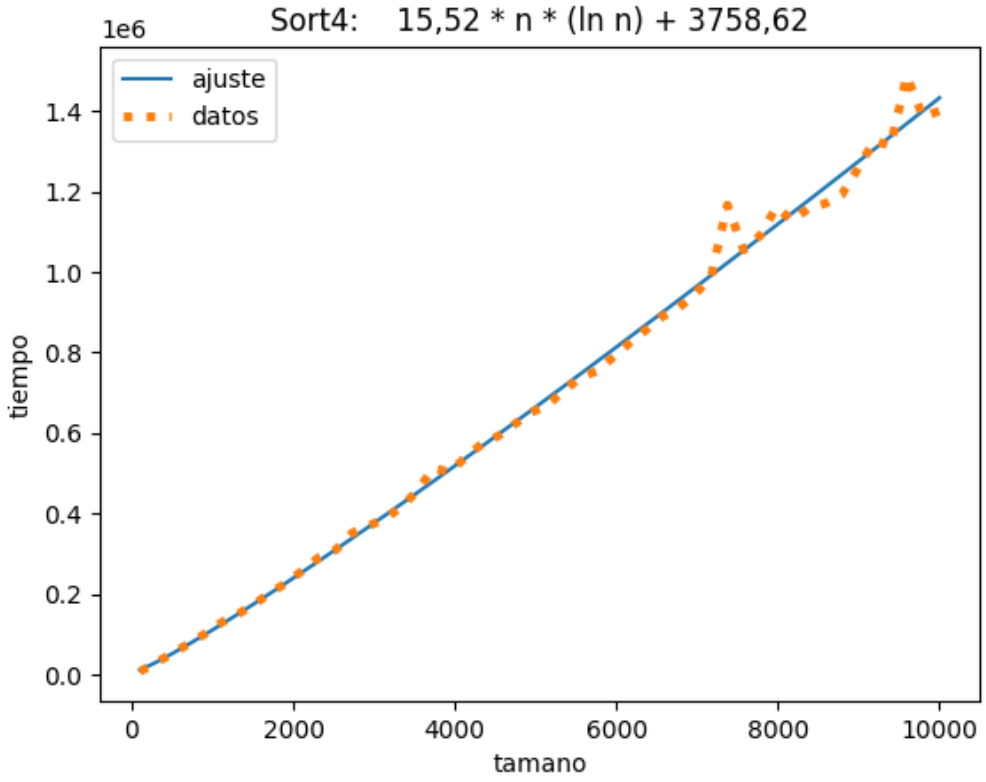


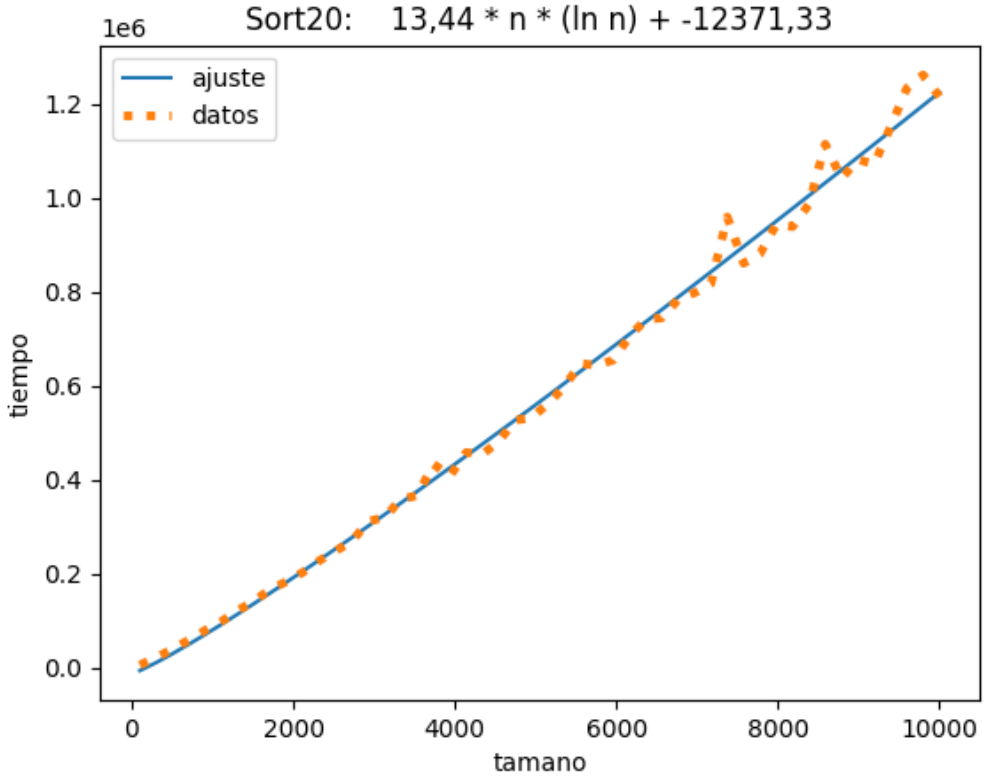

FactorialRecursivoDouble: 3,59 * n^1,10
ajuste
datos
tiempo
tamano
0
20000
40000
60000
80000
0
2000
4000
6000
8000
10000

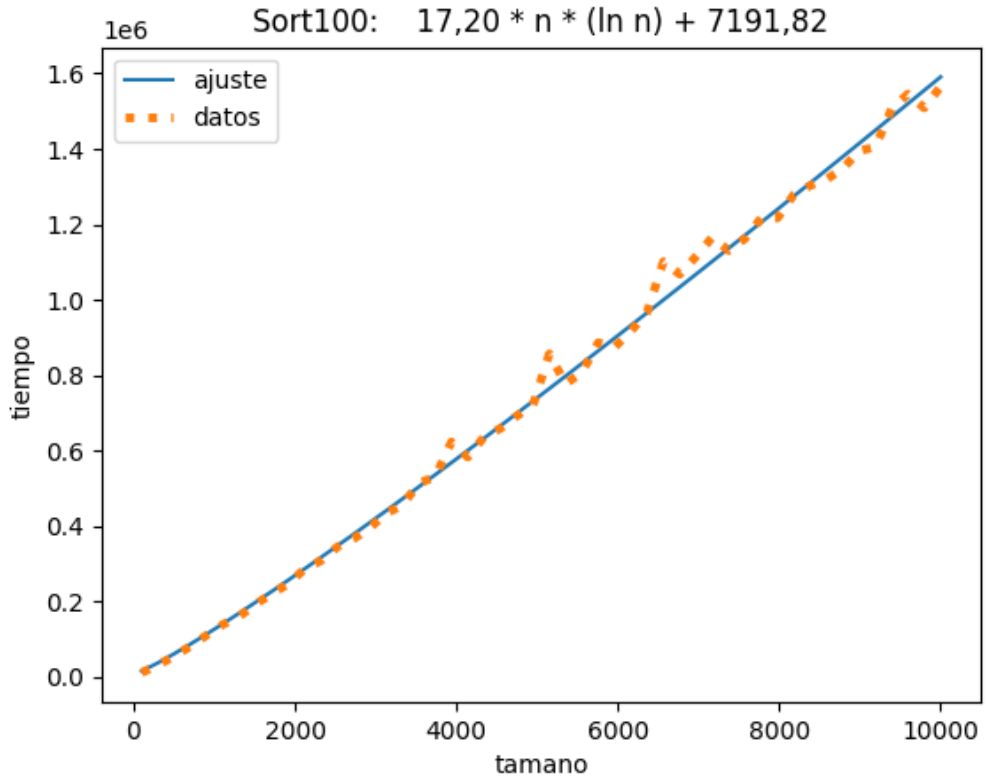

FactorialIterativoDouble: 6,59 * n^0,94
ajuste
datos
tiempo
tamano
0
10000
20000
30000
40000
0
2000
4000
6000
8000
10000

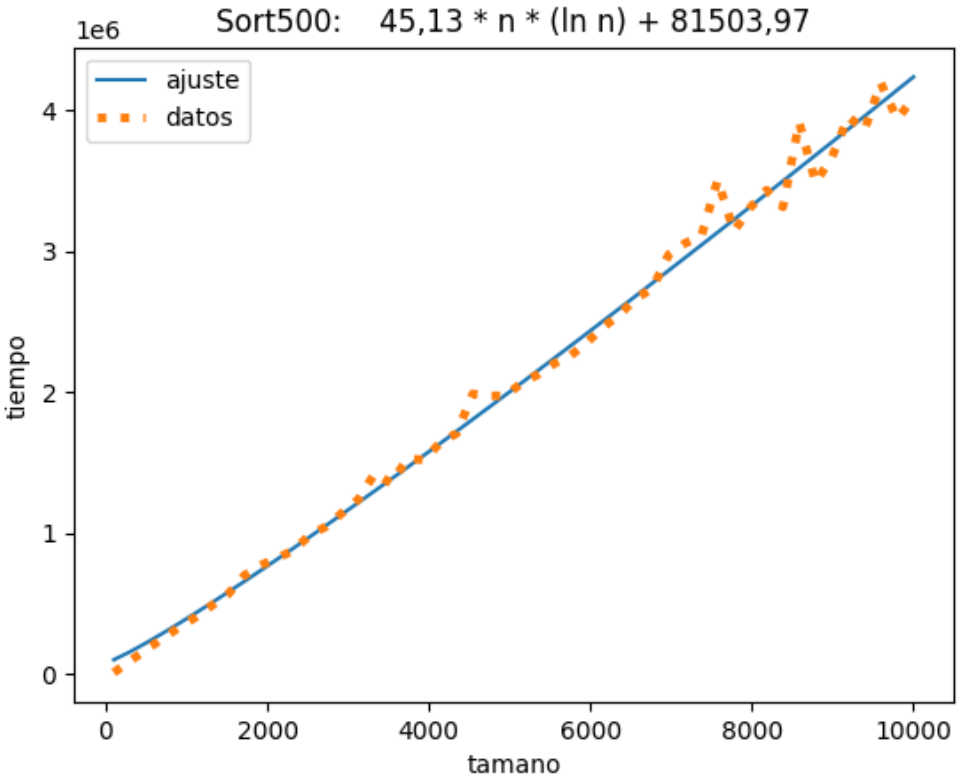

Factorial
1e7
FactorialRecursivo_BigInteger 0,0410 * n^2,15
FactorialIterativo_BigInteger 0,0267 * n^2,23
FactorialRecursivoDouble 3,59 * n^1,10
FactorialIterativoDouble 6,59 * n^0,94
tiempo
tamano
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
0
2000
4000
6000
8000
10000

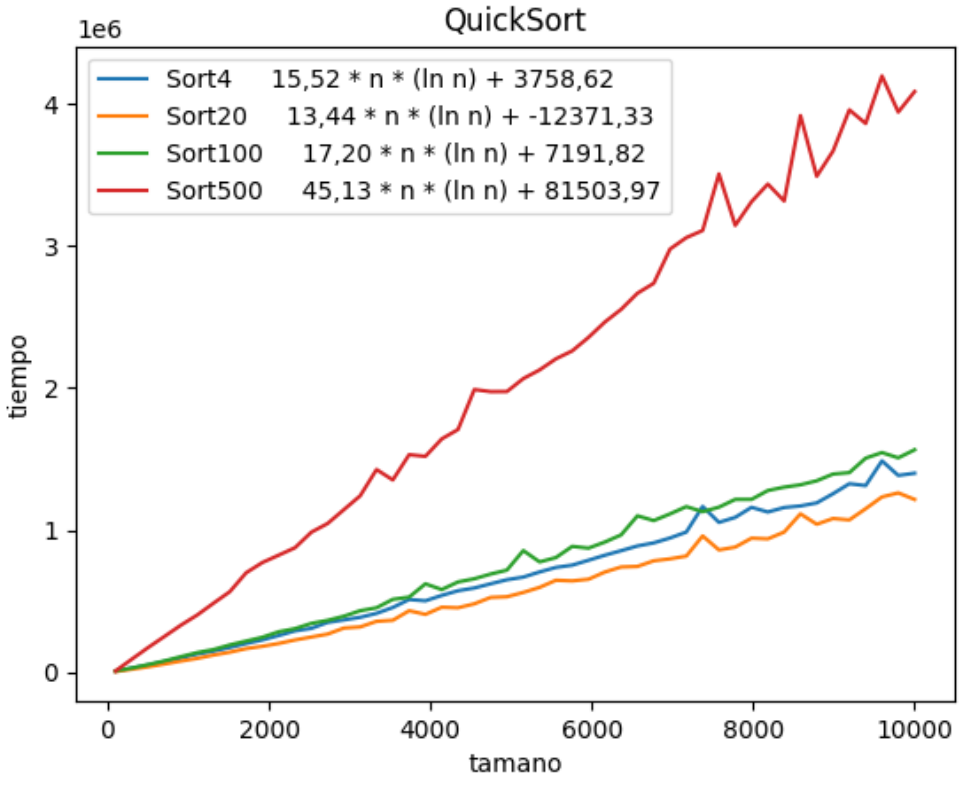
Ejercicio 2


Sort4: 15,52 * n * (ln n) + 3758,62
1e6
ajuste
datos
tiempo
tamano
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
0
2000
4000
6000
8000
10000


Sort20: 13,44 * n * (ln n) + -12371,33
1e6
ajuste
datos
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
tiempo
0
2000
4000
6000
8000
10000
tamano


Sort100: 17,20 * n * (ln n) + 7191,82
1e6
ajuste
datos
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
tiempo
0
2000
4000
6000
8000
10000
tamano


Sort500: 45,13 * n * (ln n) + 81503,97
1e6
ajuste
datos
tiempo
tamano
0
1
2
3
4
0
2000
4000
6000
8000
10000


QuickSort
1e6
Sort4 15,52 * n * (ln n) + 3758,62
Sort20 13,44 * n * (ln n) + -12371,33
Sort100 17,20 * n * (ln n) + 7191,82
Sort500 45,13 * n * (ln n) + 81503,97
tiempo
tamano
0
1
2
3
4
0
2000
4000
6000
8000
10000

Ejercicio 3

BINARIO

```
Arbol:A(B,C)    Caracter:D      Resultado: [AB, AC]
Arbol:A(B,C)    Caracter:C      Resultado: [AB]
Arbol:A(B,C)    Caracter:A      Resultado: []
Arbol:A(B(C,D),E(F,_))  Caracter:H      Resultado: [ABC, ABD, AEF]
Arbol:A(B(C,D),E(F,_))  Caracter:D      Resultado: [ABC, AEF]
Arbol:A(B(C,D(E,F(G,H))),I(J,K))        Caracter:H      Resultado: [ABC, ABDE, ABDFG, AIJ, AIK]
Arbol:A(B(C,D(E,F(G,H))),I(J,K))        Caracter:C      Resultado: [ABDE, ABDFG, ABDFH, AIJ, AIK]
```

Arbol:A(B,C) Caracter:D Resultado: [AB, AC]
Arbol:A(B,C) Caracter:C Resultado: [AB]
Arbol:A(B,C) Caracter:A Resultado: []
Arbol:A(B(C,D),E(F,_)) Caracter:H Resultado: [ABC, ABD, AEF]
Arbol:A(B(C,D),E(F,_)) Caracter:D Resultado: [ABC, AEF]
Arbol:A(B(C,D(E,F(G,H))),I(J,K)) Caracter:H Resultado: [ABC, ABDE, ABDFG, AIJ, AIK]
Arbol:A(B(C,D(E,F(G,H))),I(J,K)) Caracter:C Resultado: [ABDE, ABDFG, ABDFH, AIJ, AIK]

NARIO

```
Arbol:A(B,C,D)  Caracter:A      Resultado: []
Arbol:A(B,C,D)  Caracter:C      Resultado: [AB, AD]
Arbol:A(B,C,D)  Caracter:D      Resultado: [AB, AC]
Arbol:A(B(C,D,E),F(G,H,I),J(K,L))       Caracter:F      Resultado: [ABC, ABD, ABE, AJK, AJL]
Arbol:A(B(C,D,E),F(G,H,I),J(K,L))       Caracter:K      Resultado: [ABC, ABD, ABE, AFG, AFH, AFI, AJL]
Arbol:A(B(C,D(E,F(G,H,I),J),K)) Caracter:D      Resultado: [ABC, ABK]
Arbol:A(B(C,D(E,F(G,H,I),J),K)) Caracter:I      Resultado: [ABC, ABDE, ABDFG, ABDFH, ABDJ, ABK]
```

Arbol:A(B,C,D) Caracter:A Resultado: []
Arbol:A(B,C,D) Caracter:C Resultado: [AB, AD]
Arbol:A(B,C,D) Caracter:D Resultado: [AB, AC]
Arbol:A(B(C,D,E),F(G,H,I),J(K,L)) Caracter:F Resultado: [ABC, ABD, ABE, AJK, AJL]
Arbol:A(B(C,D,E),F(G,H,I),J(K,L)) Caracter:K Resultado: [ABC, ABD, ABE, AFG, AFH, AFI, AJL]
Arbol:A(B(C,D(E,F(G,H,I),J),K)) Caracter:D Resultado: [ABC, ABK]
Arbol:A(B(C,D(E,F(G,H,I),J),K)) Caracter:I Resultado: [ABC, ABDE, ABDFG, ABDFH, ABDJ, ABK]

Ejercicio 4

BINARIO

```
Arbol:pepe(pepa,pepe)    Resultado: true
Arbol:pepe(pepa,pep)     Resultado: false
Arbol:ada(eda(ola,ale),eda(ele,ale))     Resultado: true
Arbol:ada(eda(ola,ale),eda(ele,al))      Resultado: false
Arbol:cafe(taza(bote,bolsa),perro(gato,leon))    Resultado: true
Arbol:cafe(taza(bote,bolsa),perro(gato,_))       Resultado: false
Arbol:cafe(taza(bote,bolsa),perro(gato,tortuga))         Resultado: false
```

Arbol:pepe(pepa,pepe) Resultado: true
Arbol:pepe(pepa,pep) Resultado: false
Arbol:ada(eda(ola,ale),eda(ele,ale)) Resultado: true
Arbol:ada(eda(ola,ale),eda(ele,al)) Resultado: false
Arbol:cafe(taza(bote,bolsa),perro(gato,leon)) Resultado: true
Arbol:cafe(taza(bote,bolsa),perro(gato,_)) Resultado: false
Arbol:cafe(taza(bote,bolsa),perro(gato,tortuga)) Resultado: false

NARIO

```
Arbol:pepe(pepa,pepe,pepo)       Resultado: true
Arbol:pepe(pepa,pepe,pep)        Resultado: false
Arbol:ada(eda(ola,ale,elo),eda(ele,ale,alo))     Resultado: true
Arbol:ada(eda(ola,ale,elo),eda(ele,ale,al))      Resultado: false
Arbol:cafe(taza(bote,bolsa,vaso),perro(gato,leon,tigre))         Resultado: true
Arbol:cafe(taza(bote,bolsa,vaso),perro(gato,leon))       Resultado: false
Arbol:cafe(taza(bote,bolsa,vaso),perro(gato,tortuga))    Resultado: false
```

Arbol:pepe(pepa,pepe,pepo) Resultado: true
Arbol:pepe(pepa,pepe,pep) Resultado: false
Arbol:ada(eda(ola,ale,elo),eda(ele,ale,alo)) Resultado: true
Arbol:ada(eda(ola,ale,elo),eda(ele,ale,al)) Resultado: false
Arbol:cafe(taza(bote,bolsa,vaso),perro(gato,leon,tigre)) Resultado: true
Arbol:cafe(taza(bote,bolsa,vaso),perro(gato,leon)) Resultado: false
Arbol:cafe(taza(bote,bolsa,vaso),perro(gato,tortuga)) Resultado: false